



TUGAS AKHIR – MO 184804

**ANALISIS RISIKO TUBRUKAN KAPAL LNG
CARRIER PADA SAAT MANEUVER DENGAN
DAN TANPA BANTUAN TUGBOAT**

JIMMY

NRP. 04311640000061

DOSEN PEMBIMBING:

Prof. Ir. Daniel M. Rosyid, Ph.D

Murdjito, M.Sc. Eng.

DEPARTEMEN TEKNIK KELAUTAN

FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

2020



FINAL PROJECT – MO 184804

**RISK ASSESSMENT OF LNG CARRIER
COLLISION WHEN MANEUVER WITH OR
WITHOUT TUGBOAT ASSISTANCE**

JIMMY

NRP. 0431164000061

SUPERVISORS :

Prof. Ir. Daniel M. Rosyid, Ph.D

Murdjito, M.Sc. Eng.

DEPARTMENT OF OCEAN ENGINEERING

FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY

SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY

SURABAYA

2020

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISIS RISIKO TUBRUKAN KAPAL LNG CARRIER PADA SAAT
MANEUVER DENGAN DAN TANPA BANTUAN TUGBOAT**

TUGAS AKHIR

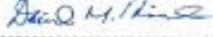




Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana
Teknik pada Program Studi S-1 Departemen Teknik Kelautan, Fakultas
Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Jimmy

NRP. 0431164000061

Disetujui Oleh :

1. Prof. Ir. Daniel M. Rosyid, Ph.D. (Pembimbing 1)
2. Murdjito, M.Sc, Eng. (Pembimbing 2)
3. Dr. Eng. Yeyes Mulyadi, S.T., M.Sc (Penguji 1)
4. Silvianita, S.T., M.Sc., Ph.S. (Penguji 2)
5. Dr. Eng. Shade Rahmawati, S.T., M.T (Penguji 3)

SURABAYA, Agustus 2020

ANALISIS RISIKO TUBRUKAN KAPAL LNG CARRIER PADA SAAT MANEUVER DENGAN DAN TANPA BANTUAN TUGBOAT

Nama Mahasiswa : Jimmy
NRP : 04311640000061
Departemen : Teknik Kelautan – FTK ITS
Dosen Pembimbing : Prof. Ir. Daniel M. Rosyid, Ph,D
Murdjito, M.Sc, Eng.

ABSTRAK

Kegiatan transfer gas dari FLNG menuju LNG Carrier merupakan suatu kegiatan yang tidak dapat disepelekan. Sebelum melakukan transfer gas tersebut LNG Carrier harus melakukan suatu maneuver untuk mendapatkan posisi yang diinginkan sehingga kegiatan transfer gas dapat berjalan dengan lancar. Tetapi dalam melakukan maneuver tersebut terdapat beberapa risiko yang harus diperhatikan, salah satunya adalah risiko tubrukan. Dalam Tugas Akhir ini akan menganalisis mengenai perilaku gerak maneuver serta risiko kegagalan yang dapat mengakibatkan tubrukan akibat maneuver tersebut. Untuk lokasi pada Tugas Akhir ini berada di Pelabuhan TTL (Terminal Teluk Lamong). Dalam melakukan analisis maneuver dengan dan tanpa bantuan tugboat menggunakan software MAXSURF serta AutoCAD, kemudian analisis risiko menggunakan simulasi *monte carlo*. Analisis maneuver dilakukan untuk mendapatkan radius putar kapal yang dibutuhkan. Lalu dengan variasi kecepatan 2 – 10 knot untuk maneuver *self turning* sedangkan 1 – 5 knot untuk maneuver dengan tugboat dan sudut belok rudder masing-masing 20° dan 30° didapatkan hasil jari – jari radius putar terkecil sebesar 81.9 m untuk kecepatan tugboat 1 knot dan sudut belok rudder 30°. Melalui variasi kecepatan dan sudut belok rudder tersebut kemudian dijadikan variable acak dalam analisis risiko menggunakan simulasi monte carlo dan didapatkan untuk mean kecepatan tugboat 3 knot dan sudut belok rudder 35° memiliki peluang kegagalan yang paling rendah yaitu 0.07%. sehingga masuk dalam risiko yang *negligible* sedangkan variasi mean kecepatan dan sudut belok rudder lainnya dalam daerah yang *ALARP*.

Kata Kunci : tubrukan, maneuver, radius putar, rudder, kecepatan, *monte carlo*.

Risk Assessment of LNG Carrier Collision when Maneuver with or without Tugboat Assistance

Name : Jimmy
Reg. Number : 04311640000061
Departemen : Ocean Engineering – Faculty of Marine Technology ITS
Supervisors : Prof. Ir. Daniel M. Rosyid, Ph,D
Murdjito, M.Sc, Eng.

ABSTRACT

The gas transfer activity from FLNG to LNG Carrier is an activity that cannot be underestimate. Before transferring the gas, LNG Carrier must maneuver to get the position to be able transfer the gas smoothly. The position called offloading. But when the LNG Carrier maneuver to get the position there are several risks that can be happen, one of the risk is collision. In this research will discussed about the maneuvering turning circle and then calculated the risk about collision to see the consequences. For this research the location is at TTL port (Terminal Teluk Lamong). To analysis about the maneuver turning circle with or without tugboat, in this research using MAXSURF and AutoCad and then to analysis the risk assessment using monte carlo simulation. When analysis maneuver turning circle, there are some variations that the author did. The variations are speed (2 – 10 knot) to self maenuver, (1 – 5 knot) with tug and rudder angle (20° and 30°). After calculated the maneuver to get radius of turning circle, it is found that the smallest radius is 81.9 m with tug speed 1 knot and rudder angle 30°. After finished the analysis of maneuver turning circle, through variations in the speed and rudder angle then the variations will be use as e random variable to calculated the risk assessment using monte carlo simulation. From the monte carlo simulation, it is found that the lowest risk that has the probability of failure is 0.07%. which the risk can be ignored. While the other random variable are in medium area or it can be said ALARP.

