TUGAS AKHIR - ME184834

APLIKASI *FORMAL SAFETY ASSESSMENT* (FSA) UNTUK ANALISA RISIKO TUBRUKAN KAPAL DI ALUR PELAYARAN BARAT SURABAYA

PARSON HAMONANGAN PURBA
NRP. 04211640000099

Dosen Pembimbing
A.A.B. Dinariyana D.P., S.T., MES., Ph.D.
Dr. Eng. Dhimas Widhi Handani, S.T., M.Sc.

Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2020

”Halaman ini sengaja dikosongkan”

TUGAS AKHIR - ME184834

APLIKASI *FORMAL SAFETY ASSESSMENT* (FSA) UNTUK ANALISA RISIKO TUBRUKAN KAPAL DI ALUR PELAYARAN BARAT SURABAYA

PARSON HAMONANGAN PURBA
NRP. 04211640000099

Dosen Pembimbing
A.A.B. Dinariyana Dwi P., S.T., MES., Ph.D.
Dr. Eng. Dhimas Widhi Handani, S.T., M.Sc.

Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2020

”Halaman ini sengaja dikosongkan”

BACHELOR THESIS - ME184834

APPLICATION OF FORMAL SAFETY ASSESSMENT FOR SHIP COLLISION RISK ANALYSIS IN SURABAYA WEST ACCESS CHANNEL

PARSON HAMONANGAN PURBA
NRP. 04211640000099

Supervisor
A.A.B. Dinariyana Dwi P., S.T., MES., Ph.D.
Dr. Eng. Dhimas Widhi Handani, S.T., M.Sc.

Department of Marine Engineering
Faculty of Marine Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2020

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN I

APLIKASI FORMAL SAFETY ASSESSMENT (FSA) UNTUK ANALISA RISIKO TUBRUKAN KAPAL DI ALUR PELAYARAN BARAT SURABAYA

TUGAS AKHIR
Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi *Reliability, Availability, Management and Safety* (RAMS)
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Parson Hamonangan Purba

NRP. 04211640000099

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

A.A.B. Dinariyana Dwi P., S.T., MES., Ph.D. ( )
NIP. 198705272014041001

Dr. Eng. Dhimas Widhi Handani, S.T., M.Sc. ( )
NIP. 197505102000031001

”Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN II

APLIKASI FORMAL SAFETY ASSESSMENT (FSA) UNTUK ANALISA RISIKO TUBRUKAN KAPAL DI ALUR PELAYARAN BARAT SURABAYA

TUGAS AKHIR
Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi *Reliability, Availability, Management and Safety* (RAMS)
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Parson Hamonangan Purba

NRP. 04211640000099

Disetujui Oleh,
Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan

Beny Cahyono, S.T., M.T., Ph.D

NIP. 197903192008011008

”Halaman ini sengaja dikosongkan”

Aplikasi Formal Safety Assessment (FSA) untuk Analisa Risiko Tubrukan Kapal di Alur Pelayaran Barat Surabaya

Nama mahasiswa : Parson Hamonangan Purba

NRP : 04211640000099

Departemen : Teknik Sistem Perkapalan

Dosen Pembimbing 1 : AAB. Dinariyana D.P., S.T., M.ES. Ph.D.

Dosen Pembimbing 2 : Dr. Eng. Dhimas Widhi Handani, S.T., M.Sc.

Abstrak

Pada tahun 2019, kepadatan kapal di Alur Pelayaran Barat Surabaya (APBS) mencapai 28.112 kapal. Dengan tingginya kepadatan kapal yang terjadi di APBS, hal tersebut memungking terjadinya tubrukan antar kapal. Pada penilitian ini, Formal Safety Assessment (FSA) digunakan untuk menganalisa risiko tubrukan kapal di APBS. FSA terdiri dari lima proses hingga mendapatkan rekomendasi untuk mencegah terjadinya tubrukan kapal. Langkah pertama, identifikasi bahaya dengan mnggunakan FTA (Fault Tree Analysis). Berdasarkan FTA (Fault Tree Analysis) yang diterbitkan oleh IWRAP yang dikeluarkan oleh IWRAP, beberapa bahaya yang mempengaruhi terjadinya tubrukan kapal: jarak pandang, kesalahan manusia, dan kegagalan radar. Langkah kedua, Analisa risiko yang terdiri dari dua kegiatan utama: perhitungan frekuensi tubrukan kapal dan memodelkan konsekuensi dari tubrukan kapal. Skenario yagn digunakan untuk menghitung frekuensi tubrukan kapal adalah head-on, overtaking, dan crossing dengan total frekuensi untuk semua scenario adalah 0,3687 accident/year. Total kerugian akibat kerusakan pada pelat sisi kapal yang terlibat dalam skenario tubrukan dari pemodelan dengan menggunakan Ansys adalah Rp.24.841.041,00. Langkah ketiga, Risk Control Option (RCO) merupakan proses ntuk mendapatkan langkah mitigasi sebagai upaya pencagahan terjadinya tubrukan kapal. RCO dibuat berdasarkan faktor-faktor yang memmpengaruhi frekuensi tubrukan kapal yang dibagi menjadi tiga grup, yakni *waterway system, vessel, and human factor*. Langkah keempat, Cost-Benefit Assessment (CBA) digunakan untuk memperkirakan efektivitas biaya dari pengurangan risiko. Hasil dari CBA diantaranya, RCO 1 dapat mengurangi frekeunsi tubrukan kapal sebesar 0,0893 accident/year dengan Net Cost of Averting a Fatality (NCAF) sekitar -239,565829 ($m), RCO 2 dapat mengurangi frekeunsi tubrukan kapal sebesar 0,244 accident/year dengan NCAF sekitar 0,00682187 ($m), dan RCO 3 dapat mengurangi frekeunsi tubrukan kapal sebesar 0,1180 accident/year NCAF sekitar 0,3460249 ($m). Langkah terakhir dari Formal Safety Assessment adalah merekomendasikan opsi-opsi yang yang dipilih berdasarkan pada hasil CBA. Dari kriteria CBA, RCO yang dipilih adalah pelebaran alur dari 150 m menjadi 200 m dan penetapan batas kecepatan.

Kata kunci: *Formal Safety Assessment* (FSA), Tubrukan Kapal, *Traffic Based model*, ANSYS, Alur Pelayaran Barat Surabaya

”Halaman ini sengaja dikosongkan”

Application of Formal Safety Assessment (FSA) for Ship Collision Risk Analysis in Surabaya West Access Channel

Student's name	**: Parson Hamonangan Purba**
NRP	**: 04211640000099**
Department	**: Marine Engineering**
Supervisor 1	**: A.A. Bagus Dinariyana Dwi P., ST., MES., Ph.D**
Supervisor 2	**: Dr. Eng. Dhimas Widhi Handani, S.T., M.Sc.**

Abstract

In 2019, ship density of Surabaya West Access Channel reached 28,112 ships. The high number of vessel densities that exist in Surabaya West Access Channel (SWAC), it is possible for ship collisions to occur. In this study, Formal Safety Assessment used for ship collision Risk Analysis in Surabaya West Access Channel (SWAC). The FSA consists of five steps to get recommendations to prevent ship collisions. First step, Hazard Identification using Fault Tree Analysis. Based on Fault Tree Analysis issued by IWRAP there are several hazards such as: visibility, human error, and radar failure. The second step, risk analysis is composed of two main activities: frequency calculating and consequence modeling. The scenario used to calculate the collision frequency of ships is head-on, overtaking, and crossing with the total frequency of all scenarios is 0.3687 accident/year. Based on the consequence modeling using Ansys, the estimated loss cost for repair caused by the accident is IDR 24,841,041.00. The third step, Risk Control Option (RCO) is used to get some options to prevent collisions. RCO are made from factors that influence the frequency of ship collision. These factors are here separated into three main groups: waterway system, vessel, and human factor. The fourth step, Cost-Benefit Assessment (CBA) is used to identify and compare benefits and costs associated with the implementation of each RCO. The results of CBA are RCO 1 can reduce ship collision frequency of 0.0893 accident/year with Net Cost of Averting a Fatality (NCAF) about -239.565829 ($m), RCO 2 can reduce ship collision frequency 0.244 accident/year with Net Cost of Averting a Fatality (NCAF) about 0.00682187 ($m) , RCO 3 can reduce ship collision frequency 0.1180 accident/year with Net Cost of Averting a Fatality (NCAF) about 0.3460249 ($m). The last step of Formal Safety Assessment (FSA) is Recommendations for Decision-Making to get some options for mitigation. From Cost-benefit Assessment criteria, the chosen RCOs are width revitalization of from 150 m to 200 m and implementation of speed limit.

Key words: Formal Safety Assessment, Ship Collision, Traffic Based Model, ANSYS, Surabaya West Access Channel

”Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadirat Tuhan YME karena berkat kasih dan karunia-Nya penulis diberikan kesempatan untuk menyelesaikan skripsi dengan judul "Aplikasi Formal Safety Assessment (FSA) untuk Analisa Risiko Tubrukan Kapal di Alur Pelayaran Barat Surabaya" dengan tepat waktu. Skripsi merupakan salah satu syarat kelulusan sehingga penulis sangat berterima kasih kepada beberapa pihak yang sudah membantu untuk menyelesaikan skripsi ini:

1. Orang tua dan keluarga besar Pomparan Opung Parson yang selalu memberikan dukungan dalam penyelesaian skripsi ini.
2. Bapak A.A.B. Dinariyana D.P. S.T., MES., Ph.D sebagai dosen pembimbing pertama yang telah memberikan banyak pelajaran terkait akademik maupun non-akademik.
3. Dr. Eng. Dhimas Widhi Handani, S.T., M.Sc.. sebagai dosen pembimbing kedua yang sudah membantu penulis dalam memberikan saran mengenai penelitian yang penulis lakukan.
4. Seluruh dosen dan tenaga pendidikan Departemen Teknik Sistem Perkapalan, FTK-ITS.
5. Rekan-rekan di Laboratorium Keandalan dan Keselamatan yang menjadi menemani dalam menjalankan aktivitas di laboratorium selama tahun keempat ini.
6. Teman-teman voyage 2016 yang menemani kehidupan kampus.
7. Dan semua rekan-rekan yang sudah menghiasi perjalanan selama kuliah di Departemen Teknik Sistem Perkapalan ini yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari bahwa penelitian yang dilakukan dalam tugas akhir ini jauh dari sebuah kesempurnaan, oleh karenanya kritik dan saran sangat terbuka untuk membangun dan kebaikan bersama kedepannya.

Akhir kata, penulis berharap semoga apa yang tertulis dalam tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi penulis khususnya maupun pembaca pada umumnya.

Surabaya, 26 Juli 2020

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN I ..... *vii*
LEMBAR PENGESAHAN II ..... *ix*
KATA PENGANTAR ..... *xv*
DAFTAR ISI ..... *xvii*
DAFTAR GAMBAR ..... *xix*
DAFTAR TABEL ..... *xxi*
BAB I PENDAHULUAN *1*
1.1. Latar Belakang *1*
1.2. Perumusan Masalah *2*
1.3. Batasan Masalah *2*
1.4. Tujuan Penelitian *3*
1.5. Manfaat *3*
BAB II STUDI LITERATUR *4*
2.1. Formal Safety Assessment (FSA) *5*
2.2. Kecelakaan Kapal *7*
2.3. Kecelakaan Kapal di Indonesia *9*
2.4. Tubrukan Kapal *9*
2.5. Analisa Risiko Tubrukan Kapal *11*
2.6. Traffic Based Model *11*
2.7. Konsekuensi Tubrukan Kapal (C) *15*
2.8. ANSYS *16*
2.9. Estimasi dari Transferred Energy *16*
BAB III METODE PENELITIAN *17*
3.1. Flowchart Pengerjaan *19*
3.2. Perumusan Masalah *20*
3.3. Studi Literatur *20*
3.4. Pengumpulan Data *20*
3.5. Hazard Identification *20*
3.6. Risk Analysis *21*
3.7. Jumlah Frekuensi Tubrukan *21*
3.8. Consequence Analysis *21*
3.9. Risk Matrix *21*
3.10. Risk Control Option *23*
3.11. Cost-Benefit Assessment *23*
3.12. Result and Recommendation *23*
3.13. Timeline Pengerjaan Skripsi *24*
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN *25*
4.1. Hazard Identification *26*
4.2. Risk Analysis *27*
4.3. Peluang Tubrukan Kapal *27*

4.4.1. Head on *28*
4.4.2. Overtaking *30*
4.4.3. Crossing *32*
4.4.4. Jumlah Total FrekuensI Tubrukan Kapal *33*
4.4. Konsekuensi Tubrukan Kapal *33*
4.4.1. Transferred Energy *34*
4.4.2. Finite Element Analysis of Ship Collision *35*
4.4.3. Repair Cost Calculation *37*
4.5. Risk Matrix *40*
4.6. Risk Control Option *42*
4.7. Cost Benefit Assessment *43*
4.8. Recommendation *44*
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN *46*
5.1. Kesimpulan *47*
5.2. Saran *48*
DAFTAR PUSTAKA *49*
LAMPIRAN *51*
BIODATA PENULIS *52*

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Alur Pelayaran Barat Surabaya (APBS) 1
Gambar 2 Grafik Jumlah Kecelakaan Kapal di APBS 2
Gambar 3 Kapal Tenggelam 7
Gambar 4 Kapal Tenggelam 8
Gambar 5 Kapal Tubrukan 9
Gambar 6 *Head On Collision* 10
Gambar 7 *Overtaking Collision* 10
Gambar 8 *Crossing Collision* 11
Gambar 9 Model Tubrukan Kapal dengan Tipe *Head On* 12
Gambar 10 Model Tubrukan Kapal dengan Tipe *Overtaking* 12
Gambar 11 Model Tubrukan Kapal dengan Tipe *Crossing* 14
Gambar 12 Kapal Yang Menubruk Dan Ditubruk 15
Gambar 13 Kapal Yang Menubruk Dan Ditubruk 16
Gambar 14 Flowchart Pengerjaan Tugas Akhir 19
Gambar 15 Jumalah Kapal yang Melewati APBS pada tahun 2019 25
Gambar 16 Jenis Kapal yang Melewati APBS pada tahun 2019 25
Gambar 17 Kapal yang Memiliki Peluang Tubrukan Secara *Head-on* 28
Gambar 18 Kapal yang Memiliki Peluang Tubrukan Secara *Overtaking* 30
Gambar 19 Kapal yang Memiliki Peluang Tubrukan Secara *Overtaking* 32
Gambar 20 Total Deformasi Kapal yang Menubruk 35
Gambar 21 Total Deformasi Kapal yang Ditubruk 35
Gambar 22 *Equivalent Stress* Kapal yang Ditubruk 36
Gambar 23 *Equivalent Stress* Kapal yang Ditubruk 36

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Data Kecelakaan Kapal di Indonesia 9
Tabel 2 *Mass Coefficient* (Ch) 17
Tabel 3 *Probabilty Index* 22
Tabel 4 *Risk Matrix* 22
Tabel 5 Data *Target* Ship untuk Skenario Head on 29
Tabel 6 Data *Own* Ship untuk Skenario Head on 29
Tabel 7 Data *Target* Ship untuk Skenario Overtaking 30
Tabel 8 Data *Own* Ship untuk Skenario Overtaking 31
Tabel 9 Data *Target* Ship untuk Skenario Crossing 32
Tabel 10 Data *Own* Ship untuk Skenario Crossing 32
Tabel 11 Data *Target* Ship 34
Tabel 12 Data *Own* Ship 34
Tabel 13 Kebutuhan Thinner untuk Proses Painting 38
Tabel 14 Total Biaya Proses Painting 39
Tabel 15 Total Biaya Tenaga kerja 39
Tabel 16 Representasi dari Risiko Tubrukan Kapal di APBS 40
Tabel 17 *Probability Index* 41
Tabel 18 *Consequence Index* 41
Tabel 19 *Risk Control Option* 42
Tabel 20 Total Biaya Pelebaran Alur 43
Tabel 21 Total Biaya Riset Mengenai Batas Kecepatan 43
Tabel 22 Total Biaya Riset Mengenai Batas Kecepatan 43
Tabel 23 Total Keuntungan Pelebaran Alur 43
Tabel 24 Total Keuntungan Penerapan Batas Kecepatan 44
Tabel 25 Total Biaya Riset Mengenai Batas Kecepatan 44
Tabel 26 GCAF dan NCAF 44

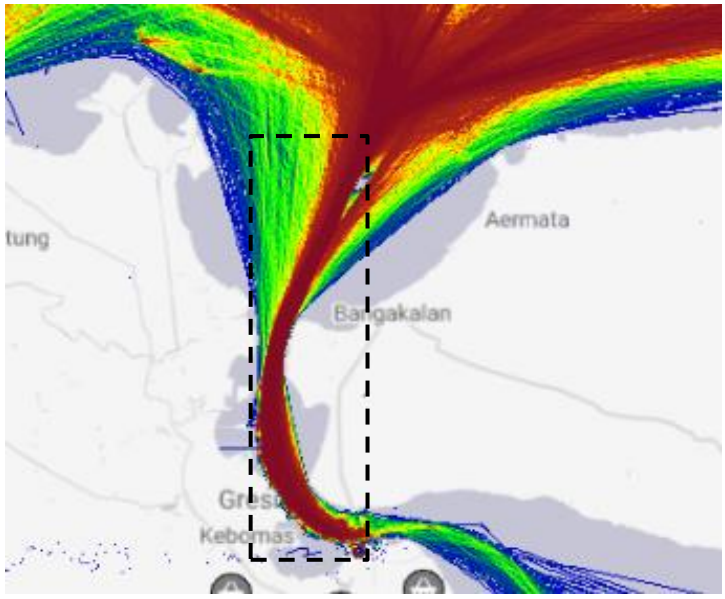
”Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I
PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

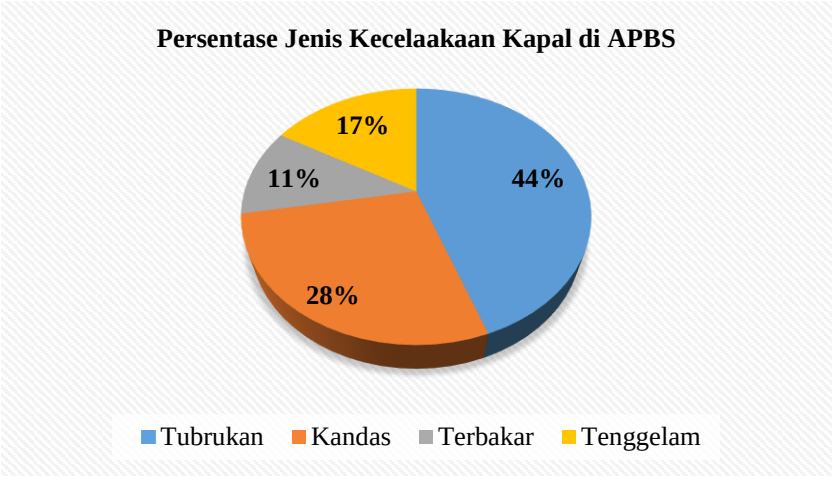
Indonesia merupakan negara kepulauan dengan luas lautan sekitar 3,25 juta km2, luas daratan sekitar 2,01 juta km2 dan Zona Ekonomi Eksklusif (ZEE) sekitar 2,55 juta km2. Dengan data tersebut, Indonesia memiliki wilayah lautan lebih luas dibandingkan dengan wilayah daratannya, oleh karena itu Indonesia disebut sebagai negara maritim dengan beberapa wilayah perairan vital sebagai jalur pelayaran, salah satunya Alur Pelayaran Barat Surabaya (APBS) yang berada di Selat Madura.

Menurut data dari PT. APBS, Alur Pelayaran Barat Surabaya (APBS) yang sebelum revitalisasi mempunyai Panjang alur 43,6 kilometer, lebar 100 meter dan kedalaman - 8,5 meter dan pada tahun 2015 dilakukan revitalisasi pada APBS yang dimana lebarnya menjadi 150 meter dan kedelaman menjadi -13 meter. Pada 2015, jumlah kapal yang melintasi Alur Pelayaran Barat Surabaya (APBS) mencapai 25.000 kapal (*Annual Report* Pelindo, 2015). Jumlah tersebut memungkinkan untuk terus bertambah setiap tahunnya dikarenakan letak Alur Pelayaran Barat Surabaya (APBS) yang strategis. Padatnya lalu lintas kapal yang melewati Alur Pelayaran Barat Surabaya (APBS), mengakibatkan semakin besarnya peluang terjadinya kecelakaan kapal. Salah satu kecelekaan yang mungkin terjadi adalah tubrukan antar kapal.



Gambar 1 Alur Pelayaran Barat Surabaya (APBS)
(Sumber: Marine Traffic, 2020)

Komite Nasional Keselamatan Transportasi (KNKT) merupakan lembaga pemerintah yang bertanggung jawab untuk melakukan investigasi kecelakaan transportasi baik di darat, laut maupun di udara telah mencatat beberapa kecelakaan kapal yang terjadi di Alur Laut Pelayaran Barat Surabaya.



Gambar 2 Grafik Jenis Kecelakaan Kapal di APBS

Dari gambar 2 dapat diketahui jika dalam kurun 2013-2019 total kecelakaan kapal yang terjadi di APBS sebanyak 18 kasus, dengan presentase tipe kecelaan kapal sebanyak 44% untuk tipe kecelakaan tubrukan, 28%, tipe kecelakaan karam, 11% tipe kecelakaan kandas dan tipe kecelakaan tenggelam sebanyak 20%. Berdasarkan data di atas, kecelakaan berupa tubrukan merupakan kecelakan kapal dengan presentase yang paling tinggi. Oleh karena itu, perlu adanya kajian diharapkan dapat membantu otoritas setempat, baik dari pihak pemandu ataupun pihak pelabuhan, untuk mengelola Alur Pelayaran Barat Surabaya (APBS) menjadi lebih baik, sehingga potensi terjadinya tubrukan antar kapal dapat dikurangi.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah yang akan diteliti adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana cara menganalisa frekuensi terjadinya tubrukan kapal?
2. Apa konsekuensi dari terjadinya tubrukan?
3. Bagaimana langkah mitigasi yang dapat diterapkan untuk mengurangi risiko terjadi tubrukan?

1.3. Batasan Masalah

Agar kajian dapat berjalan dengan efektif dan tujuan tercapai maka diperlukan adanya pembatasan permasalahan, diantaranya adalah:

1. Membahas potensi tubrukan kapal dari kondisi *head-on*, *overtaking* dan *crossing.*

2. Lokasi yang digunakan sebagai studi kasus adalah Alur Pelayaran Barat Surabaya.
3. Kajian perhitungan frekuensi tubrukan dilakukan dengan menggunakan Traffic Based Model (TBM).
4. Kajian konsekuensi dari tubrukan kapal yang terjadi property, yaitu kerusakan pada kapal itu sendiri dengan menggunakan perangkat lunak ANSYS.
5. *Total lost cost* hanya menghtung biaya *repair* kapal.

1.4. Tujuan Penelitian

Dari rumusan masalah tersebut, maka tujuan dari tugas akhir ini adalah:

1. Menentukan frekuensi terjadinya tubrukan kapal di APBS
2. Menentukan konsekuensi dari tubrukan kapal
3. Menentukan langkah – langkah yang dapat dilakukan untuk mengurangi peluang terjadinya tubrukan kapal di APBS

1.5. Manfaat

Manfaat dari penelitian ini antara lain:

1. Perhitungan yang dilakukan dapat menjadi informasi tambahan bagi pihak-pihak yang terlibat dalam operasional dan pemanduan lalu lintas pelayaran di APBS**.**
2. Memberikan masukan berupa Langkah mitigasi untuk menurukan risiko terjadinya tabrakan kapal di APBS.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II
STUDI LITERATUR

2.1. Formal Safety Assessment (FSA)

Formal Safety Assessment merupakan sebuah metodelogi yang terstruktur dan sisematis yang dikembangkan oleh International Maritime Organization (IMO) dan ditujukan untuk menigkatkan keselamatan pada dunia maritim, termasuk perlindungan terhadap kehidupan, kesehatan, lingkungan laut dan property dengan menggunakan analisis resiko dan penilaian manfaat biaya (Psarros et al, 2010). FSA bisa digunakan sebagai alat untuk membantu dalam mengevaluasi regulasi baru mengenai keselamatan pada dunia maritim dan juga perlindungan pada lingkuan laut atau juga dalam perbandingan antara regulasi yang sudah ada dengan regulasi yang akan diperbaharui. Proses dalam pengerjaan Formal Safety Assessment meliputi meliputi beberapa langkah, yaitu:

1. Identification of Hazard
2. Risk Analysis
3. Risk Control Option
4. Cost-Benefit Assessment
5. Recommendation.

2.1.1. Hazard Identification

Identifikasi bahaya (hazard identification) adalah langkah pertama pada Formal Safety Assessment yang bertujuan untuk mengidentifikasi semua kemungkinan situasi di mana orang mungkin terkena cedera, sakit atau penyakit, jenis bahaya yang mungkin timbul dan bagaimana cara mengatur/mengelola bahaya itu. Katagori kecelakaan bisa meliputi tubrukan, ledakan, kebakaran, dll.

Identifikasi bahaya dapat diselesaikan dengan menggunakan dua metode, yaitu data lampau atau dengan bertukar pikiran. Kebanyakan dari penilitian menggunakan data lampau, namun jika menggunakan data yang lampau maka harus menunggu sampai terjadinya suatu insiden lau menganalisa penyebab dan bagaimana cara untuk mencegah insiden yang sama dikemudia hari. Cara lain untuk memodelkan kemungkin terjadinya kegagalan dan pengembangan scenario sangat disarankan. Cara – cara tersebut harus sesuai dengan model yang ada pada panduan FSA yang dikeluarkan IMO, seperti Fault Trees, Event Trees, Influence Diagrams, Human Reliability Analysis (HRA), Human Element Analysis Prosess (HEAP) dan yang lainnya. Walaupun, penggunaan metode – metode diatas sudah dibatasi dalam FSA.

Hazard identification dapat dikerjakan dengan menggunakan metode:

- Literature Search
- What-if Revies
- Safety Audit
- Walk-throgh

- Checklist
- Brainstorming
- HAZOP
- FMEA

2.1.2. Risk Analysis

Tujuan dari analisa risiko pada tahap kedua dari FSA ini adalah untuk memperinci atau memperjelas penyebab dan akibat dari skenario-skenario bahaya yang ada pada tahap 1 (Identification of hazards). Hal ini dapat dicapai dengan menerapkan metode atau teknik yang tepat dalam memodelkan risiko itu sendiri. Sehingga dapat difokuskan pada daerah yang mempunyai risiko tinggi untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat risiko.

Analisa risiko berarti menganalisa dua hal, yaitu frekuensi dan juga konsekuensi. Frekuensi berarti seberapa sering kejadian terserebut akan terjadi. Frekuensi dapat dianalisa dengan menggunakan:

- Historical Data
- Fault Tree Analysis
- Event Tree Analysis
- Human Reliability Analysis
- Common Cause Failure Analysis

Saat konsekuensi meruapak dampak dari identifikasi bahaya yang terjadi, konsekuensi dapat dianalisa dengan menggunakan:

- Source Term Model
- Atsmospheris Dispersion Model
- Mitigation Models
- Effec Model
- Computer Model

2.1.3. Risk Control Option

Tujuan dari tahap ketiga FSA ini adalah untuk mempertimbangkan pengendalian risiko dari bahaya yang telah diidentifikasi dengan beberapa pilihan. Pengendalian risiko yang terkait dengan interaksi manusia dengan metode pendekatan yang sama seperti langkah-langkah pengembangan pengendalian risiko lainnya. Secara spesifik tahap RCOs adalah sebagai berikut:

a. Fokus pada bahaya di area yang membutuhkan kontrol
b. Mengidentifikasi upaya pengendalian risiko (RCMs) potensial
c. Mengevaluas iefektivitas RCMs dalam mengurang irisiko dengan mengevaluasi kembali tahap risk assessment
d. Mengelompokkan RCMs ke pilihan peraturan praktis

2.1.4. Cost – Benefit Assessment

Tahap ini ditujukan untuk mengidentifikasi keuntungan dari reduksi risiko dan biaya berdasarkan implementasi dari setiap opsi pengontrolan risiko untuk dilakukan perbandingan. Hasil keluaran dari tahap ini terdiri dari:

a. Biaya dan manfaat untuk tiap RCO yang diidentifikasi dalam langkah kedua,
b. Biaya dan manfaat untuk setiap opsi yang menjadi perhatian (yang paling dipengaruhi oleh masalah);
c. Kegunaan secara ekonomi yang dinyatakan dalam indeks yang sesuai.

2.1.5. Recommendation for Decision Making

Langkah ini mengarah pada pembuatan keputusan dan memberi rekomendasi untuk peningkatan keselamatan. Informasi yang dihasilkan dapat digunakan untuk membantu dalam melakukan pilihan cost effective dan untuk memilih pilihan terbaik dalam pengendalian risiko. Hasil dari tahap ini adalah:

- Suatu perbandingan secara objektif terhadap pilihan alternative, berdasarkan pengurangan risiko potensial dan kegunaan secara ekonomi (cost effectiveness), sesuai perundang-undangan atau aturan yang sedang ditinjau ulang atau dikembangkan,
- Informasi umpan-balik untuk meninjau ulang hasil yang diberikan dalam langkah-langkah sebelumnya

2.2. Kecelakaan Kapal

Kecelakaan kapal adalah sesuatu yang tidak diinginkan atau bahkan dihindari orang. Peristiwa tersebut dapat memiliki efek besar mulai dari kerugian finansial, properti, kerusakan, kematian dan jugapencemaran lingkungan.

2.2.1. Tenggelam

Tenggelam merupakan suatu kondisi dimana kapal mengalami kerusakan di bagian tertentu, biasanya pada lambung, sehingga air secara perlahan bisa masuk ke dalam kapal. Efek dari hal tersebut, kapal akan tenggelam secara perlahan. Dampak dari kapal tenggelam bukan dari hilangnya cargo yang dibawa ataupun rusaknya lingkungan, namun juga dapat mengakibatkan hilangnya nyawa seseorang.

Gambar 3 Kapal Tenggelam
Sumber: (US Navy, 2012)

2.2.2. Terbakar

Berdasarkan NFPA, api merupakan proses oksidasi yang melibatkan tiga elemen, yaitu bahan bakar, oksigen dan panas/tekanan. Kebakaran merupakan suatu kondisi dimana api di luar kendali. Konsep dari segitiga api. (NFPA, 2003)

- Oksigen (O_2)
  Oksigen erdapat pada udara. Tanpa adanya udara, proses pembakaran tidak dapa terjadi
- Bahan Bakar
  Bahan bakar merupakan elemen yang dapat berbentuk gas, cair maupun padat yang dapat terbakar saat dicampur dengan oksigen dan udara.
- Panas/Tekanan
  Sumber panas dapat berasal dari luar maupun dari dalam dan berasal dari proses mekanikal, kimia dan elemen *biological* elemen. Untuk sumber panas dari luar dapat berasal dari korek, punting rokok, arus pendek pada instalasi listrik.

Gambar 4 Kapal Tenggelam
Sumber: (Fleetmon, 2019)

2.2.3. Tubrukan

Tubrukan merupakan salah satu jenis kecelakaan yang lumayan sering terjadi. Berdasarkan data yang berasal dari Komosi Nasional Keselamatan Transportasi (KNKT), dari total kecelakaan dalam rentang waktu lima tahun kebelakan, 16% kecelekaan merupakan tubrukan kapal. Kapal mengalami tubrukan dikarenakan kapal merupakan objek yang berukuran besar sehungga sulit untuk bermanuver dengan cepat. Kerusakan akibat dari tabrakan buka hanya merusak kapal itu sendiri, namun juga kerusakan lingkungan dan hilangnya nyawa seseorang.