Keywords: *Collision, Maneuver, Rudder, Turning Radius, Monte Carlo*

KATA PENGANTAR

Penulis memanjatkan Puji Syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat dan karunianya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul ANALISIS RISIKO TUBRUKAN KAPAL LNG CARRIER AKIBAT MANEUVER DENGAN DAN TANPA BANTUAN TUGBOAT dengan baik dan lancar.

Penulisan Tugas Akhir ini disusun guna untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan studi di Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Tujuan dari pengerjaan Tugas Akhir ini adalah untuk mengetahui bagaimana perilaku gerak maneuver LNG Carrier dalam hal *Turning Circle* serta membahas mengenai risiko terjadinya tubrukan akibat maneuver tersebut.

Penulis Menyadari dalam penulisan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan dan jauh dari kesempurnaan, sehingga penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun sebagai bahan evaluasi bagi penulis dan laporan-laporan selanjutnya. Akhir kata penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi perkembangan Departemen Teknik Kelautan selanjutnya serta bagi pembaca.

Surabaya, 7 Mei 2020

Jimmy

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam pengerjaan Tugas Akhir ini penulis sangat berterima kasih kepada semua pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung. Semoga Tuhan Yang Maha Esa membalas semua kebaikan yang telah diberikan dengan berbagai karunianya. Dalam kesempatan kali ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Tuhan Yesus Kristus, yang telah memberikan penyertaan dan bimbingan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Keluarga yang telah membantu dan memotivasi penulis selama menjalani Pendidikan di ITS.
3. Bapak Murdjito, M.Sc. Eng., yang telah memberikan banyak sekali bimbingan dan ilmu serta kesabarannya dalam mendidik selama proses pengerjaan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Prof. Ir. Daniel M. Rosyid, Ph.D., yang juga telah memberikan banyak sekali bimbingan dan ilmu selama proses pengerjaan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Herman Pratikno, S.T., M.T., Ph.D yang telah menjadi dosen wali mulai semester 7, terima kasih atas bimbingannya.
6. Ibu Dirda Marina Chamelia, S.T., M.T. (Almh), yang telah menjadi dosen wali dari awal masuk perkuliahan hingga semester 7, terima kasih atas bimbingannya.
7. Teman-teman satu angkatan, Adhiwamastya yang telah memberikan dukungan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
8. Mas dan mbak Angkatan 15, Tritonous yang juga telah membantu dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
9. Teman-teman lab Opres dan lab Hidro yang telah membantu dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
10. Natasia, Samuel, Julius, Kevin, Andrew yang telah membantu memberikan semangat dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
11. Serta pihak-pihak lain yang tidak bisa penulis sebutkan yang turut membantu dalam pengerjaan Tugas Akhi

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
ABSTRAK.....	iii
KATA PENGANTAR.....	vii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan.....	4
1.4 Manfaat.....	4
1.5 Batasan Masalah.....	5
1.6 Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	7
2.1 Tinjauan Pustaka	7
2.2 Dasar Teori	8
2.2.1 Teori Dasar Gerakan Bangunan Apung.....	8
2.2.2 <i>Rudder</i>	9
2.2.3 Dimensi <i>Rudder</i>	10
2.2.4 Gaya yang Bekerja pada <i>Rudder</i>	13
2.2.5 Resultan Gaya Dorong <i>Rudder</i> dan Gaya Tarik Tugboat.....	14
2.2.6 <i>Static Trim</i> Kapal.....	16
2.2.7 Standard Maneuver Kapal.....	18

2.2.7.1 Turning Circle	19
2.2.8 <i>Pivot Point</i> pada Kapal	20
2.2.9 Gaya Tarik Tugboat (<i>Bollard Pull Calculation</i>)	23
2.2.10 <i>Hazard Identification</i> (HAZID)	26
2.2.11 Analisis Risiko	27
2.2.12 Mode Kegagalan	28
2.2.13 Simulasi Monte Carlo	28
2.2.14 Matriks Risiko	31
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	33
3.1 Metode Penelitian.....	33
3.2 Prosedur Penelitian.....	35
3.3 Pengumpulan Data	36
3.3.1 Data Struktur Kapal LNGC.....	37
3.3.2 Data <i>Rudder</i>	37
3.3.3 Data Lingkungan	38
3.3.4 Data Kapal Tugboat.....	38
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN	39
4.1 Pemodelan Struktur	40
4.2 Validasi Model.....	40
4.3 Analisis Perilaku Gerak Maneuver LNG Carrier.....	41
4.3.1 Analisis perilaku Gerak Maneuver LNG Carrier tanpa Bantuan Tug	41
4.3.2 Analisis Perilaku Gerak Maneuver LNG Carrier dengan Bantuan Tug	56
4.4 Analisis Risiko Tubrukan Kapal pada saat Proses Maneuver Turning Circle.....	73
4.4.1 Mode Kegagalan.....	73
4.4.2 Variabel Acak Maneuver Kapal Tanpa Bantuan Tugboat	75
4.4.3 Variabel Acak Maneuver Kapal dengan Bantuan Tugboat.....	75
4.4.4 Menentukan Tingkat Risiko	76
4.4.5 Ranking Frekuensi Kegagalan.....	76

4.4.6 Matriks Risiko	83
4.4.7 Mitigasi.....	86
BAB V PENUTUP	89
5.1 Kesimpulan	89
5.2 Saran	90
DAFTAR PUSTAKA	91
LAMPIRAN.....	95
BIODATA PENULIS.....	159