Gambar 5 Kapal Tubrukan
Sumber: (Rivieramm, 2018)

2.2.4. Karam

Karam merupakan tipe kcelakaan kapal yang diakibatkan gesekan antara lambung kapal dengan dasar laut. Indonesia mempunyai banyak perairan dangkal, jadi kemungkinan terjadinya kapal karam sangat tinggi. Dari data yang berasal dari Komisi Nasiona Keselamatan Transportasi (KNKT), total kecelakaan kapal yang yang terjadi di Indonesia dalam kurun waktu lima tahun, 9 % kapal karam.

2.3. Kecelakaan Kapal di Indonesia

Komite Nasional Keselamatan Transportasi (KNKT) merupakan lembaga pemerintah yang bertanggung jawab untuk melakukan investigasi kecelakaan transportasi baik di darat, laut maupun di udara telah mencatat beberapa kecelakaan kapal yang terjadi di Indonesia dalam rentang 5 tahun terakhir. Data – data kecelakaan kapal di Indonesia dapat dilihat pada table 1.

Tabel 1 Data Kecelakaan Kapal di Indonesia

No	Tahun	Jumlah Kecelakaan	Tipe Kecelakaan				
			Tenggelam	Terbakar	Tubrukan	Kandas	Lainnya
1	2014	7	2	3	2	0	0
2	2015	11	2	4	3	1	0
3	2016	15	4	4	3	2	2
4	2017	24	4	11	2	2	5
5	2018	20	4	3	2	2	9
Total		77	16	25	12	7	16

Sumber: Komite Nasional Keselamatan Transportasi (KNKT)

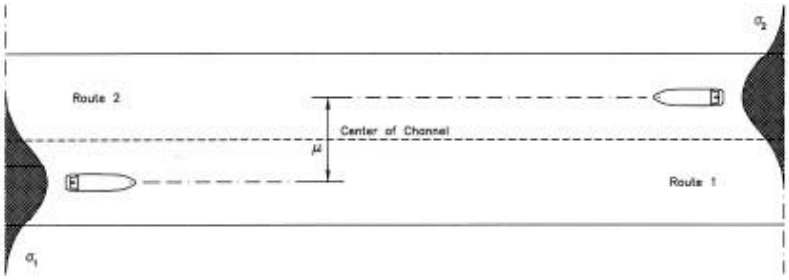
2.4. Tubrukan Kapal

Tubrukan kapal terjadi antara kapal dengan kapal ataupun kapal dengan struktur terapung seperti kilang minyak lepas pantai, gunung es dan juga pelabuhan. Pengembangan pada teknologi perkapalan menghasilkan kapal – kapal

dengan ukuran besar dan juga dengan kecepatan tinggi sehingga meningkatkan resiko terjadinya tubrukan kapal.

2.6.1. Head On Collision

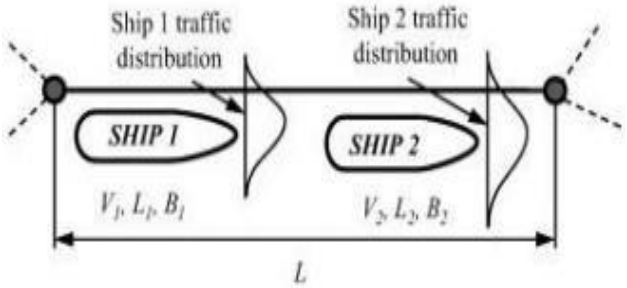
Head-on merupakan kondisi dimana dua atau lebih kapal berlayar di rute yang dengan arah yang berlawan dan terjadi tubrukan antara satu kapal dengan yang lainya. Pada jenis turbukan ini memiiki nilai μ yang merupakan jarak *center line* kapal yang sedang berlayar dengan arah yang berlawanan. Nilai dari μ akan berbanding terbalik dengan nilai peluang terjadinya tabrakan kapal.



Gambar 6 *Head On Collision*
Sumber: (Hansen, 2007)

2.6.2. Overtaking Collision

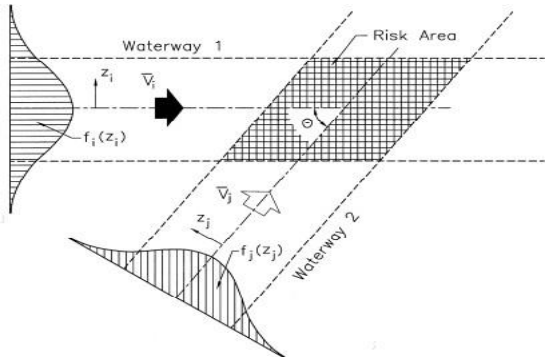
Overtaking Collision merupakan kondis dimana dua kapal atau lebih berlayar pada rute yang sama juga dengan arah yang namun dengan kecepatan yang berbeda. Kecelakan terjadi saat kapal dengan kecepatan yang lebih tinggi mencoba untuk menyusul kapal lainnya.



Gambar 7 *Overtaking Collision*
Sumber: (Hansen, 2007)

2.6.3. Crossing Collision

Crossing collision merupakan skenario tubrukan dimana dua kapal yang memiliki arah gerak berpotongan dengan jalur kapal lain pada suatu persimpangan bertubrukan. *Crossing collision* dipengaruhi oleh sudut yang terbentuk antara dua buah jalur pada sebuah persimpangan.



Gambar 8 *Crossing Collision*
Sumber: (Hansen, 2007)

2.5. Analisa Risiko Tubrukan Kapal

Tubrukan kapal merupakan benturan atau tumbukan antara dua buah kapal yangbergerak dan dapat menimbulkan bahaya keselamatan nyawa manusia yang ada di dalam kapal (injuries fatalities), kerusakan lingkungan (pollutions), dan kerugian akibat kerusakan muatan yang diangkut (Kristiansen, 2005). Dalam menganalisa risiko tubrukan kapal, berdasarkan pada chapter 6 FSA *guideline* (IMO 2012), risiko didefinisakan sebagai produk (risk matrix) dari probability (P) dan konsekuensi (C) sehingga risiko dapat dihitung dengan rumus:

$$R = N_a \, . C \tag{2.1}$$

Dimana,

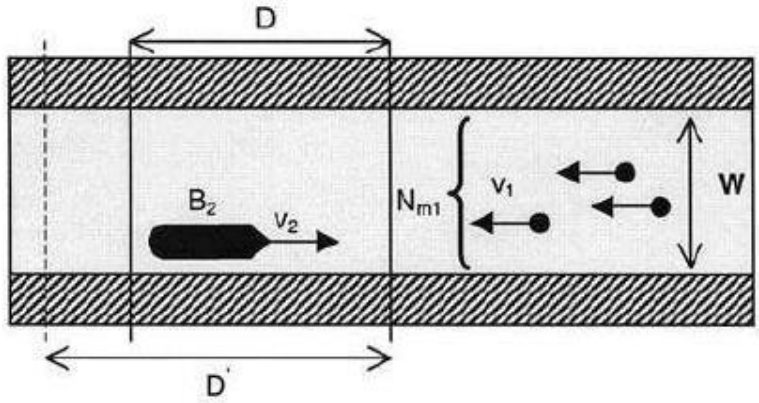
N_a = Frekuensi tubrukan kapal dalam satu tahun
C = Konsekuensi yang ditimbulkan dari tubrukan kapal (*consequense*).

2.6. Traffic Based Model

Probabilias tubrukan kapal dengan menggunakan metode traffic based model diperkenalkan oleh Kristiansen pada tahun 1995. Pendekatan perhitungan probabilitas tubrukan kapal disesuaikan dengan standar teknis, keadaan lingkungan sekitar dan juga tingkat kepadatan atau density lalu lintas pelayaran pada suatu daerah. Skenario dari tubrukan kapal dibagi menjadi tiga, yaitu: head on, overtaking dan juga crossing.

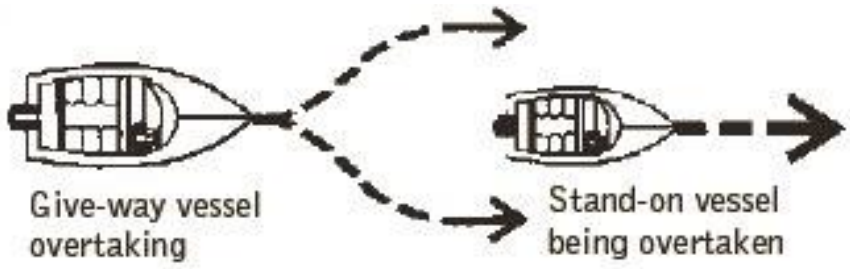
2.8.1. Probabilitas Tubrukan *Head On* dan *Overtaking*

Tubrukan jenis head-on terjadi bila dua kapal melaju dengan posisi saling berhadapan pada arah yang berlawanan dan pada jalur yang sama. Potensi tubrukan terjadi pada haluan kapal, seperti tampak pada gambar 9.



Gambar 9 Model Tubrukan Kapal (Traffic Based Model) dengan Tipe *Head On*
Sumber: (Kristainsen, 2005)

Tubrukan jenis ovetaking terjadi bila dua kapal melaju dengan arah yang sama di jalur sama namun dengan kecepatan yang berbeda. Jenis tubrukan overtaking dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 10 Model Tubrukan Kapal (Traffic Based Model) dengan Tipe *Overtaking*
Sumber: (Kristainsen, 2005)

Untuk mengetahui kepadatan lalu lintas pada suatu alur pelayaran dapat diketahui dengan menggunakan persamaan:

$$\boldsymbol{\rho} = \frac{\boldsymbol{N_m}}{\boldsymbol{V_1 \times W}} \tag{2.2}$$

Dimana,

$\boldsymbol{\rho}$ = Tingkap kepadatan lalu lintas kapal (kapal/$\boldsymbol{nm^2}$)
$\boldsymbol{V_1}$ = Kecepatan rata – rata kapal 1 (knots)
$\boldsymbol{W}$ = Lebar alur pelayaran (m)

Untuk perhitungan peluang tubrukan yang terjadi pada suatu lintasan, dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$N_i = \frac{B_1 + B_2}{W} \times \frac{(V_1 + V_2)}{V_1 \times V_2} \times D \times N_m \quad (2.3)$$

Dimana,

N_i = Estimasi jumlah kecelakaan kapal yang melewati daerah terbatas
B_1 = Lebar kapal 1 (m)
B_2 = Lebar kapal 2 (m)
W = Lebar alur pelayaran (m)
V_1 = Kecepatan rata – rata kapal 1 (knots)
V_2 = Kecepatan rata – rata kapal 2 (knots)
D = Jarak pelayaran relatif alur pelayaran (m)
N_m = Frekuensi kedatangan kapal yang ditemui (kapal/satuan waktu)

Faktor penyebab kecelakan (P_c) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (Kim, Park and Jeong, 2011):

$$\mathbf{P_c} = \frac{\mathbf{N_c}}{\mathbf{N_T}} \quad (2.4)$$

Dimana,

$\mathbf{N_c}$ = jumlah insiden selama lima tahun terakhir
$\mathbf{N_T}$ = Jumah kapa yang melintasi suatu alur pelayaran pada periode (tahun) tertentu

Untuk *probability of accident* tubrukan secara *head on* dan *overtaking* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

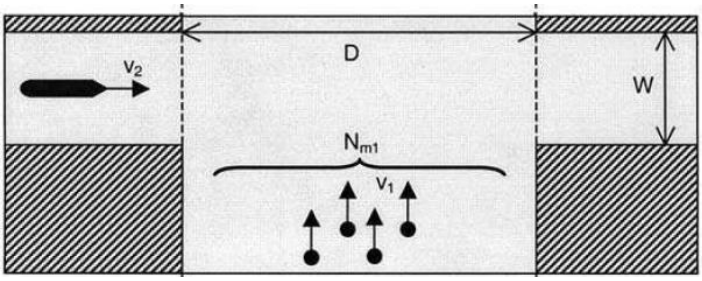
$$P_a = N_i \times \mathbf{P_c} \quad (2.5)$$

Dimana,

P_a = *Probability of accident*
N_i = Estimasi jumlah kecelakaan kapal yang melewati daerah terbatas
$\mathbf{P_c}$ = Faktor penyebab kecelakaan

2.8.2. Probabilitas Tubrukan *Crossing*

Crossing collision merupakan tubrukan dimana dua kapal yang memiliki arah gerak berpotongan dengan jalur yang berbeda dan pada suatu persimpangan bertubrukan. Tubrukan jenis crossing tampak seperti pada gambar 11.



Gambar 11 Model Tubrukan Kapal (Traffic Based Model) dengan Tipe *Crossing*
Sumber: (Kristainsen, 2005)

Untuk mengetahui kepadatan lalu lintas pada suatu alur pelayaran dapat diketahui dengan menggunakan persamaan:

$$\boldsymbol{\rho} = \frac{\boldsymbol{N_m}}{\boldsymbol{V_1 \times W}} \tag{2.6}$$

Dimana,

$\boldsymbol{\rho}$ = Tingkap kepadatan lalu lintas kapal (kapal/$\mathbf{m^2}$)
$\boldsymbol{V_1}$ = Kecepatan rata – rata kapal 1 (knots)
$\boldsymbol{W}$ = Lebar alur pelayaran (m)
$\boldsymbol{N_m}$ = Frekuensi kedatangan kapal yang ditemui (kapal/satuan waktu)

Untuk perhitungan peluang tubrukan yang terjadi pada suatu lintasan, dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\boldsymbol{P_i} = \frac{\boldsymbol{N_m}}{\boldsymbol{V_1 \times V_2}} + \left[(\boldsymbol{B_1 + L_2}) \times \boldsymbol{V_1} + (\boldsymbol{B_2 + L_1}) \times \boldsymbol{V_2}\right] \tag{2.7}$$

Dimana,

$\boldsymbol{P_i}$ = Peluang tubrukan
$\boldsymbol{B_1}$ = Lebar kapal 1 (m)
$\boldsymbol{B_2}$ = Lebar kapal 2 (m)
$\boldsymbol{L_1}$ = Panjang kapal 1 (m)
$\boldsymbol{L_2}$ = Panjang kapal 2 (m)
$\boldsymbol{W}$ = Lebar alur pelayaran (m)
$\boldsymbol{V_1}$ = Kecepatan rata – rata kapal 1 (knots)
$\boldsymbol{V_2}$ = Kecepatan rata – rata kapal 2 (knots)
$\boldsymbol{N_m}$ = Frekuensi kedatangan kapal yang ditemui (kapal/satuan waktu)

Untuk *probability of accident* tubrukan secara *head on* dan *overtaking* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\boldsymbol{P_a} = \boldsymbol{P_i} \times \mathbf{P_c} \tag{2.8}$$

Dimana,

$\boldsymbol{P_a}$ = *Probability of accident*

$\boldsymbol{P_i}$ = Estimasi jumlah kecelakaan kapal yang melewati daerah terbatas

$\mathbf{P_c}$ = Faktor penyebab kecelakaan

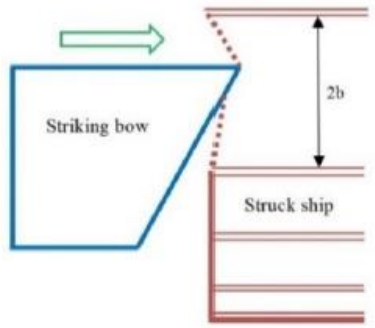
2.7. Konsekuensi Tubrukan Kapal (C)

Konsekuensi dari tubrukan kapal dapat diklasikan menjadi tiga, yaitu:

- *Loss of Life / Injuries*
- *Damage to Property*
- *Environtmental*

Dalam menentukan konsekuensi tubrukan kapal (C), penulis fokus pada konsekuensi terhadap property yakni kapal yang terlibat dalam tubrukan. Dalam proses menentukan konsekuensi dari tubrukan kapal, yakni kerusakan yang diakibatkan pada lambung kapal, penulis menggunakan perangkat lunak ANSYS. Dalam scenario tubrukan kapal terdapat dua subjek yang terlibat, yakni yang menubruk dan ditubrukan seperti yang dapat dilihat pada gambar 14.

.



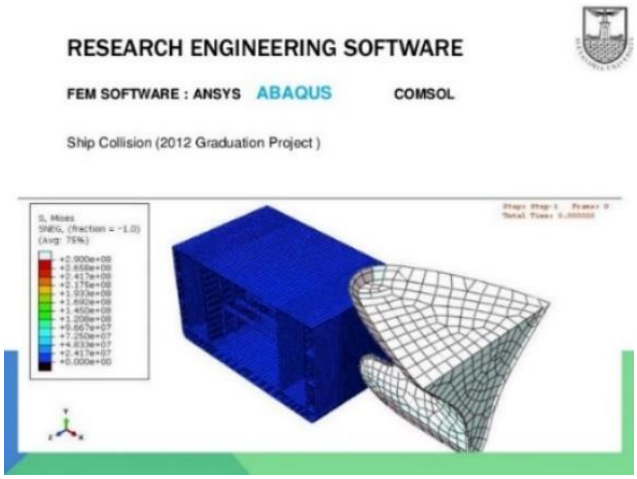
Gambar 12 Kapal Yang Menubruk Dan Ditubruk
Sumber: (Zhang, 1999)

Beberapa faktor yang mempengaruhi konsekuensi dari tubrukan kapal (Lutzen, 2011) :

- Kapal yang menubruk atau yang ditubruk
- Sudut pertemuan, kecepatan relative
- Tipe kapl, kargo, umur kapal, kondisi muat
- Lokasi insiden
- Jarak untuk mendapatkan pertolongan
- Kondisi cuaca.

2.8. ANSYS

ANSYS adalah sebuah software analisis elemen sampai dengan kemampuan menganalisa dengan cakupan yang luas untuk berbagai jenis masalah Tim Langlais, 1999. ANSYS mampu memecahkan persamaan differensial dengan cara memecahnya menjadi elemen-elemen yang lebih kecil. Pada awalnya program ini bernama STASYS Structural Analysis System, kemudian berganti nama menjadi ANSYS yang ditemukan pertama kali oleh Dr. John Swanson pada tahun 1970. ANSYS merupakan tujuan utama dari paket permodelan elemen hingga untuk secara numerik memecahkan masalah mekanis yang berbagai macam. Masalah yang ada termasuk analisa struktur statis dan dinamis baik linear dan non-linear, distribusi panas dan masalah cairan, begitu juga dengan ilmu bunyi dan masalah elektromagnetik statis dan dinamis baik linear dan non-linear, distribusi panas dan masalah cairan, begitu juga dengan ilmu bunyi dan masalah elektromagnetik.



Gambar 13 Software ANSYS
Sumber: (Comsol, 2012)

2.9. Estimasi dari *Transferred Energy*

Untuk menghitung konsekuensi pada property, yakni kerusakan pada kapal akibat terjadinya tubrukan antar kapal, nila dari *tramsferred energy* dibutuhkan dan dapat dicari dengan menggunakan rumus:

$$E_{t2} = E_I \,.\, (\frac{1}{1 + m_1/m_2}) \tag{2.9}$$

$$E_I = \frac{m_1 . m_2 (1 + C_h)}{2(m_1 + m_2(1 + C_h))} \,.\, (v_1 . \sin \alpha)^2 \tag{2.10}$$

Dimana,

E_{t2} = *Transferred energy*
E_I = *Lost of kinetic energy*
m_1 = *The striking ship's mass*
m_2 = *The struck ship's mass*
v_1 = *The striking ship's speed*
$\sin \alpha$ = A*ngle to the struck ship*
C_h = *Mass coefficient*

Tabel 2 *Mass Coefficient* (Ch)

Motion mode	*Added mass coefficient (Ch)*	
	Range	*Proposed*
Surge	0.02-0.07	0.05
Sway	0.4-1.3	0.85
Yaw	0.21	0.21

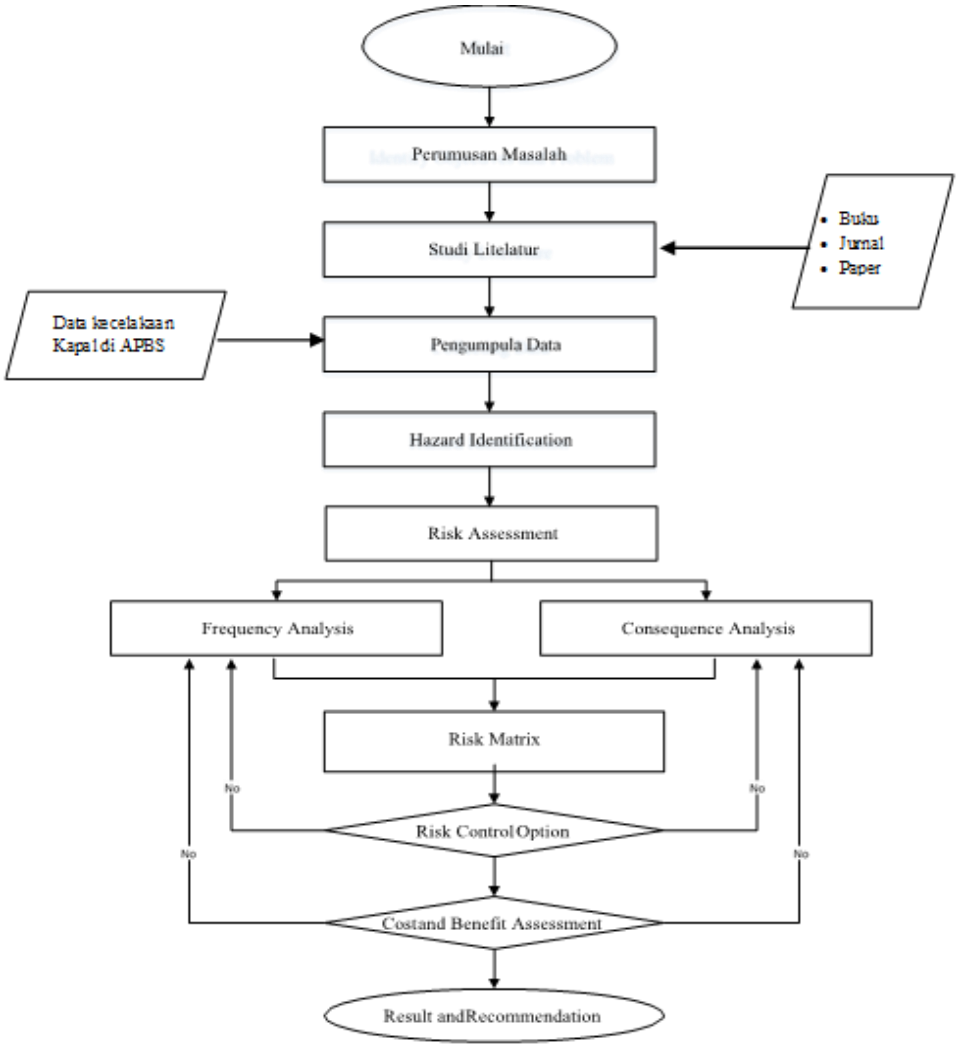
Sumber: (Zhang, 1999)

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1. Flowchart Pengerjaan

Dalam pembuatan skripsi ini, diperlukan proses yang harus terstruktur untuk memudahkan pengerjaan skripsi dan kajian yang dilakukan dapat terarah. Dalam metodologi penelitian yang digunakan, akan diuraikan tahapan yang akan dilakukan dalam pengerjaan skripsi ini. Adapun tahapan-tahapan yang akan dilakukan adalah sebagai berikut,



Gambar 14 Flowchart Pengerjaan Tugas Akhir

3.2. Perumusan Masalah

Perumusan masalah merupakan tahapan awal dalam penyusunan skripsi ini. Perumusan masalah dilakukan dengan mengidentifikasi permasalahan yang akan diselesaikan pada output skripsi ini. Untuk mengidentifikasi permasalahan tersebut dapat dilakukan dengan mencari informasi melalui berbagai media seperti berita, jurnal ilmiah, isu-isu terkini dan beberapa sumber lainnya. Dalam kurun 2009-2013 total kecelakaan kapal yang terjadi di APBS sebanyak 90 kasus, dengan presentasi tipe kecelaan kapal sebanyak 54 %, tipe kecelakaan kandas sebanyak 11 %, tipe kecelakaan terbakar sebanyak 22 % dan tipe kecelakaan tenggelam sebanyak 13 %. Berdasarkan data di atas, kecelakaan berupa tubrukan merupakan kecelakan kapal dengan presentase yang paling tinggi. Oleh karena itu, permasalahan yang diambil dan dijadikan topik pada skripsi ini adalah "Fornal Safety Assessment Untuk Analisa Risiko Tubrukan Kapal" dengan objeknya yaitu Alur Pelayaran Barat Surabaya.

3.3. Studi Literatur

Tahapan setelah perumusan masalah didapatkan adalah melakukan studi literature. Hal itu digunakan untuk menggali informasi apabila penelitian sejenis pernah dilakukan sebagai referensi pengerjaan skripsi tersebut. Selain itu, penelitian sebelumnya dapat menjadi bagian dari solusi atas permasalahan yang ambil. Studi literatur dapat dilakukan dengan membaca jurnal sejenis yang pernah dilakukan maupun buku-buku dengan materi yang berkaitan. Sehingga dari studi literatur yang dilakukan dapa memberikan ide tentang bagaimana pengerjaan skripsi tersebut dilakukan dan menjadi bagian dari pedoman dalam pembuatan karya tulis keilmiahan yang baik dan benar. Studi literatur yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

a. Paper dan jurnal tentang Collision
b. Paper dan jurnal tentang APBS.

3.4. Pengumpulan Data

Proses selanjutnya yaitu pengumpulan data yang bertujuan untuk memperoleh data dan informasi penunjang skripsi. Data dan informasi yang hendak dikumpulkan yaitu data kapal dan data tubrukan kapal yang pernah terjadi di Alur Pelayaran Barat Surabaya.

3.5. Hazard Identification

Langkah selajutnya adalah langkah pertama pada proses Fornal Safety Assesment yang berfungsi untuk mengidentifikasi bahaya yang berhubungan dengan area masalah. Teknik yang paling popular untuk mngidentikasi bahaya adalah brainstrorming. Kategori kecelakaan kapal yang diidentifikasikan untuk operasi kapal, yaitu:

- Tubrukan
- Kebakaran
- Karam

- Kegagalan permesinan
- Kerusakan kargo
- Bahaya Eksternal (kondisi cuaca)

3.6. Risk Analysis

Berikutnya adalah penilian risiko terhadap tubrukan kapal yang dipengaruhi oleh frekuensi dan konsekuensi dilakukan untuk mengetahui risiko dari setiap skenario dengan variasi yang dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan variasi hasil yang akan dinilai. Dalam skripsi ini, akan dilakukan perhitungan menggunakan untuk mengetahui variasi hasil dari 3 skenario yaitu *head-on situation, crossing situation,* dan *overtaking situation.*

3.7. Jumlah Frekuensi Tubrukan

Besarnya dampak dari kecelakaan kapal dan seberapa sering itu terjadi, maka peluang terjadinya tubrukan akan semakin besar. Dari penjelas mengenai peluang tubrukan dengan tiga tipe tubrukan, yaitu: head-on, overtaking dan juga crossing, maka total peluang tubrukan dapat dihitung dengan cara:

$$\boldsymbol{N_a = N_{a\,Head\,on} + N_{a\,Overtaking} + N_{a\,Crossing}} \quad (3.1)$$

Dimana,

$\boldsymbol{N_a}$ = *Total collision frequency*
$\boldsymbol{N_{a\,Head\,on}}$ = Frekuensi *head-on*
$\boldsymbol{N_{a\,Overtaking}}$ = Frekuensi *overtaking*
$\boldsymbol{N_{a\,Crossing}}$ = Frekuensi *crossing*

3.8. Consequence Analysis

Dalam menentukan konsekuensi tubrukan kapal (C), penulis fokus pada konsekuensi terhadap kapal yang terlibat tubrukan dengan menggunakan perangat lunak ANSYS untuk mengetahui tingkat kerusakan pada kapal.

3.9. Risk Matrix

Pada tugas akhir ini risk index didapatkan berdasarkan guideline untuk Formal Safety Assessment (FSA) dari IMO. S*core* dari indeks risiko didapatkan dengan cara menjumlahkan nilai frekuensi/probabilitas dengan nilai konsekuensi atau seperti berikut ini:

Log (risk) = Log (Frekuensi) + Log (Konsekuensi). (3.2)

Pada tugas akhir ini menggunakan standar DNV.2003. Risk Management in Marine & Subsea Operationd dalam menentukan tangka risiko dalam mengelompokan tingkat frekuensi tubrukan kapal.

Tabel 3 *Probabilty Index*

Probability Index	Frequency	Definition
Frequent	> 0.5	Will occur frequently
Probable	0.5-0.05	May occur several times
Occasional	0.05-0.005	Likely to occur during lifetime
Remote	0.005-0.0005	Unlikely to occur during lifetime
Improbable	< 0.0005	Event so unlikely, may never be experience

Sumber: DNV.2003.Risk Management in Marine & Subsea Operation

Untuk konsekuensi dari tubrukan yakni berupakan kerusakan pada properti yaitu kapal yang diwakili oleh besarnya biaya yang akan digunakan untuk reparasi.

Terdapat lima kelompok konsekuensi:

1. *Insignficant* = < $ 1,000
2. *Minor* = < $ 10,000
3. *Moderate* = < $ 100,000
4. *Major* = < $ 1,000,000
5. *Catastropic* = ≥ $ 1,000,000

Tabel 4 *Risk Matrix*

Risk Matrix		Consequence				
		Insignificant	Minor	Moderate	Major	Catastrophic
Frequency	Frequent	H	H	E	E	E
	Probable	M	H	H	E	E
	Occasional	L	M	H	E	E
	Remote	L	L	M	H	E
	Improbable	L	L	M	H	H

Dimana:

L	Low
M	Moderate
H	High
E	Extreme

3.10. Risk Control Option

Pada hakikatnya, tujuan dari RCO yaitu untuk mendapatkan solusi paling efektif untuk semua sisi, efektif untuk kejadian kecelakaan yang paling sering terjadi, dan efektif untuk bagian kejadian lainnya. RCO kemudian dapat dipertimbangkan berdasarkan berkurangnya peluang rangkaian kejadian kecelakaan yang paling sering terjadi, dan meningkatkan peluang tidak terjadinya kecelakaan kapal. Penyebab dari masing-masing hazard pada mulanya akan dimasukkan dalam tabel ringkasan penyebab kecelakaan, dan kemudian RCO dapat dipertimbangkan dan dikembangkan.

3.11. Cost-Benefit Assessment

Berdasarkan guidelines for Formal safety Assessment (FSA) dari IMO, berikut contoh estimasi perhitungan untuk menentukan nilai:

Gross Cost of Averting a Fatality (Gross CAF) dengan formula,

$$\text{Gross CAF} = \frac{\Delta C}{\Delta R} \tag{3.3}$$

Dan Net Cost of Averting a Fatality (Net CAF) dengan formula,

$$\text{Net CAF} = \frac{\Delta C - \Delta B}{\Delta R} \tag{3.4}$$

Dimana,

- ΔC = Harga yang harus dikeluarkan dari pilihan risk control yang dianggap paling efektif atau risk control dengan biaya yang sesuai budget yang direncanakan
- ΔB = Keuntungan ekonomi yang diterima kapal dari pilihan *risk control* yang diterapkan
- ΔR = Berkurangnya risiko tubrukan pada kapal.