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Grafik <i>Supply-Demand LPG</i>	1
Gambar 1.2 Gerak manuever LNG Carrier	2
Gambar 1.3 Data Kecelakaan di laut tahun 2019 dunia.....	3
Gambar 2.1 Ilustrasi Gerakan <i>six degree of freedom</i>	9
Gambar 2.2 Variasi bentuk <i>Rudder</i>	10
Gambar 2.3 Dimensi rudder	11
Gambar 2.4 Macam-macam profil <i>Rudder</i>	13
Gambar 2.5 Gaya yang bekerja pada <i>Rudder</i>	14
Gambar 2.6 Efek Hidrodinamika pada gaya rudder	14
Gambar 2.7 Gaya resultan yang bekerja pada kapal.....	16
Gambar 2.8 Kapal dalam keadaan trim.....	17
Gambar 2.9 Kapal dalam keadaan oleng.....	17
Gambar 2.10 Prosedur <i>turning circle</i>	19
Gambar 2.11 Definisi <i>Rudder</i> dan <i>bow profile</i>	21
Gambar 2.12 <i>Type of stern profiles</i>	21
Gambar 2.13 Posisi Pivot point kapal.....	22
Gambar 2.14 Letak pivot point berdasarkan bentuk badan kapal	23
Gambar 2.15 Grafik nilai R_v/D	26
Gambar 2.16 Hubungan bilangan acak distribusi uniform dengan perubah acak X pada fungsi	30
Gambar 2.17 Matriks risiko ISO 2000.....	31
Gambar 3.1 Bentuk <i>Rudder</i>	37
Gambar 4.1 Tampak isometri kapal LNGC menggunakan Maxsurf Modeller.....	39
Gambar 4.2 Tampak samping kapal LNGC menggunakan Maxsurf Modeller	39
Gambar 4.3 Tampak atas kapal LNGC menggunakan Maxsurf Modeller	40
Gambar 4.4 Tampak depan kapal LNGC menggunakan Maxsurf Modeller	41
Gambar 4.5 Gaya dorong <i>Rudder</i>	42
Gambar 4.6 Grafik Parameter Maneuver Turning Circle (20°).....	47

Gambar 4.7 Grafik Parameter Maneuver Turning Circle (30°).....	47
Gambar 4.8 Maneuver turning circle dengan sudut belok <i>Rudder</i> 20° (a) $V = 2$ knot, (b) $V = 4$ knot, (c) $V = 6$ knot, (d) $V = 8$ knot, (e) $V = 10$ knot	51
Gambar 4.9 Grafik Kurva radius putar LNGC pada sudut belok <i>Rudder</i> 20°	52
Gambar 4.10 Maneuver turning circle dengan sudut belok <i>Rudder</i> 30° (a) $V = 2$ knot, (b) $V = 4$ knot, (c) $V = 6$ knot, (d) $V = 8$ knot, (e) $V = 10$ knot	54
Gambar 4.11 Grafik kurva radius putar kapal LNGC pada sudut belok <i>Rudder</i> 30° ..	55
Gambar 4.12 Gaya Tarik tugboat	56
Gambar 4.13 Grafik Parameter Maneuver Turning Circle dengan bantuan Tug (20°)	62
Gambar 4.14 Grafik Parameter Maneuver Turning Circle dengan bantuan Tug (30°)	62
Gambar 4.15 Maneuver turning circle dengan bantuan tugboat dengan sudut belok <i>Rudder</i> 20° (a) $V = 1$ knot, (b) $V = 2$ knot, (c) $V = 3$ knot, (d) $V = 4$ knot, (e) $V = 5$ knot.	66
Gambar 4.16 Grafik kurva radius putar LNGC dengan bantuan tugboat dengan sudut belok <i>Rudder</i> 20°	67
Gambar 4.17 Maneuver turning circle dengan bantuan tugboat dengan sudut belok <i>Rudder</i> 30° (a) $V = 1$ knot, (b) $V = 2$ knot, (c) $V = 3$ knot, (d) $V = 4$ knot, (e) $V = 5$ knot	69
Gambar 4.18 Grafik kurva radius putar LNGC dengan bantuan tugboat dengan sudut belok <i>Rudder</i> 30°	70
Gambar 4.19 Fault Tree Analysis pada kasus tubrukan kapal	78
Gambar 4.20 Lokasi Pelabuhan TTL (Terminal Teluk Lamong)	79
Gambar 4.21 Grafik Peluang kegagalan manuever tanpa bantuan tugboat	82
Gambar 4.22 Grafik Peluang kegagalan manuever dengan bantuan tugboat	82
Gambar 4.23 Matriks risiko untuk manuever tanpa bantuan tugboat ($V_s = 1$ knot) ...	83
Gambar 4.24 Matriks risiko untuk manuever tanpa bantuan tugboat ($V_s = 2$ knot) ...	83
Gambar 4.25 Matriks risiko untuk manuever tanpa bantuan tugboat ($V_s = 3$ knot) ...	84
Gambar 4.26 Matriks risiko untuk manuever dengan bantuan tugboat ($V_t = 1$ knot).	84
Gambar 4.27 Matriks risiko untuk manuever dengan bantuan tugboat ($V_t = 2$ knot).	85

Gambar 4.28 Matriks risiko untuk maneuver dengan bantuan tugboat ($V_t = 3$ knot).85