3.12. Result and Recommendation

Berdasakan RCO yang telah ada, maka setiap pilihan kontrol risiko akan ditabelkan, beserta waktu implementasinya, presentasi berkurangnya risiko, biaya yang dikeluarkan, dan terakhir adalah rasio antara biaya dan keuntungan yang

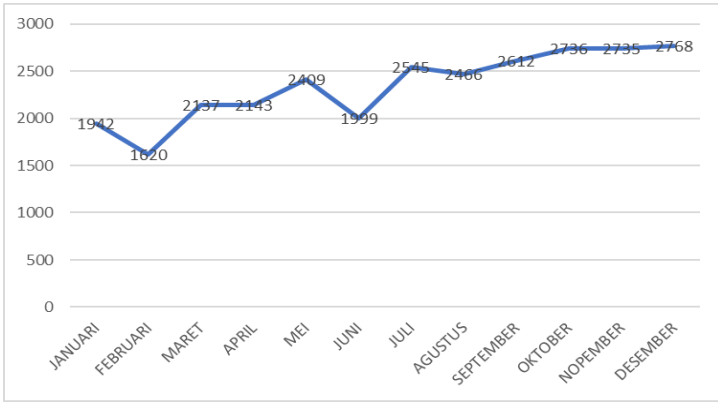
didapat. Dengan diketahuinya semua data itu maka dapat ditentukan pilihan kontrol risiko mana yang akan dipakai sebagai mitigasi.

3.13. *Timeline* Pengerjaan Skripsi

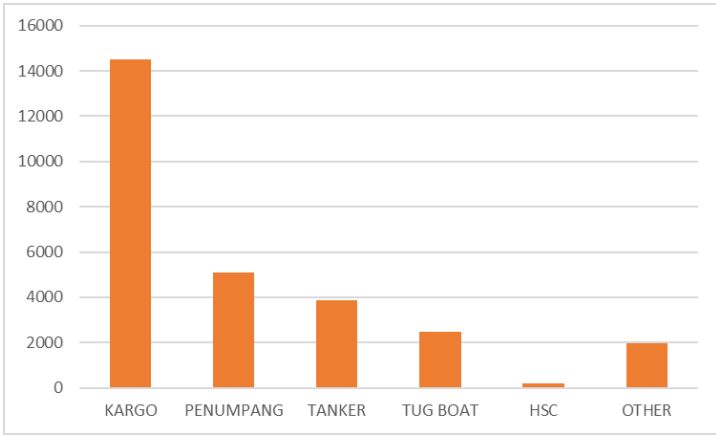
No.	Rencana Kegiatan	Februari				Maret				April				Mei			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1.	Perumusan Masalah																
2.	Studi Literatur																
3.	Pengumpulan data																
4.	Pengumpulan Data																
5.	Frequency Analysis																
6.	Consequence Analysis																
7.	P2																
8.	Risk Matrix																
9.	Risk Control Option																
10.	Cost-Benefit Assessment																
11.	Result and Recommendation																
12.	Draft Laporan Akhir																
13.	Laporan Akhir																
14.	P3																
15.	Pembuatan Jurnal																

BAB IV
ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Alur Pelayaran Barat Surabaya (APBS) terletak di antara Jawa timur dan Kepulauan Madura. Alur Pelayaran Barat Surabaya melayani 17 pelabuhan metropolitan besar, termasuk Pelabuhan Tanjung Perak di Surabaya yang melayani beberapa jenis kapal dan salah satu pelabuhan utama di Indonesia. Pada tahun 2019, kepadatan kapal di Alur Pelayaran Barat Surabaya (APBS) mencapai 28.112 kapal. Dengan tingginya kepadatan kapal yang terjadi di APBS, hal tersebut memungking terjadinya tubrukan antar kapal. Pada penilitian ini, Formal Safety Assessment (FSA) digunakan untuk menganalisa risiko tubrukan kapal di APBS.



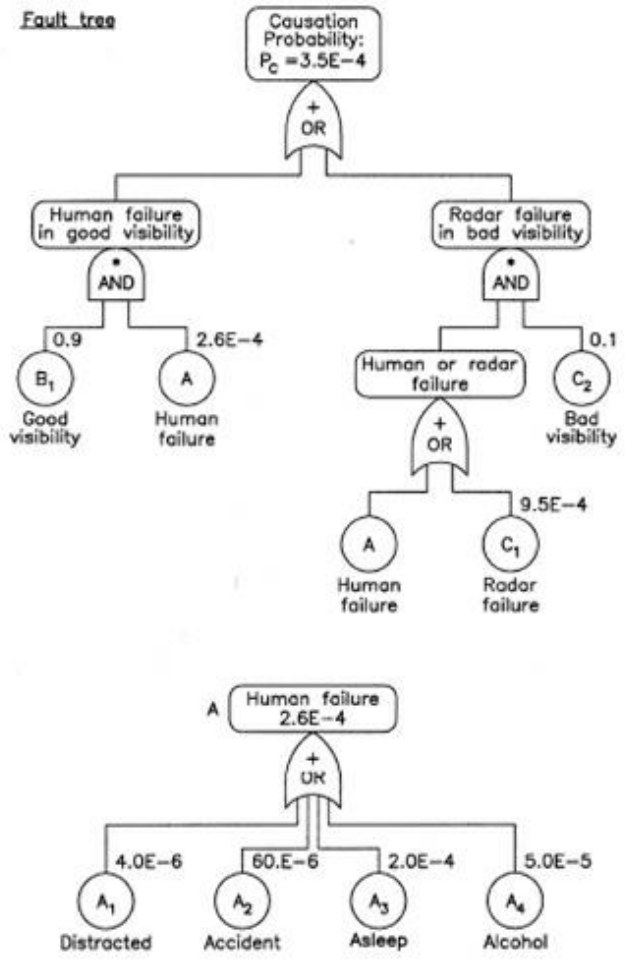
Gambar 15 Jumalah Kapal yang Melewati APBS pada tahun 2019
Sumber: VTS Surabaya



Gambar 16 Jenis Kapal yang Melewati APBS pada tahun 2019
Sumber: VTS Surabaya

4.1. Hazard Identification

Identifikasi bertujuan untuk mengidentifikasi daftar bahaya dan kumpulan skenario yang prioritasnya ditentukan oleh tingkat risiko dari masalah yang sedang dibahas dengan cara mengidentifikasi bahaya berupa daftar dari semua scenario kecelakaan yang relevan dengan penyebab-penyebab potensial dan akibat-akibat yang ditimbulkan. Identifikasi bahaya untuk tubrukan kapal di Alur Pelayaran Barat Surabaya (APBS) didasarkan pada data dari investigasi kecelekaan kapal yang pernah terjadi di APBS.



Gambar 17 Hazard Identification
Sumber: IWRAP

Berdasarakan identifikasi bahaya yang dikeluarkan oleh IWRAP, beberapa bahaya yang mempengaruhi terjadinya tubrukan kapal:

1. *Visibility*
   Cuaca merupakan salah satu faktor penting dalam pelayaran kapal. Dalam situasi cuaca buruk, adanya kemungkinan jarak pandan yang terbatas. Hal tersebut akan berbahaya jika terjadi di lokasi yang mempunyai nilai kepadatan lalu lintas kapal yang tinggi. Dengan jarak pandang yang terbatas, maka adanya kemungkinan untuk gagal dalam menghindari situasi *near miss collision.*
2. *Human Error*
   Berdasarkan data kecelakaan, kesalahan manusia adalah penyebab paling sering kecelakaan. Berdasarkan identifiasi bahaya yang dikeluarkan IWRAP, kesalah pada manusia disebabkan karen afaktor mengantuk, kelelahan, dan alcohol.
3. *Radar Failure*
   Ketika kapal berlayar dengan kegagalan sistem radar, maka kapal tidak dapat mengetahui secara kesuluruhan posis kapal-kapal yang berlayar disekitar alur pelayaran. Dengan kondisi tersebut, maka adanya kemungkinan untuk gagal dalam menghindari situasi *near miss collision.*

4.2. Risk Analysis

Dalam menganalisa risiko tubrukan kapal, berdasarkan pada chapter 6 FSA *guideline* (IMO 2012), risiko didefinisakan sebagai produk dari probability (P) dan konsekuensi (C) sehingga risiko dapat dihitung dengan rumus:

$$\boldsymbol{R = N_a \,.\, C} \tag{4.1}$$

Dimana,

$\boldsymbol{N_a}$ = Frekuensi tubrukan kapal
C = Konsekuensi yang ditimbulkan dari tubrukan kapal

4.3. Peluang Tubrukan Kapal

Perhitungan peluang tubrukan kapal dapat dihitung dengan rumus:

$$\boldsymbol{N_a = N_m \times P_a} \tag{4.2}$$

Dimana,

$\boldsymbol{P_a}$ = Frekuensi tubrukan kapal
$\boldsymbol{N_m}$ = Frekuensi jumlah kapal yang ditemui (*ship/hr*)
$\mathbf{P_a}$ = Faktor penyebab kecelakaan

Berdasarkan jumlah total kapal yang melalui Alur Pelayaran Barat Surabaya selama periode 2019, maka dapat diketahui bahwa nilai dari frekuensi jumlah kapal yang ditemui ($\boldsymbol{N_m}$) adalah 3,2 ships/hour dengan persentas jenis kapal yang

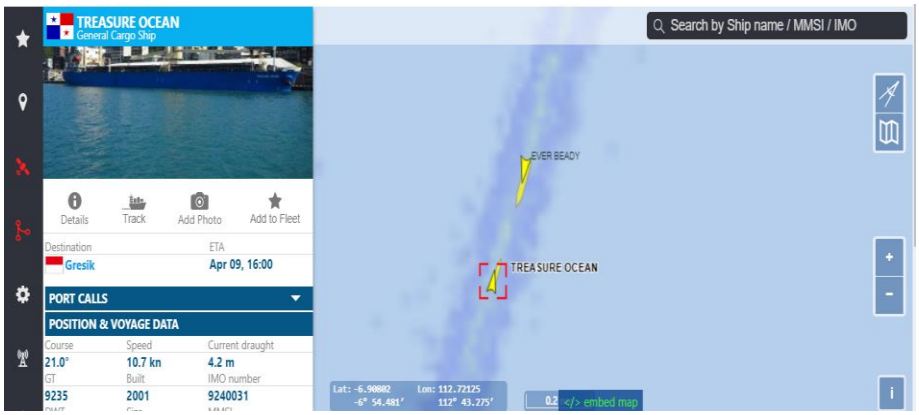
melewati APBS pada tahun 2019: kapal kargo 51,7%, kapal penumpang 18,1%, kapal tanker 13,8%, tugs 8,8%, *high-speed craft* 0,7%, dan jenis kapal lainnya sebanyak 6,9%.

Panjang dan lebar dari Alur Pelayaran Barat Surabaya (APBS) menjadi salah satu parameter yang dibunakan untuk mencari nilai frekuensi dari semua jenis tubrukan kapal, yakni *head-on, overtaking,* dan *crossing*. Dengan panjang alur sekitar 24,2 NM (43,6 Km) yang nantinya merupakan nilai dari jarak pelayaran relatif alur pelayaran (D) dan lebar 150 m yang merupakan nilai dari *width* (W). Selain panjang dan lebar alur, parameter yang mempengaruhi dalam perhiutngan frekuensi tubrukan kapal adalah nilai *causation factor* (**P_c**). *Causation factor* adalah kemampuan kapal untuk memperhatikan situasi yang berbahaya pada waktu tertentu dan untuk bereaksi dengan mengambil langkah-langkah yang cukup untuk menghindari kecelakaan. Setiap perairan mempunyai nilai **P_c** sesuai dengan karakteristiknya (*traffic density*, cuaca, dll), Untuk nilai **P_c** APBS yang digunakan pada penilitian ini mengacu pada penilitian sebelumnya yang membandingkan dua metode untuk menghitung frekuensi tubrukan kapal dengan studi kasus di APBS. Nilai **P_c** yang digunakan untuk masing-masing jenis tubrukan (Alfanda, 2015):

- Head-on = 0,00000176
- Overtaking = 0,00000392892
- Crossing = 0,0000132

4.4.1. Head on

Head-on merupakan kondisi dimana dua atau lebih kapal berlayar di rute yang dengan arah yang berlawan dan terjadi tubrukan antara satu kapal dengan yang lainya. Kapal – kapal yang mungkin terlibat dalam tubrukan secara head-on yakni antara kapal yang masuk dan keluar dari Alur Pelayaran Barat Surabaya. Untuk skenario tubrukan kapal secara head-on yakni antara kapal kontainer “Ever Beady” dengan kapal general cargo “Treasure Ocean” yang melintas pada jalur yan sama namun dengan arah yang berlawanan.



Gambar 18 Kapal yang Memiliki Peluang Tubrukan Secara *Head-on*
Sumber: (Vesselfinder,2020)

Tabel 5 Data *Target* Ship untuk Skenario Head on

Target Ship			
Treasure Ocean			
L	=	131	m
B	=	20	m
V	=	10.3	knot
Jenis	=	General Cargo	
Nomor IMO	=	9240031	

Sumber: (Fleetmon,2020)

Tabel 6 Data *Own* Ship untuk Skenario Head on

Own Ship			
Treasure Ocean			
L	=	212	m
B	=	33	m
V	=	12.6	knot
Jenis	=	Container	
Nomor IMO	=	9786982	

Sumber: (Fleetmon,2020)

1. Mencari nilai dari kepadatan lalu lintas pada suatu alur pelayaran ($\boldsymbol{\rho}$) dapat diketahui dengan menggunakan persamaan:

$$\boldsymbol{\rho} = \frac{\boldsymbol{N_m}}{\boldsymbol{V_1 \times W}}$$

$$= \frac{\mathbf{3,2}}{\mathbf{5,298778 \times 150}}$$

$= 0{,}004026086$ ships/m²

2. Mengestimasi peluang tubrukan yang terjadi pada suatu lintasan, dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\boldsymbol{N_i} = \frac{(\boldsymbol{B_1} + \boldsymbol{B_2})}{\boldsymbol{W}} \times \frac{(\boldsymbol{V_1} + \boldsymbol{V_2})}{\boldsymbol{V_1 \times V_2}} \times \boldsymbol{D} \times \boldsymbol{N_m}$$

$$= \frac{(20 + 33)}{150} \times \frac{(5{,}299 + 6{,}482)}{5{,}299 \times 6{,}482} \times 45600 \times 3{,}2$$

$= 17684{,}33$

3. Mencari nilai *probability of accident* ($\boldsymbol{P_a}$) tubrukan secara *head on* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\boldsymbol{P_a} = \boldsymbol{N_i} \times \mathbf{P_c}$$

$$= \mathbf{17684,33} \times \mathbf{0,00000176}$$

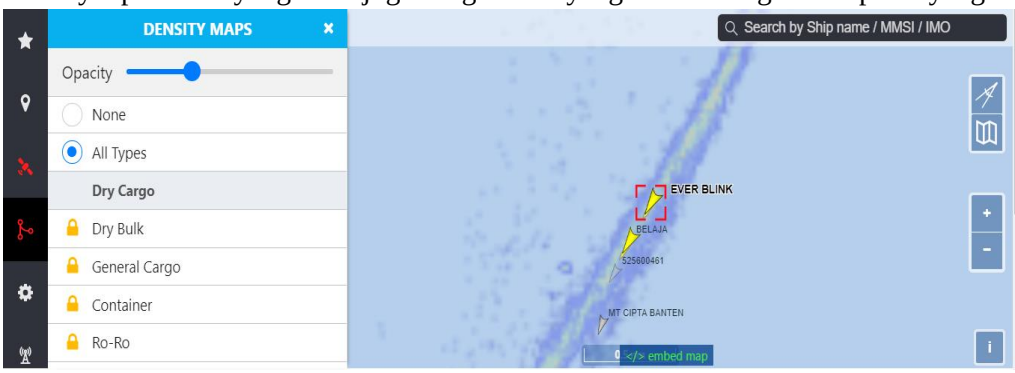
$$= \mathbf{0,031124424}$$

4. Perhitungan peluang tubrukan kapal dapat dihitung dengan rumus:

$$N_a = N_m \times P_a$$
$$= 3,2 \times 0,031124424$$
$$= 0,099598156 \text{ accident/year}$$

4.4.2. Overtaking

Overtaking Collision merupakan kondisi dimana dua kapal atau lebih berlayar pada rute yang sama juga dengan arah yang namun dengan kecepatan yang



berbeda. Kecelakan terjadi saat kapal dengan kecepatan yang lebih tinggi mencoba untuk menyusul kapal lainnya. Untuk skenario tubrukan kapal secara *overtaking* yakni antara kapal bulk carrier "Belaja" dengan kapal kontainer "Ever Blink" yang melintas pada jalur yang sama dan juga dengan arah yang sama.

Gambar 19 Kapal yang Memiliki Peluang Tubrukan Secara *Overtaking*
Sumber: (Vesselfinder,2020)

Tabel 7 Data *Target* Ship untuk Skenario Overtaking

Target Ship			
Belaja			
L	=	200	m
B	=	32	m
V	=	11.8	knot
Jenis	=	Bulk Carrier	
Nomor IMO	=	9873280	

Sumber: (Fleetmon,2020)

Tabel 8 Data *Own* Ship untuk Skenario Overtaking

Own Ship			
Ever Blink			
L	=	211	m
B	=	33	m
V	=	12.4	knot
Jenis	=	Container	
Nomor IMO	=	9790098	

Sumber: (Fleetmon,2020)

1. Mencari nilai dari kepadatan lalu lintas pada suatu alur pelayaran ($\boldsymbol{\rho}$) dapat diketahui dengan menggunakan persamaan:

$$\boldsymbol{\rho} = \frac{\boldsymbol{N_m}}{\boldsymbol{V_1 \times W}}$$

$$= \frac{\mathbf{3,2}}{\mathbf{6,38 \times 150}}$$

$= 0{,}003343783$ ships/m²

2. Mengestimasi peluang tubrukan yang terjadi pada suatu lintasan, dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\boldsymbol{N_i} = \frac{(\boldsymbol{B_1} + \boldsymbol{B_2})}{\boldsymbol{W}} \times \frac{(\boldsymbol{V_1} + \boldsymbol{V_2})}{\boldsymbol{V_1 \times V_2}} \times \boldsymbol{D} \times \boldsymbol{N_m}$$

$$= \frac{(33 + 32)}{150} \times \frac{(6{,}38 + 5{,}97)}{6{,}38 \times 5{,}97} \times 45600 \times 3{,}2$$

$= 20502{,}59658$

3. Mencari nilai *probability of accident* ($\boldsymbol{P_a}$) tubrukan secara *overtaking* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\boldsymbol{P_a} = \boldsymbol{N_i} \times \mathbf{P_c}$$

$$= \mathbf{20502,59658} \times \mathbf{0,00000392892}$$

$$= \mathbf{0,080553062}$$

4. Perhitungan peluang tubrukan kapal dapat dihitung dengan rumus:

$$\boldsymbol{N_a} = \boldsymbol{N_m} \times \mathbf{P_a}$$

$$= \mathbf{3,2} \times \mathbf{0,080553062}$$

$= \mathbf{0,257769798}$ accident/year

4.4.3. Crossing

Crossing collision merupakan skenario tubrukan dimana kapal yang memiliki arah gerak berpotongan dengan jalur kapal lain pada suatu persimpangan kemudia bertubrukan. Untuk skenario tubrukan kapal secara *crossing* yakni antara kapal kontainer "Ever Beady" dengan kapal general cargo "CMA CGM Georgia" yang keluar dari Pelabuhan di Gresik dengan kapal tanker "MT Swordfish 8" yang memasuki Alur Pelayaran Barat Surabaya.

Gambar 20 Kapal yang Memiliki Peluang Tubrukan Secara *Overtaking*
Sumber: (Vesselfinder,2020)

Tabel 9 Data *Target* Ship untuk Skenario Crossing

Target Ship			
CMA CGM Georgia			
L	=	294	M
B	=	32	M
V	=	12.1	knot
Jenis	=	Container	
Nomor IMO	=	9351127	

Sumber: (Fleetmon,2020)

Tabel 10 Data *Own* Ship untuk Skenario Crossing

Own Ship			
MT Swordfish 8			
L	=	65	M
B	=	10	M
V	=	5.3	knot
Jenis	=	Tanker	
Nomor IMO	=	9031832	

Sumber: (Fleetmon,2020)

1. Mencari nilai dari kepadatan lalu lintas pada suatu alur pelayaran ($\boldsymbol{\rho}$) dapat diketahui dengan menggunakan persamaan:

$$\boldsymbol{\rho} = \frac{\boldsymbol{N_m}}{\boldsymbol{V_1 \times W}}$$
$$= \frac{\boldsymbol{3,2}}{\boldsymbol{6,22 \times 150}}$$

= 0,003429796 ships/m²

2. Mengestimasi peluang tubrukan yang terjadi pada suatu lintasan, dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\boldsymbol{P_i} = \frac{\boldsymbol{N_m}}{\boldsymbol{V_1 \times V_2}} + [(\boldsymbol{B_1 + L_2}) \times \boldsymbol{V_1} + (\boldsymbol{B_2 + L_1}) \times \boldsymbol{V_2}]$$

$$= 0{,}003429796 + [(32 + 65) \times 6{,}22 + (10 + 294) \times 2{,}73]$$
$$= 270{,}0983475$$

3. Mencari nilai *probability of accident* ($\boldsymbol{P_a}$) tubrukan secara *crossing* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\boldsymbol{P_a} = \boldsymbol{P_i} \times \mathbf{P_c}$$
$$= \boldsymbol{270{,}0983475} \times \boldsymbol{0{,}0000132}$$
$$= \boldsymbol{0{,}003565298}$$

4. Perhitungan peluang tubrukan kapal dapat dihitung dengan rumus:

$$\boldsymbol{N_a} = \boldsymbol{N_m} \times \mathbf{P_a}$$
$$= \boldsymbol{3,2} \times \boldsymbol{0{,}003565298}$$
$$= \boldsymbol{0{,}011408954}$$ accident/year

4.4.4. Jumlah Total FrekuensI Tubrukan Kapal

Besarnya dampak dari kecelakaan kapal dan seberapa sering itu terjadi, maka peluang terjadinya tubrukan akan semakin besar. Dari penjelas mengenai peluang tubrukan dengan tiga tipe tubrukan, yaitu: head-on, overtaking dan juga crossing, maka total peluang tubrukan dapat dihitung dengan cara:

$$\boldsymbol{N_a} = \boldsymbol{N_{a\,Head\,on}} + \boldsymbol{N_{a\,Overtaking}} + \boldsymbol{N_{a\,Crossing}}$$
= 0,099598156 acc/year + 0,257769798 acc/year + 0,011408954 acc/year
= 0,368776908 accident/year

Berdasarkan indeks probabilitas, frekuensi tubrukan kapal yang terjadi pada APBS (Alur Pelayararan Barat Surabaya) dikategorikan sebagai *probable*.

4.4. Konsekuensi Tubrukan Kapal

Estimasi *transferred energy* dari tubrukan overtaking antara dua kapal yakni yakni antara kapal bulk carrier "Belaja" dengan kapal kontainer "Ever Blink" yang melintas pada jalur yang sama dan juga dengan arah yang sama.

Tabel 11 Data *Target* Ship

Striking Ship			
Belaja			
L	=	200	m
B	=	32	m
V	=	11.8	knot
Deadweight	=	61352	tons
Jenis	=	Bulk Carrier	
Nomor IMO	=	9873280	

Sumber: (Fleetmon,2020)

Tabel 12 Data *Own* Ship

Struck Ship			
Ever Blink			
L	=	211	M
B	=	33	M
V	=	12.4	knot
Deadweight	=	36972	tons
Jenis	=	Container	
Nomor IMO	=	9790098	

Sumber: (Fleetmon,2020)

4.4.1. Transferred Energy

Faktor kritikal dari *structure damage* adalah *transferred energy* yang dipengaruhi oleh *lost kinetic energy* dan jua massa dari kedua kapal yang terlibat tubrukan. Dari data kapal dari skenario tubrukan secara overtaking, maka nila dari *transferred energy*:

$$E_I = \frac{61352 \,.\, 36972(1+0.21)}{2(61352+36972(1+0.21))} \,.\, (5.97 \,.\, \sin 10)^2$$

$$= 13.9 \text{ MJ}$$

$$E_{t2} = E_I \times \left(\frac{1}{1+m_1/m_2}\right)$$

$$= 13.9 \text{ x } 0.38$$

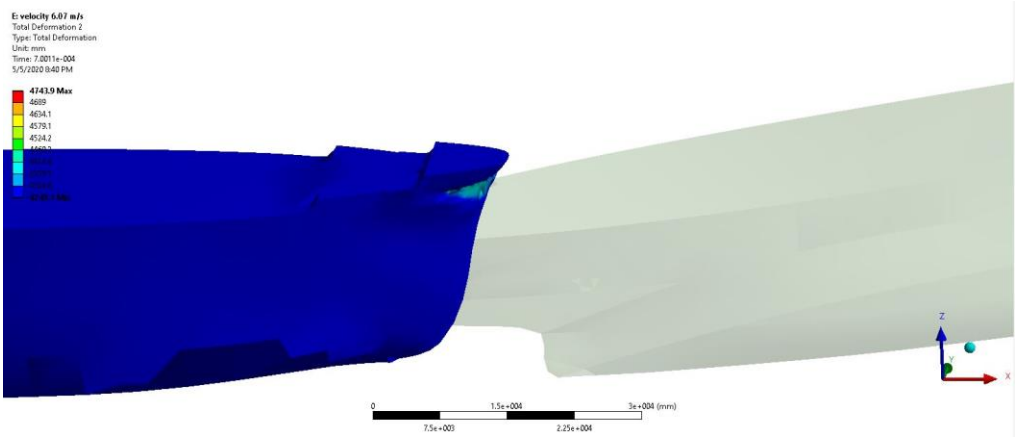
$$= 5.23 \text{ MJ}$$

4.4.2. Finite Element Analysis of Ship Collision

Analisa terhadap structure damage yang merupakan konsekuensi dari tubrukan kapa yang terjadi dilakukan dengan menggunakan Ansys explicit dynamics analysis. Skenario overtaking dipilih karena memiliki nilai frekuensi teringgi. Asumsi dari kondisi awal dibutuhkan untuk menganilisa, yaitu:

- *Velocity* = 6,070444 m/s
- *Hydrostatic Pressure*
  - *a. Density* = 1,025 kg/m^3
  - *b. Acceleration* = 9,81 m/s^2

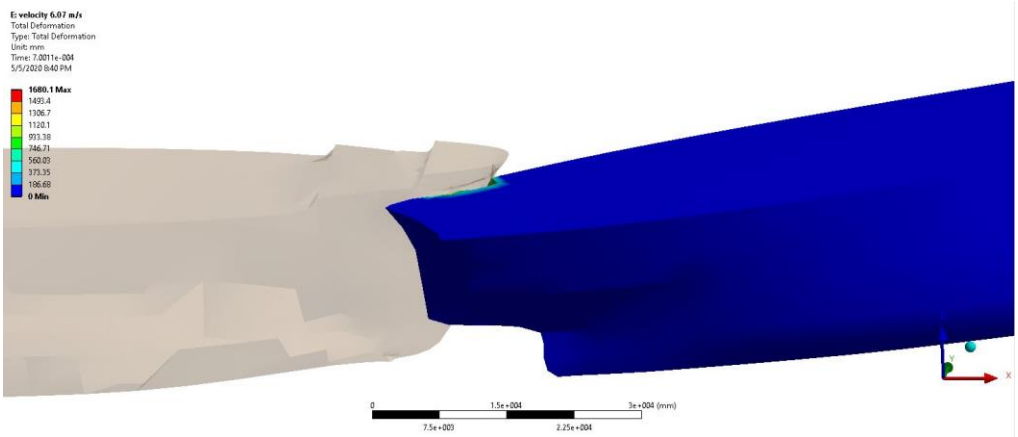
4.4.2.1. Deformasi Total dari Kapal yang Menubruk



Gambar 21 Total Deformasi Kapal yang Menubruk

- Nilai maksimal dari deformasi total = 4,7439 m
- Nilai minimum dari deformasi total = 4,2497 m

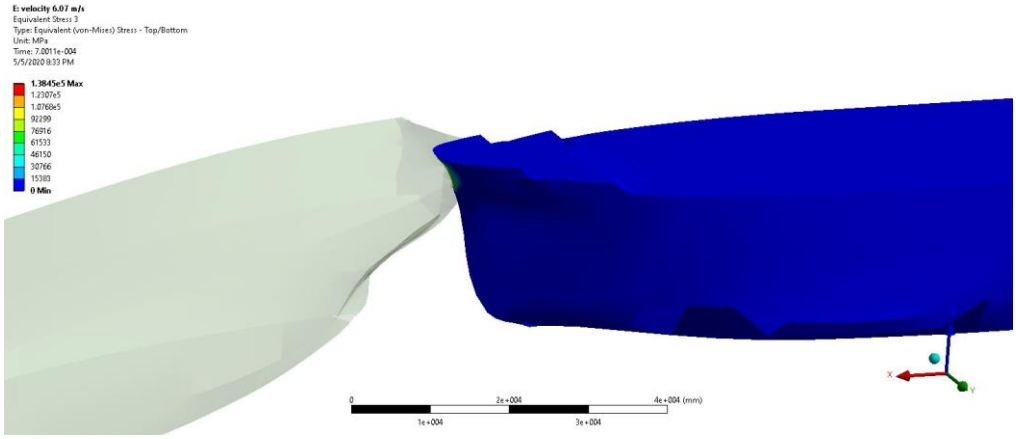
4.4.2.2. Deformasi Total dari Kapal yang Ditubruk



Gambar 22 Total Deformasi Kapal yang Ditubruk

- Nilai maksimal dari deformasi total = 1,6801 m
- Nilai minimum dari deformasi total = 0 m

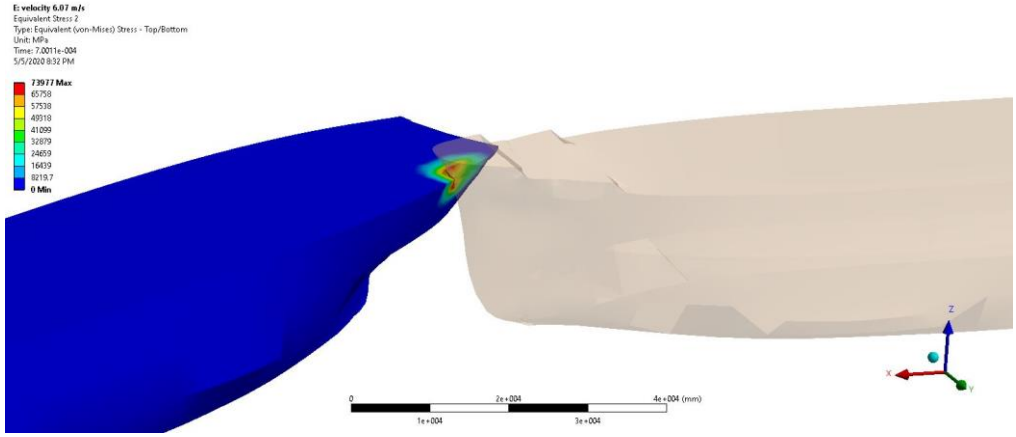
4.4.2.3. *Equivalent Stress* dari Kapal yang Menubruk



Gambar 23 *Equivalent Stress* Kapal yang Ditubruk

- Nilai maksimal dari *equivalent stress* = 1,38 MPa
- Nilai minimum dari *equivalent stress* = 0 MPa

4.4.2.4. *Equivalent Stress* dari Kapal yang Ditubruk



Gambar 24 *Equivalent Stress* Kapal yang Ditubruk

- Nilai maksimal dari *equivalent stress* = 73977 MPa
- Nilai minimum dari *equivalent stress* = 0 MPa

4.4.3. Repair Cost Calculation

Total area kerusakan dari skenario kapal yang terlibat dalam tubrukan secara overtaking dengan menggunakan Ansys adalah 21,98 m². Proses perbaikan menggunakan jasa docking dikarenakan bagian yang rusak berada di atas sarat air. Biaya perbaikan harus dihitung untuk menentukan total kerugian biaya yang disebabkan oleh tubrukan kapal karena ihal tersebut berdampak pada pendapatan dari kedua pihak. Total biaya perbaikan dapat dinyatakan sebagai:

$$Total\ Repair\ Cost = Material\ Cost + Employment\ Cost \quad (4.3)$$

4.4.3.1. Material Cost

Berdasarkan perhitungan tebal plat sisi yang mengacu pada BKI (Biro Klasisfikasi Indonesia) untuk kapal yang berukuran lebih dari sama dengan 90 m, maka didapatkan tebal plat haluan kapal yang menubrukan dan juga tebal plat buritan kapal yang ditubruk yaitu 10 mm. Di dalam penilitia ini, material cost meliputi biaya *replating, sandblasting, dan coating.* Sesuai dengan kondisi dilapangan, untuk harga pelat yang digunakan yakni Rp 20.000/Kg (Nusantara, 2019).