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Deskripsi notasi gerakan six degree of freedom	9
Tabel 2.2 Standar maneuverabilitas kapal oleh IMO	18
Tabel 2.3 <i>Limitations of empirical technique for prediction of turning circle</i>	22
Tabel 2.4 Nilai Cx dan Ch.....	25
Tabel 2.5 Kategori Pof (<i>probabilities of failure</i>).....	32
Tabel 2.6 Kategori Cof (<i>consequence of failure</i>)	32
Tabel 3.1 Data struktur kapal NGC 10600 DWT (Surya Aki Ship).....	37
Tabel 3.2 Data struktur kapal tugboat.....	38
Tabel 4.1 Hasil validasi model kapal LNGC	41
Tabel 4.2 Perhitungan gaya dorong <i>Rudder</i>	43
Tabel 4.3 Perhitungan <i>static trim</i>	44
Tabel 4.4 Hasil radius putar LNGC	55
Tabel 4.5 Hasil Towing Calculation	57
Tabel 4.6 Nilai span dan mean chord yang baru	59
Tabel 4.7 Perhitungan static trim.....	59
Tabel 4.8 Hasil radius putar LNGC dengan bantuan tugboat	70
Tabel 4.9 Pengecekan radius putar LNGC menurut <i>Japanese Harbour Criteria</i> pada sudut belok <i>Rudder 20°</i>	71
Tabel 4.10 Pengecekan radius putar LNGC menurut <i>Japanese Harbour Criteria</i> pada sudut belok <i>Rudder 30°</i>	72
Tabel 4.11 Pengecekan radius putar LNGC menurut kriteria IMO MSC.136 pada sudut belok <i>Rudder 20°</i>	72
Tabel 4.12 Pengecekan radius putar LNGC menurut kriteria IMO MSC.136 pada sudut belok <i>Rudder 30°</i>	73
Tabel 4.13 Variabel acak maneuver kapal tanpa bantuan tugboat	75
Tabel 4.14 Variabel acak maneuver kapal dengan bantuan tugboat	76
Tabel 4.15 Peluang kegagalan maneuver tanpa bantuan tugboat.....	77
Tabel 4.16 Peluang kegagalan maneuver dengan bantuan tugboat	77

Tabel 4.17 Peluang kegagalan maneuver tanpa bantuan tugboat.....	80
Tabel 4.18 Peluang kegagalan maneuver dengan bantuan tugboat	81

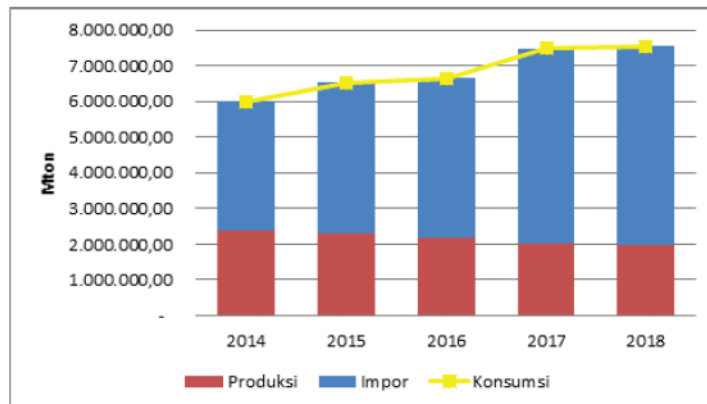
BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG MASALAH

Energi merupakan salah satu kebutuhan yang penting dan mendasar bagi kehidupan manusia (Ika, 2016). Energi sendiri terdiri dari berbagai macam bentuk dan dapat berasal dari mana saja. Salah satu sumber energi yang sekarang sering dibicarakan dan memiliki ketergantungan di dunia untuk saat ini yaitu minyak dan gas bumi. Hal itu terlihat dari kontribusi persentase penggunaan total sumber energi, untuk minyak berkontribusi sebesar 33%, batubara 28% dan gas 23% (IMF, 2011). Dengan persentase tersebut tidak dapat dipungkiri bahwa minyak dan gas berperan sangat penting dalam kehidupan dan perindustrian manusia saat ini.

Kegiatan eksplorasi pun terus dilakukan untuk dapat menemukan sumber minyak dan gas yang baru, yang awalnya kegiatan eksplorasi dan eksploitasi dilakukan di daratan, hingga sampai tahun 2019 ini berpindah di laut dalam. Berikut merupakan grafik *supply demand LPG* mulai tahun 2014 hingga 2018.



Gambar 1.1. Grafik *Supply-Demand LPG*.

Sumber : Laporan Tahunan Capaian Pembangunan, 2018

Dari hasil grafik *supply demand LPG* tersebut, terlihat bahwa dalam lima tahun terakhir hasil produksi kilang LPG cenderung stabil mulai tahun 2015 hingga 2018 Sedangkan jumlah konsumsi LPG terus meningkat. Hal ini mengakibatkan

terjadinya deficit yang mengakibatkan dilakukannya impor LPG dari luar negeri. Sehingga untuk dapat mengurangi impor LPG tersebut, harus dapat mendorong produksi LPG tersebut dengan melakukan eksplorasi.

Untuk dapat mendorong kegiatan eksplorasi sehingga dapat meningkatkan jumlah cadangan gas bumi Indonesia, maka dibangun FLNG (*Floating Liquefied Natural Gas*). FLNG merupakan sebuah bangunan terapung yang berfungsi sebagai fasilitas eksplorasi, produksi dan pencairan gas alam (Amril, 2015). Dengan adanya FLNG ini dapat memudahkan dalam melakukan eksplorasi gas bumi serta dengan proses produksi dan pencairan gas alam tersebut memungkinkan pengangkutan gas tersebut menggunakan jenis kapal tanker (LNG Carrier) dalam jumlah besar. (Soegiono dan Artana, 2006).