Setelah mengetahui harga dan berat pelat per 1 Kg (kilogram), selanjutnya berat total pelat 10 adalah 1725,567457 Kg dengan massa jenis pelat 7850 Kg/ m³. Setelah mendapat total berat material yang harus di replating, selanjutnya bisa mengetahui banyaknya biaya yang harus dikeluarkan dalam proyek replating, berikut perhitungan biaya kebutuhan material yang dibutuhkan dalam proyek replating adalah sebagai berikut:

Biaya pelat = Berat total x Harga material per 1 Kg (4.4)

Biaya pelat 10 mm = 1725,57 Kg x Rp. 5.000,-/Kg

Biaya pelat 10 mm = Rp8.627.837,00

Untuk biaya proses sandblasting diasumsikan menggunanakan jasa pihak ketiga dengan biaya Rp. 95.000/m² yang sudah termasuk dengan biaya jasa, peralatan, dan pasir yang akan digunakan.

Biaya sanblasting = Luas total x Harga sanblasting per m² (4.5)

= 21,98 m² x Rp. 95.000/m²

= Rp2.088.266,00

Untuk biaya proses painting meliputi biaya untuk kebutuh cat primer, anti corrosion, dan anti fouling. Dalam penilitin ini, proses painting dengan menggunakan merek Jotun dengan nilai TSR (Theoritical Spreading Rate) yang digunakan pada untuk bagian top side adalah:

- Cat Primer (Jotun Penguard Primer) = 6,82 m²/l
- Anti Corrosion (Jotacote Unversal N10) = 7,2 m²/l

- Anti Fouling (Jotun Sea Force 30) = 4,71 m²/l

Dengan menggunakan koefisien (Cf) sebesar 1,5, maka total kebutuhan untuk proses painting (dengan thinner) adalah sebagai berikut:

Kebutuhan cat primer $= \frac{\text{A}}{\text{TSR}} \times Cf$ (4.6)

$= \frac{21{,}98\ \text{m}^2}{\mathbf{6{,}82\ m^2/l}} \times 1{,}5$

= 4,834695979 Liter

Kebutuhan anti corrosion $= \frac{\text{A}}{\text{TSR}} \times Cf$ (4.7)

$= \frac{21{,}98\ \text{m}^2}{\mathbf{7{,}2\ m^2/l}} \times 1{,}5$

= 4,579531469 Liter

Kebutuhan anti fouling $= \frac{\text{A}}{\text{TSR}} \times Cf$ (4.8)

$= \frac{21{,}98\ \text{m}^2}{\mathbf{7{,}2\ m^2/l}} \times 1{,}5$

= 4,579531469 Liter

Kebutuhan thinner = 5 % × kebutuhan cat tiap liter/ $\mathbf{m^2}$ (4.9)

Tabel 13 Kebutuhan Thinner untuk Proses Painting

Jenis Cat	Luas Permukaan (m^2)	Kebutuhan Cat (Liter)	Kebutuhan Thinner (Liter)
Primer	21,98	4,83469598	0,010997944
Anti Corrosion	21,98	4,57953147	0,010417497
Anti Fouling	21,98	7,00055766	0,015924835
Total			0,037340275

Setelah diketahui kebutuhan cat (dengan thinner) untuk proses painting, maka biaya total yang dibutukan untuk proses painting dapat dilihat pada tabel 14.

Tabel 14 Total Biaya Proses Painting

Jenis Cat	Biaya	Keterangan
Primer	Rp874.500	min. pembelian 5 liter =Rp874.500
Anti Corrosion	Rp3.449.600	min. pembelian 20 liter = Rp3.449.600
Anti Fouling	Rp1.173.000	min. pembelian 5 liter = Rp586.500
Total	Rp5.497.100	

4.4.3.2. Employment Cost

Biaya tenaga kerja adalah biaya yang dikeluarkan sebagai akibat pemanfaatan tenaga kerja dalam melakukan suatu pekerjaan/produksi. Pada penilitian ini, proses perbaikan menggunakan 16 tenaga kerja, diantaranya 4 welder, 4 fitter dan 8 helper, dengan waktu pengerjaan proyek replating tersebut adalah 12 hari dengan berat total pelat 1725,57 Kg. Biaya tenaga kerja untuk perkilonya yakni Rp. 5.000 dengan persentase pembagian: 30 % welder, 30 % fitter, dan 40 % untuk helper(Teknik *et al.*, 2019).

Biaya tenaga kerja = Berat total pelat x Gaji per Kg (4.10)

= 1725,57 Kg x Rp. 5.000/Kg

= Rp8.627.837,00

Tabel 15 Total Biaya Tenaga kerja

Tenaga Kerja	Gaji
Welder	Rp2.588.351
Fitter	Rp2.588.351
Helper	Rp3.451.135
Total	Rp8.627.837

4.4.3.3. Total Repair Cost

Biaya total perbaikan pada penilitian ini diperoleh dari penambahan biaya kebutuhan material dan biaya tenaga kerja, adalah sebagai berikut:

$$Total\ Repair\ Cost = Material\ Cost + Employment\ Cost \quad (4.11)$$

= (Pelat+*Sandblasting*+*Painting*) + *Employment*

= Rp16.213.204,00+ Rp8.627.837,00

= Rp24.841.041

Biaya total perbaikan tersebut merupakan biaya minimal dikarenakan dalam perhitungan tersebut tidak termasuk kerugiaan pada jam operasional kapal yang

berkurang karena proses reparasi dan tentunya hal tersebut secara tidak langsung akan berdampak pada reputasi dari perusahaan pemilik kapal.

4.5. Risk Matrix

Dari frekuensi tubrukan dan juga konsekuensi yang telah didapat melalui perhitungan, maka selanjutnya akan direprensentasikan melalui matrix risiko yang nanti akan menunjukan tingkat risiko tubrukan di Alur Pelayaran Barat Surabaya. Dalam penelitian ini, indeks risiko yang diperoleh didasarkan pada matriks risiko AN / NZS 4360: 1999.

Risk Matrix		Consequence				
		Insignificant	Minor	Moderate	Major	Catastrophic
Frequency	Frequent	H	H	E	E	E
	Probable	M	H	H	E	E
	Occasional	L	M	H	E	E
	Remote	L	L	M	H	E
	Improbable	L	L	M	H	H

Tabel 16 Representasi dari Risiko Tubrukan Kapal di Alur Pelayaran Barat Surabaya

Kesimpulan untuk matriks risiko ini, frekuensi yang diklasifikasikan sebagai probable dan konsekuensi yang diklasifikasikan sebagai minor, risiko tabrakan kapal di Saluran Akses Barat Surabaya diklasifikasikan sebagai *high risk* area. Area dengan high risk harus dimitigasi untuk mencegah kecelakaan.

Risk matrix merupakan kombinasi antara frekuensi tubruka kapal dengan konsekuensi dari tubrukan kapal yang terjadi yakni konsekuensi terhadap property yakni kapal yang terlibat dalam tubrukan. Frekuensi dan konsekuensi terbagi menjadi lima kriteria seperti yang terdapat pada tabel 17 dan 18.

Tabel 17 *Probability Index*

Probability Index	*Frequency*	*Definition*
Frequent	> 0.5	Will occur frequently
Probable	0.5-0.05	May occur several times
Occasional	0.05-0.005	Likely to occur during lifetime
Remote	0.005-0.0005	Unlikely to occur during lifetime
Improbable	< 0.0005	Event so unlikely, may never be experience

Sumber: DNV.2003.Risk Management in
Marine & Subsea Operation, Veritasvein, Norway

Tabel 18 *Consequence Index*

Consequence categories	*Loss Cost*
Insignificant	< $ 1,000
Minor	< $ 10,000
Moderate	< $ 100,000
Major	< $ 1,000,000
Catastrophic	≥$ 1,000,000

Sumber: AN/NZS 4360:1999

Standar yang digunakan sebagai acuan untuk definisi indeks dari konsekuensi adalah AS/NZS 4360:1999 yang merupakan standar dari Australia yang bisa digunakan untuk penilitian ini, sesuai dengan lampiran pada bagian appendix A bagian A2 yang mengatakan bahwa standar tersebut bisa diaplikasikan pada penilitan mengenai transportasi, baik air, darat, dan juga udara.

4.6. Risk Control Option

Melalui matriks risiko diketahui jika risiko tubrukan kapal di Alur Pelayaran barat Surabaya berada pada level *high risk*. Oleh karena itu, dibutuhkan langkah – langkah mitigasi yang bertujuan untuk mengurangi frekuensi dan konsekuensi dari tubrukan kapal. RCOs dikelompokan menjadi tiga kelompok berdasarkan pada faktor yang mempengaruhi peluang terjadinya tubrukan kapal, yaitu *waterway, vessel* dan *human factor*(Lützen, 2001).

Tabel 19 *Risk Control Option*

RCO	Faktor	Penyebab	Langkah Pengurangan Frekuensi
1	*Waterway System*	*High ship density*	Pelebaran alur pelayaran (menjadi 200 m)
2	*Vessel*	*Unsafe speed*	Penerapan Batas Kecepatan
3	*Human Factor*	Kelelahan dan konsi tidak fit	Pemeriksaan kesehatan untuk semua kru kapal sebelum unmooring
		Alkohol	*Breath alcohol test* untuk semua kru kapal sebelum unmooring

4.7. Cost Benefit Assessment

Langkah selajutnya dari *formal safety assessment* yaitu *cost benefit assessment* yang bertujuan untuk membandingkankeuntungan dari diterapkannya masing – masing *risk control option* dengan biaya yang dikeluarkan untuk menerapkan *risk control assessment.*

4.7.1. Cost

a. Pelebaran Alur Playaran Barat Surabaya dari 150 m menjadi 200 m

Tabel 20 Total Biaya Pelebaran Alur

No	RCOs	Kuantitas	Satuan	Biaya	Total Biaya
1	Pelebaran alur pelayaran (menjadi 200 m)	28340000	m^3	Rp520.253	Rp14.743.981.554.380

b. Penerapan Batas Kecepatan

Tabel 21 Total Biaya Riset Mengenai Batas Kecepatan

No	RCOs	Kuantitas	Satuan	Biaya	Total Biaya
1	Penilitian mengenai *speed limit*	-	-	Rp100.000.000	Rp100.000.000

c. Pemeriksaan Kesehatan dan *Breath Alcohol Test*

Tabel 22 Total Biaya Riset Mengenai Batas Kecepatan

No	RCOs	Kuantitas	Satuan	Biaya	Total Biaya
1	Tenaga medis	1	orang	Rp1.880.000	Rp699.360.000
2	Alat ukur *breath alcohol tester*	1	item	Rp117.000	Rp117.000

4.7.2. Benefit

a. Pelebaran Alur Playaran Barat Surabaya dari 150 m menjadi 200 m

Tabel 23 Total Keuntungan Pelebaran Alur

No	RCOs	Kuantitas	Keuntungan	Total keuntungan
1	Mengurangi frekuensi tubrukan kapal	2	Rp24.841.041	Rp102.025.106
2	Pelayanan kapal	31	Rp486.180.000.000	Rp15.071.580.000.000

b. Penerapan Batas Kecepatan

Tabel 24 Total Keuntungan Penerapan Batas Kecepatan

No	RCOs	Kuantitas	Keuntungan	Total keuntungan
1	Mengurangi frekuensi tubrukan kapal	3	Rp24.841.041	Rp74.523.123

c. Pemeriksaan Kesehatan dan *Breath Alcohol Test*

Tabel 25 Total Biaya Riset Mengenai Batas Kecepatan

No	RCOs	Kuantitas	Keuntungan	Total keuntungan
1	Mengurangi frekuensi tubrukan kapal	3	Rp24.841.041	Rp74.523.123

4.7.3. Gross Cost of Averting a Fatality (GCAF) and Net Cost of Averting a Fatality (NCAF)

Cost of Averting a Fatality digunakan untuk menentukan peringkat RCO menggunakan perspektif biaya yang nantinya untuk memfasilitasi pengambilan keputusan untuk tahap akhir, yaitu rekomendasi.

Tabel 26 GCAF dan NCAF

RCO	ΔR	ΔC ($m)	ΔB ($m)	ΔC - ΔB ($m)	GCAF ($m)	NCAF ($m)
1	0,089377	963,36	984,77	-21,412	10778,6	-239,565829
2	0,244015	0,0065	0,0049	0,0017	0,02678	0,00682187
3	0,118009	0,0457	0,0049	0,0408	0,38729	0,3460249

Hasil *Net Cost of Averting a Fatality (NCAF)* yang negatif, hal terseut menunjukan bahwa keuntungan yang didapatkan dari implimentasi RCO lebih besar daripada biaya yang dikeluarkan. Semakin kecil nilai NCAF suatu RCO, maka RCO tersebut lebih diprioritaskan untuk diterapkan.

4.8. Recommendation

Langkah terakhir dari formal safety assessment adalah membuat Langkah mitigasi untuk mengurangi risiko terjadi kecelakaan di Alur pelayaran Barat Surabaya. Dalam 31 tahun kedepan setelah penerapan risk control option yang disarankan yang berdasarkan pada hasil *Cost Benefit Assessment*, diketahui bahwa RCOs yang dapat digunakan adalah RCO 1 dan 2, berikut beberapa rekomendasi yang disarakan:

1. Pelebaran Alur Pelayaran Barat Surabaya dari 150 m menjadi 200 m. Manfaat dari revitalisasi tidak hanya untuk mengurangi frekuensi tubrukan kapal 0,089377 accident/year, tetapi juga dapat meningkatkan keuntungan dari pilotage sebesar 33%.
2. Penerapan batas kecepatan dapat mengurangi frekuensi tubrukan kapal sebesar 0.244015 accident/year. Manfaat dari penerapan batas kecepatan tidak hanya untuk mengurangi frekuensi tabrakan kapal tetapi juga mengurangi konsumsi bahan bakar kapal dan secara tidak langsung akan mengurangi emisi SOx dan NOx.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Hasil dari Analisa tubrukan kapal di Alur Pelayaran Barat Surabaya dengan menggunakan Formal Safaty Assessment, dapat disimpulkan bahwa:

1. Hasil perhitungan frekuensi tubrukan kapal di Alur Pelayaran Barat Surabaya dengan menggunakan Traffic Based Model adalah sebagai berikut:
   - Head on = 0.0996 acc/year
   - Overtaking = 0.2578 acc/year
   - Crossing = 0.0114 acc/year
2. Nilai dari *total deformation* dari tubrukan kapal yang terjadi secara overtaking dengan menggunakan ANSYS:
   - Kapal yang menubruk:
     a. Nilai maksimal dari deformasi total = 4,7439 m
     b. Nilai minimum dari deformasi total = 4,2497 m
   - Kapal yang ditubruk:
     a. Nilai maksimal dari deformasi total = 1,6801 m
     b. Nilai minimum dari deformasi total = 0 m

   Nilai dari *equivalent stress* dari tubrukan kapal yang terjadi secara overtaking dengan menggunakan ANSYS:
   - Kapal yang menubruk:
     c. Nilai maksimal dari *equivalent stress* = 1,38 MPa
     d. Nilai minimum dari *equivalent stress* = 0 MPa
   - Kapal yang ditubruk:
     c. Nilai maksimal dari deformasi total = 73977 MPa
     d. Nilai minimum dari deformasi total = 0 MPa

   Biaya yang harus dikeluarkan untuk proses repair akibat dari skenario tubrukan kapal yang terjadi merupakan penambahan antara biaya material yang melupiti biaya pelat, sandblasting, dan painting dengan biaya tenaga kerja adalah Rp24.841.041,00
3. Risk Control Option dibuat berdasarkan faktor-faktor yang mempengaruhi frekuensi tubrukan kapal. Faktor-faktor tersebut dikelompokan menjadi tiga kelompok utama: *waterway*, *vessel* dan *human factor*. Setelah melalui proses Cost-Benfit Assessment, maka Risk Control Option yang dipilih sebagai rekomendasi adalah pelebaran Alur Pelayaran Barat Surabaya dari 150 m menjadi 200 m yang mengurangi frekuensi tubrukan kapal 0,0893 accident/year, tetapi juga dapat meningkatkan keuntungan dari pilotage sebesar 33% dan juga penerapan batas kecepatan yang dapat mengurangi frekuensi tubrukan

kapal sebesar 0.244 accident/year, disisi lain juga dapat mengurangi konsumsi bahan bakar minyak kapal dan secara tidak langsung akan mengurangi emisi SOx dan NOx.