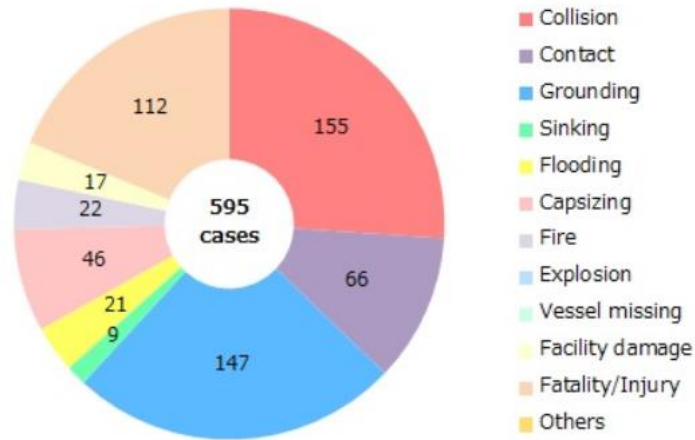
Kegiatan transfer gas dari FLNG menuju LNG Carrier memerlukan proses *offloading*, dimana sebelum melakukan proses *offloading* dilakukan proses penambatan dengan *system side-by-side* (Amril, 2015). Proses penambatan disini tidak dapat dilakukan dengan sembarangan, harus dapat memperhatikan kondisi cuaca, lingkungan, serta perilaku gerak LNG Carrier pada saat maneuver baik saat *self turning* maupun saat dengan bantuan tugboat. Dikarenakan jika terjadi kesalahan saat maneuver tersebut, akan menimbulkan hal-hal seperti tubrukan dengan kapal lain seperti kapal tugboat yang berada di sekitarnya.



Gambar. 1.2. Gerak maneuver LNG Carrier.

Sumber : tradewindnews.com

Tubrukan kapal disini memiliki data statistik yang paling sering terjadi di dunia hingga saat ini. Terlihat pada gambar 1.3 di bawah ini, dari sebanyak 595 kasus, 155 diakibatkan oleh tubrukan kapal sendiri.



Gambar 1.3. Data Kecelakaan di Laut Tahun 2019 Dunia.

Sumber : milt.go.jp

Melihat dampak kerugian yang sangat besar tersebut, untuk menjamin dan memastikan keamanan saat operasi maka dilakukan Analisis risiko pada struktur tersebut. Hal ini bertujuan untuk dapat mengetahui peluang kegagalan yang dapat terjadi sehingga dapat mengidentifikasi bahaya apa yang akan terjadi. Selain itu melalui Analisis risiko ini juga dapat mengetahui pada level mana risiko yang dihasilkan tersebut (Muhammad, 2015).

Sehingga pada Tugas Akhir ini akan dilakukan Analisis risiko tubrukan pada LNG Carrier pada saat manuever dengan dan tanpa bantuan tugboat. Analisis perilaku gerak manuever LNG Carrier disini berperan sangat penting dalam proses penambatan nantinya, dikarenakan dengan mengetahui perilaku gerak manuever tersebut lalu membandingkannya dengan gerak manuever menggunakan tugboat dapat terlihat perilaku gerak mana yang lebih efisien. Serta dari perilaku gerak manuever ini dapat memprediksi bahaya apa saja yang dapat terjadi jika terjadi kegagalan yang mengakibatkan tubrukan. Lalu dapat melihat risiko nya sesuai pada level yang telah ditetapkan.

1.2 RUMUSAN MASALAH

Adapun rumusan masalah yang dibahas dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana perilaku gerak maneuver dengan dan tanpa tugboat pada LNG Carrier?
2. Berapa besar peluang terjadinya tubrukan LNG Carrier akibat maneuver dengan dan tanpa bantuan tugboat pada LNG Carrier?
3. Bagaimana konsekuensi akibat tubrukan LNG Carrier saat melakukan maneuver?
4. Bagaimana risiko yang terjadi akibat tubrukan LNG Carrier?

1.3 TUJUAN

Adapun tujuan penelitian dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui perilaku gerak maneuver LNG Carrier dengan dan tanpa tugboat.
2. Untuk mengetahui besar peluang terjadinya tubrukan saat melakukan maneuver dengan dan tanpa bantuan tugboat.
3. Untuk mengetahui bagaimana konsekuensi akibat tubrukan LNG Carrier saat melakukan maneuver.
4. Untuk mengetahui risiko terhadap peluang kegagalan maneuver LNG Carrier.

1.4 MANFAAT

Manfaat yang dapat diambil melalui penelitian Tugas Akhir ini adalah untuk mengetahui bagaimana perilaku gerak maneuver dari LNG Carrier serta dapat memberikan pertimbangan melalui perilaku gerak maneuver tersebut terhadap bahaya dan risiko yang dapat terjadi.

1.5 BATASAN MASALAH

Berikut adalah batasan-batasan masalah yang telah ditetapkan oleh penulis agar penelitian Tugas Akhir ini menjadi terarah dan jelas. Adapun batasan masalahnya adalah sebagai berikut :

1. Pemodelan struktur dan perhitungan maneuver menggunakan software Maxsurf.
2. *Codes* yang digunakan untuk maneuvering adalah IMO (*International Maritime Organization*) standards, ABS (*American Bureau of Shipping*) dan *Japanese Harbour Criteria Design*.
3. Kemampuan maneuver berdasarkan IMO yang ditinjau adalah *turning circle maneuver*.
4. Perhitungan maneuver turning circle dilakukan hanya pada saat kondisi *full load*.
5. Perhitungan maneuver turning circle diasumsikan dilakukan pada saat kondisi *calm water*.
6. Analisis risiko dilakukan untuk mendapatkan matriks risiko.

1.6 SISTEMATIKA PENULISAN

Sistematika penulisa Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Bab I Pendahuluan

Penulis menjelaskan mengenai latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan masalah apa saja yang nantinya akan berpengaruh dalam penelitian serta sistematika penulisan yang digunakan.

2. Bab II Tinjauan Pustaka dan Dasar Teori

Penulis menjelaskan mengenai tinjauan pustaka yang akan menjadi acuan dalam penelitian Tugas Akhir serta menguraikan dasar-dasar teori yang akan digunakan dalam penelitian nantinya dengan mangacu pada penelitian-penelitian sebelumnya seperti jurnal-jurnal internasional, literature, *codes* dan buku-buku tentang maneuver dan risiko.

3. Bab III Metodologi Penelitian

Penulis menjelaskan mengenai alur pemikiran penelitian dalam bentuk *flowchart*.

4. Bab IV Pembahasan

Membahas mengenai karakteristik gerak maneuver turning circle pada kapal LNG Carrier lalu mengidentifikasi bahaya apa saja yang mungkin terjadi jika terjadi tubrukan akibat maneuver tersebut hingga akhirnya membahas tentang Analisis resiko menggunakan simulasi monte carlo.

5. Bab V Penutup

Membahas mengenai kesimpulan dari hasil analisis yang didapat mengenai maneuver LNG Carrier serta risikonya terhadap tubrukan akibat maneuver tersebut dan tidak lupa juga melakukan mitigasi serta saran-saran untuk penelitian Tugas Akhir selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 TINJAUAN PUSTAKA

Pada model penelitian Tugas Akhir yang akan dibahas ini, masih banyak belum banyak yang melakukan, terutama sampai pada Analisis risiko yang ditimbulkan. Untuk Analisis manuver kapal sebelumnya telah di Analisis oleh Rahmad (2015), membahas tentang perancangan bow thruster kemudian disimulasikan kedalam bentuk manuver turning circle untuk melihat keefektivan dari bow thruster tersebut.

Untuk Analisis manuver kapal selanjutnya telah di Analisis oleh Benedictus (2017), membahas mengenai efektivitas manuver kapal tetapi yang ditinjau hanya pada posisi *rudder* nya saja dengan variasi posisi *rudder* tersebut. Analisis yang dilakukan disini meliputi Analisis nilai *drag force* dan *lift force* pada *Rudder* tersebut. Kelemahannya disini dari dua penelitian yang telah dilakukan belum ada penelitian mengenai manuver sampai melihat nilai resikonya.

Asmara, dkk (2013), melakukan Analisis mengenai simulasi bahaya tubrukan akibat manuver berdasarkan MMG (*Mathematical maneuvering group*) model dan AIS (*automatic identification system*) data. Untuk manuver disini menggunakan MMG model dengan memperhatikan kondisi lingkungan seperti *shallow water*, dan gaya-gaya eksternal seperti angin dan arus. Dimana dari MMG model tersebut kemudian dimasukkan ke dalam simulasi monte carlo untuk mendapatkan distribusinya. Hanya saja disini kurang membahas mengenai manuver kapal tersebut dan kurangnya gambar visualisasi bagaimana keadaan kapal saat akan masuk dan keluar area pelabuhan.

Asharviyan (2015), membahas mengenai tubrukan kapal dengan scenario yang telah ditetapkan. Tetapi disini tubrukan dilakukan antara kapal dengan struktur jacket fixed platform. Untuk Analisisnya dilakukan Analisis dinamis dengan menghitung besar energi tubrukan yang terjadi kemudian melakukan Analisis risiko

dengan menentukan Pof dan Cof nya lalu membuat matriks risiko. Sedangkan untuk bahaya apa yang diakibatkan dari tubrukan ini masih belum dijelaskan.

Muhamad (2015), membahas mengenai Analisis risiko pada FLNG dengan *shuttle tanker* tetapi disini ditinjau pada proses *offloading*nya bukan pada akibat tubrukan. Untuk Analisis risikonya disini awalnya mengidentifikasi masalah menggunakan *hazard identification* (HAZID). Lalu menganalisis frekuensinya menggunakan FTA (Fault Tree Analysis) dan melihat konsekuensinya.

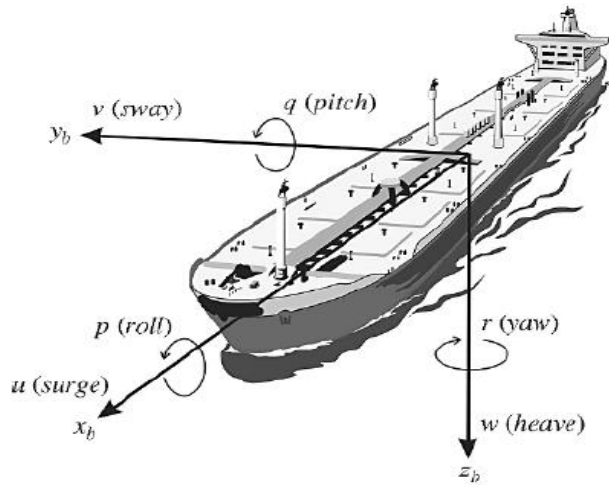
Sehingga dari penelitian-penelitian yang telah dilakukan di atas, peneliti disini akan melakukan Analisis risiko tubrukan LNG Carrier akibat manuver walaupun dengan penelitian yang telah dilakukan di atas masih belum ada yang melakukan. Sehingga disini penulis menggabungkan antara Analisis risiko dengan Analisis manuver pada LNG Carrier saat proses manuvering. Untuk Analisis manuver dilakukan dengan menggunakan kriteria IMO lalu Analisis risiko menggunakan simulasi monte carlo.

2.2 DASAR TEORI

2.2.1 Teori Dasar Gerakan Bangunan Apung

Pada dasarnya bangunan apung memiliki enam mode gerakan bebas (*Six Degree of Freedom*) yang terbagi menjadi dua kelompok, yaitu tiga mode Gerakan translasional dan tiga mode Gerakan rotasional dalam tiga arah sumbu (Bhattacharyya, 1978). Berikut adalah keenam mode gerakan tersebut :

1. Mode gerak translasional.
 - *Surge*, gerakan transversal arah sumbu x.
 - *Sway*, gerakan transversal arah sumbu y.
 - *Heave*, gerakan transversal arah sumbu z.
2. Mode gerak rotasional.
 - *Roll*, gerakan rotasional arah sumbu x.
 - *Pitch*, gerakan rotasional arah sumbu y.
 - *Yaw*, gerakan rotasional arah sumbu z.



Gambar 2.1 Ilustrasi gerakan *six degree of freedom*.

Sumber : SNAME, 1950.