5.2. Saran

Dari hasil tugas akhir ini, mengurangi frekuensi tubrukan kapal dapat memberi dampak yang besar baik korban manusia maupun materi. Kerjasama antara pemerintahan, pemilik kapal, dan pihak pelabuhan sangat diperlukan untuk mendisiplinkan lalu lintas kapal di Alur Pelayaran Barat Surabaya. Menerapkan aturan-aturan berlaku khususnya alat navigasi sangat berpengaruh. Untuk penilitian sejenisa pada masa yang akan datang diharapkan adanya analisa yang lebih mendalam dengan metode analisis lainnya sebagai perbandingan untuk hasil yang lebih sempurna lagi.

DAFTAR PUSTAKA

IMO, "MSC-MEPC.2/Circ.12/Rev.2 | Revised Guidelines for FSA for use in the IMO rule-making process," vol. 44, no. 0, 2018.

B. D. Alfanda *et al.*, "METODE MINIMUM DISTANCE TO COLLISION (MDTC), TITLE : PROBABILITY OF SHIP COLLISION USING MINIMUM DISTANCE TO COLLISION (MDTC); A CASE STUDY OF SURABAYA WEST ACCESS CHANNEL (SWAC)."

S. Zhang, P. T. Pedersen, and R. Villavicencio, *Probability of ship collision and grounding*. 2019.

S. Li, Q. Meng, and X. Qu, "An Overview of Maritime Waterway Quantitative Risk Assessment Models," *Risk Anal.*, vol. 32, no. 3, pp. 496–512, 2012.

T. Chai, J. Weng, and G. Li, "Estimation of vessel collision frequency in the Yangtze River estuary considering dynamic ship domains," *J. Mar. Sci. Technol.*, no. 0123456789, 2019.

P. A. M. Silveira, A. P. Teixeira, and C. G. Soares, "Use of AIS data to characterise marine traffic patterns and ship collision risk off the coast of Portugal," *J. Navig.*, vol. 66, no. 6, pp. 879–898, 2013.

P. Antão, C. G. Scares, O. Grande, and P. Trucco, "Analysis of maritime accident data with BBN models," *Safety, Reliab. Risk Anal. Theory, Methods Appl. - Proc. Jt. ESREL SRA-Europe Conf.*, vol. 4, no. August 2015, pp. 3265–3273, 2009.

S. Nusantara, "Analisa Kebutuhan Material Sandblasting Dan Painting Pada Reparasi Pengecatan Kapal," 2019.

J. Teknik, B. Kapal, P. Perkapalan, and N. Surabaya, "ESTIMASI PERHITUNGAN KEBUTUHAN MATERIAL , BIAYA REPLATING DAN KEBUTUHAN JAM ORANG DALAM PROSES REPARASI DI PT NAJATIM (STUDI," 2019.

M. Lützen, "Ship Collision Damage," *Tech. Univ. Denmark*, no. December, 2001.

Z. Ariany, "Kajian Reparasi Pengecatan Pada Lambung Kapal (Studi Kasus Km. Kirana 3)," *Teknik*, vol. 35, no. 1, pp. 27–32, 2014.

A. K. Debnath and H. C. Chin, "Modelling Collision Potentials in Port Anchorages: Application of the Navigational Traffic Conflict Technique (NTCT)," *J. Navig.*,

vol. 69, no. 1, pp. 183–196, 2016.

Ehlers and Romanoff, *5th International Conference on Collision and Grounding of Ships June 14th - 16th 2010 Espoo , Finland*. 2010.

A. Felski, K. Jaskólski, and P. Banyš, “Comprehensive assessment of automatic identification system (AIS) data application to anti-collision manoeuvring,” *J. Navig.*, vol. 68, no. 4, pp. 697–717, 2015.

M. P. Mujeeb-Ahmed, J. K. Seo, and J. K. Paik, “Probabilistic approach for collision risk analysis of powered vessel with offshore platforms,” *Ocean Eng.*, vol. 151, no. February 2017, pp. 206–221, 2018.

T. Nyman, M. Porthin, and S. Karppinen, “Collision and grounding frequency analyses in the Gulf of Finland,” p. 32, 2010.

X. Qu, Q. Meng, and L. Suyi, “Ship collision risk assessment for the Singapore Strait,” *Accid. Anal. Prev.*, vol. 43, no. 6, pp. 2030–2036, 2011.

P. Silveira, A. P. Teixeira, and C. G. Soares, “Assessment of ship collision estimation methods using AIS data,” *Marit. Technol. Eng. - Proc. MARTECH 2014 2nd Int. Conf. Marit. Technol. Eng.*, vol. 1, no. August 2015, pp. 195–204, 2015.

S. Suman et al, V. Nagarajan, O. P. Sha, S. Khanfir, E. Kobayashi, and A. M. bin Abdul Malik, “Ship collision risk assessment using AIS data,” *Int. J. Innov. Res. Dev.*, vol. 1, no. 10, pp. 509–524, 2012.

J. Weng, Q. Meng, and X. Qu, “Vessel collision frequency estimation in the Singapore Strait,” *J. Navig.*, vol. 65, no. 2, pp. 207–221, 2012.

M. B. Zaman, A. Santoso, E. Kobayashi, N. Wakabayashi, and A. Maimun, “Formal Safety Assessment (FSA) for Analysis of Ship Collision Using AIS Data,” *TransNav, Int. J. Mar. Navig. Saf. Sea Transp.*, vol. 9, no. 1, pp. 67–72, 2015.

DAFTAR TYPE KAPAL YANG MASUK DAN KELUAR SURABAYA
TAHUN 2019

NO	BULAN	KAPAL MASUK	KAPAL KELUAR	KARGO	PENUMPANG	TANKER	TUG BOAT	HSC	OTHER
1	JANUARI	960	982	1106	347	282	60	13	134
2	PEBRUARI	760	860	947	346	216	39	3	69
3	MARET	1050	1087	1260	385	299	67	3	123
4	APRIL	1068	1075	1236	378	282	88	14	145
5	MEI	1177	1232	1317	453	337	145	10	147
6	JUNI	1012	987	908	434	299	138	28	192
7	JULI	1243	1302	1281	429	344	214	20	257
8	AGUSTUS	1227	1239	1277	443	345	245	6	150
9	SEPTEMBER	1271	1341	1290	431	365	360	13	153
10	OKTOBER	1357	1379	1297	500	367	386	19	167
11	NOPEMBER	1345	1390	1291	453	390	368	26	207
12	DESEMBER	1366	1402	1322	497	349	360	34	206
	TOTAL	**13,836**	**14,276**	**14,532**	**5,096**	**3,875**	**2,470**	**189**	**1,950**

Surabaya, 02 Januari 2020
KEPALA VTS SURABAYA

FRENCY OSCAR WIDAGDO
Penata / III-c
Nip.19730410 199403 1 005

DATA KECELAKAAN KAPAL

TAHUN 2013

NO.	TANGGAL	LOKASI	JENIS KECELAKAAN					KORBAN (Meninggal/ Hilang)	NAMA KAPAL TERLIBAT	JENIS KAPAL					UKURAN (GT)	KETERANGAN
			TUB	BAK	KAN	TEN	KL			KM	MT	KLM	TB	TK		
1.	06-03-2013	Dermaga Ujung - Kamal	√					0	1. KM. JAYA MANGGALA	√					698	Tidak tenggelam
									2. KMP. SELAT MADURA II	√					209	Tidak tenggelam
2.	24-03-2013	Rede Buoy 10	√					0	1. ISA WINNER	√					7.145	Tidak tenggelam
								0	2. KM. SEGORO MAS	√					2.999	Tidak tenggelam
3.	09-05-2013	Tambatan Jamrud	√						1. MV. VINALES OCEAN	√					15.884	Tidak tenggelam
								0	2. MV. ATRO -2	√					25.072	Tidak tenggelam
	TOTAL		**3**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**		**6**	**0**	**0**	**0**	**0**		

TAHUN 2014

NO.	TANGGAL	LOKASI	JENIS KECELAKAAN					KORBAN (Meninggal/ Hilang)	NAMA KAPAL TERLIBAT	JENIS KAPAL					UKURAN (GT)	KETERANGAN
			TUB	BAK	KAN	TEN	KL			KM	MT	KLM	TB	TK		
1.	31-01-2014	Rede Buoy 10	√					0	1. KM. TANTO HARI	√					5931	Tenggelam dan Sudah diangkat
									2. MT. SIRIUS		√				2090	Tidak tenggelam
2.	01-04-2014	Rede Buoy 10	√					0	1. KM. JOURNEY	√					2772	Tenggelam dan Sudah diangkat
								0	2. KM. LAMBELU	√					14649	Tidak tenggelam
									3. FATIMA II	√					4909	Tidak tenggelam
3.	13-05-2014	Rede Buoy 10			√			0	KM. ELEGANCE	√					2486	Kandas
	TOTAL		**2**	**0**	**1**	**0**	**0**	**0**		**5**	**1**	**0**	**0**	**0**		

TAHUN 2015

NO.	TANGGAL	LOKASI	JENIS KECELAKAAN					KORBAN (Meninggal/ Hilang)	NAMA KAPAL TERLIBAT	JENIS KAPAL					UKURAN (GT)	KETERANGAN
			TUB	BAK	KAN	TEN	KL			KM	MT	KLM	TB	TK		
1	28-06-2015	APBS sekitar *Bouy* 6	√					0	1. MT. NAVIGATOR ARIES		√				18311	Tidak tenggelam
									2. MV. LEO PERDANA	√					27104	Tidak tenggelam
2	29-06-2015	Rede *Bouy* 5		√				0	KM. MERATUS SUMBAWA 1	√					3256	Tidak tenggelam
3	28-10-2015	Pintu kolam dermaga	√					0	1. KM. MERATUS KAMPAR	√					6626	Tidak tenggelam
		dalam (Jamrud)							2. MV. PRINCESS ROYAL	√					43.649	Tidak tenggelam
4	15-11-2015	Rede Sekitar *bouy* 10		√				0	KM. NEW GLORY	√					2354	Tidak tenggelam
5	16-11-2015	APBS (depan dermaga				√		0	KM. WIHAN SEJAHTERA	√					9786	Tenggelam dan Sudah diangkat
		T. Lamong)														
	TOTAL		**2**	**2**	**0**	**1**	**0**	**0**		**6**	**1**	**0**	**0**	**0**		

TAHUN 2016

NO.	TANGGAL	LOKASI	JENIS KECELAKAAN					KORBAN (Meninggal/ Hilang)	NAMA KAPAL TERLIBAT	JENIS KAPAL					UKURAN (GT)	KETERANGAN
			TUB	BAK	KAN	TEN	KL			KM	MT	KLM	TB	TK		
1.	15-07-2016	Perairan APBS	√					0	1. KM. GEORGIA SEJAHTERA	√					5532	Tidak tenggelam
									2. KM. INTAN DAYA 9	√					2998	Tidak tenggelam
2	30-07-2016	Rede *Bouy* 26		√		√			KM. KM. ISE BARU	√					668	Tenggelam dan belum diangkat
	TOTAL		**1**	**1**	**0**	**1**	**0**	**0**		**3**	**0**	**0**	**0**	**0**		

TAHUN 2017

NO.	TANGGAL	LOKASI	JENIS KECELAKAAN					KORBAN (Meninggal/ Hilang)	NAMA KAPAL TERLIBAT	JENIS KAPAL					UKURAN (GT)	KETERANGAN
			TUB	BAK	KAN	TEN	KL			KM	MT	KLM	TB	TK		
1.	04-10-2017	Perairan Bouy 4			√	√		0	KM. KTC - 1	√					2.200	Tenggelam dan Sudah diangkat
	TOTAL		**0**	**0**	**1**	**1**	**0**	**0**		**1**	**0**	**0**	**0**	**0**		

TAHUN 2018

NO.	TANGGAL	LOKASI	JENIS KECELAKAAN					KORBAN (Meninggal/ Hilang)	NAMA KAPAL TERLIBAT	JENIS KAPAL					UKURAN (GT)	KETERANGAN
			TUB	BAK	KAN	TEN	KL			KM	MT	KLM	TB	TK		
1.	02-12-2018	Laut Jawa		√				3	KM. GERBANG SAMUDRA 1	√					3.497	Kandas
		± 18 Utara P. Kr. Jamuang														
	TOTAL		**0**	**1**	**0**	**0**	**0**	**3**		**1**	**0**	**0**	**0**	**0**		`

TAHUN 2019

NO.	TANGGAL	LOKASI	JENIS KECELAKAAN					KORBAN (Meninggal/ Hilang)	NAMA KAPAL TERLIBAT	JENIS KAPAL					UKURAN (GT)	KET
			TUB	BAK	KAN	TEN	KL			KM	MT	KLM	TB	TK		
1	22-08-2019	Perairan Laut Jawa		√				6	KM. SANTIKA NUSANTARA	√					10,707	Tidak tenggelam
		(Tenggara P. Masalembu)														
2	26-11-2019	Area Labuh APBS		√				0	KM. TANTO CERIA	√					3.461	Tidak tenggelam
		(07º06.87'S - 112º39.78'E)														
	TOTAL		**0**	**1**	**0**	**0**	**0**	**6**		**2**	**0**	**0**	**0**	**0**		

Keterangan :

TUB : Tubrukan
BAK : Terbakar
KAN : Kandas
TEN : Tenggelam
KL : Kejadian lain yang menyebabkan terancamnya jiwa atau kerugian harta benda

KM : Kapal Motor
MT : Motor Tanker
KLM : Kapal Layar Motor
TB : Tug Boat
TK : Tongkang

M : Manusia
T : Teknis
A : Alam

BIODATA PENULIS

Penulis bernama Parson Hamonangan Purba dan lahir di Kasui, Way Kanan pada 1 April 1997, merupakan anak tunggal dari pasangan suami-istri Desparda Simamora, S.H. dan Berliana W.D.E. Siregar. Penulis telah menempuh jenjang Pendidikan formal dasar di SD Fransiskus 1, kemudian melanjutkan ke jenjang Pendidikan menengah pertama di SMP Fransiskus Tanjung Karang, selanjutnya penulis melanjutkan Pendidikan tingkat atas di SMA Fransiskus Bandar Lampung. Pada tahuan 2016 penulis melanjutkan Pendidikan ke Perguruan Tinggi di Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Penulis mengikuti dua kali kegiatan kerja praktek di dua perusahaan yaitu PT. Daya Radar Utama unit III Lampung dan PT. Samudera Sarana Logistik Surabaya. Di bidang non-akademik, penulis ikut tergabung dalam *Society of Petroleum Engineers* (SPE) ITS-SC bidang *membership* dan *National Association of Corrosion Engineer* (NACE) ITS-SC bidang *Human Resource.* Penulis telah mengikuti beberapa kegiatan pelatihan seperti Latihan Kepemimpinan Manajemen Mahasiswa Tingkat Pra-Dasar dan Tingkat Dasar, serta pelatihan *software* Auto-Cad.

Email : parsonpurba58@gmail.com

No. handphone : +6281278026042