Berikut merupakan notasi standar yang direkomendasikan dalam SNAME (1950) pada gerakan *six degree of freedom*, yaitu sebagai berikut :

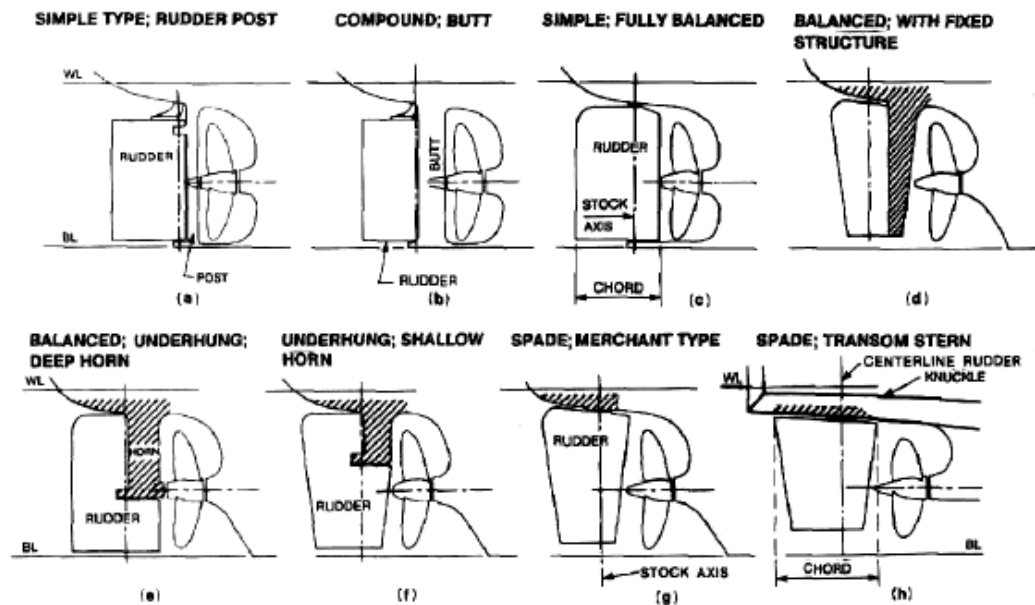
Table 2.1 Deskripsi notasi Gerakan six degree of freedom.

DOF	Translation	Forces	Linear velocity	Position
1	surge	X	u	x
2	sway	Y	v	y
3	heave	Z	w	z
DOF	Rotations	Moments	Angular velocity	Angles
4	roll	K	p	ϕ
5	pitch	M	q	θ
6	yaw	N	r	ψ

2.2.2 Rudder

Rudder atau nama lainnya adalah kemudi ini merupakan alat yang berfungsi untuk mengubah arah aliran fluida yang dihasilkan oleh *propeller*, sehingga kapal dapat mengubah arah haluannya. (Benedictus, 2017). Terdapat beberapa macam letak *rudder*, diantaranya yaitu :

- a. Berdasarkan letak daun kemudi terhadap poros kemudi, terdapat tiga macam yaitu :
- Kemudi biasa (*unbalance*), dimana kemudi yang terletak dibelakang poros kemudi.
 - Kemudi *balance* yaitu luas daun kemudi yang terbagi menjadi dua bagian yang sama di bagian depan dan belakang poros kemudi.
 - Kemudi *semi-balance* yaitu pada bagian atas daun kemudi biasa sedangkan bagian bawah merupakan kemudi *balance*.
- b. Berdasarkan letak terhadap sepatu, yaitu :
- Kemudi meletak.
 - Kemudi menggantung.
 - Kemudi setengah menggantung.

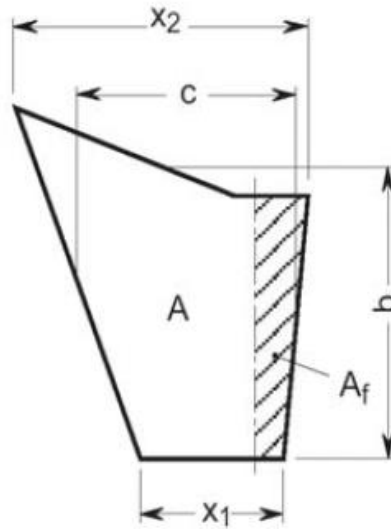


Gambar 2.2 Variasi bentuk *Rudder*

Sumber : Saunders, 1965

2.2.3 Dimensi *Rudder*

Berikut adalah gambaran mengenai contoh dimensi *Rudder* yang diambil berdasarkan BKI, yaitu :



Gambar 2.3 Dimensi *Rudder*

Sumber : BKI Vol. II, 2009

Keterangan :

A = Luas *midplane Rudder* yang berada di belakang poros

A_f = Luas *midplane Rudder* yang berada di depan poros

c = Lebar *Rudder*

b = Tinggi *Rudder*

X_1 = Lebar bagian bawah *Rudder*

X_2 = Lebar bagian atas *Rudder*

Lalu berdasarkan “*RULES FOR HULL*” Vol. II BKI telah ditentukan desain standar suatu *Rudder* agar memiliki kemampuan maneuver yang baik. Untuk desain standar tersebut salah satunya mengatur tentang luas *midplane Rudder* dimana luas *Rudder* tersebut tidak boleh kurang dari rumus yang telah ditetapkan, dengan rumus sebagai berikut :

$$A = \frac{c1 \times c2 \times c3 \times c4 \times 1.75 \times L \times T}{100}$$

Dengan,

L = Lpp kapal

T = Sarat air kapal

C1 = Faktor tipe kapal

Untuk kapal pada umumnya $c1 = 1.0$

Untuk kapal bulk carrier dan tanker lebih dari 50.000 ton $c1 = 0.9$

Untuk kapal tunda $c1 = 0.7$

C2 = Faktor tipe *Rudder*

Untuk *Rudder* pada umumnya $c2 = 1.0$

Untuk tipe semi spade *Rudder* $c2 = 0.9$

Untuk tipe high lift *Rudder* $c2 = 0.7$

C3 = Faktor profil *Rudder*

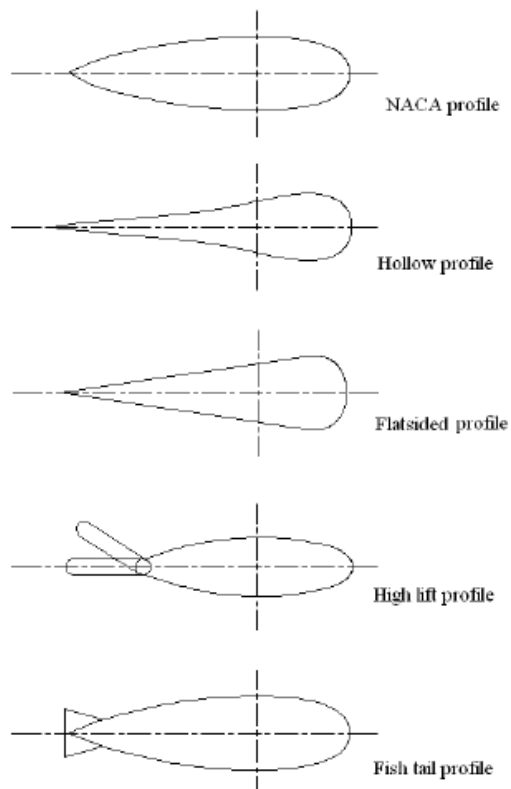
Untuk NACA profiles dan plate *Rudder* $c3 = 1.0$

Untuk hollow profiles dan mixed profiles $c3 = 1.5$

C4 = Faktor perencanaan *Rudder*

Untuk *Rudder* pada propeller jet $c4 = 1.0$

Untuk *Rudder* di luar propeller jet $c4 = 1.5$

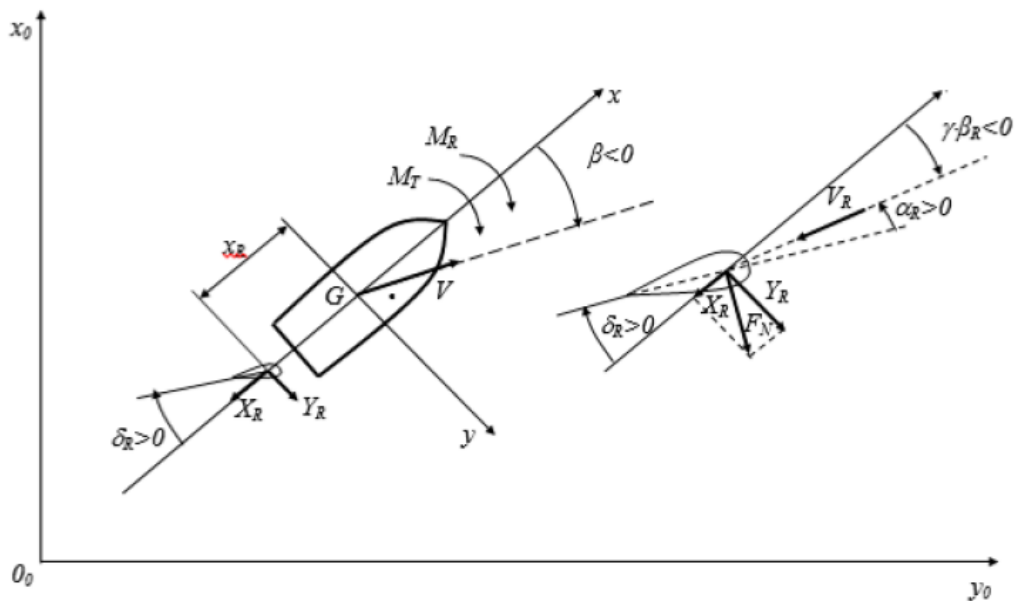


Gambar 2.4 Macam-macam profil *Rudder*

Sumber : BKI Vol. II, 2009

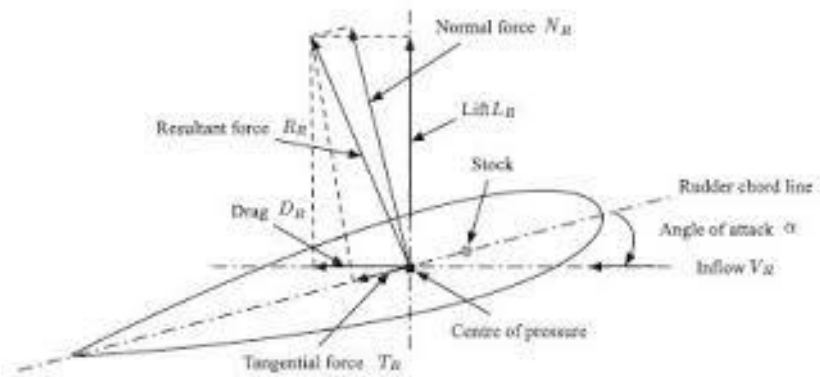
2.2.4 Gaya yang Bekerja pada *Rudder* (Gaya Dorong)

Gaya kemudi merupakan gaya yang muncul pada suatu aliran fluida dengan sudut α pada kecepatan yang konstan yang dapat merubah arah gerak kapal. (Benedictus, 2017).



Gambar 2.5 Gaya yang bekerja pada *Rudder*.

Sumber : Principle of Naval Architecture Vol. II, 1988



Gambar 2.6 Efek hidrodinamika pada gaya *Rudder*

Sumber : Zakaria, 2017

Seperti yang terlihat pada gambar 2.3 ketika *Rudder* dibelokkan sebesar α maka terjadi beberapa gaya pada *Rudder* tersebut seperti gaya drag dan lift. Gaya lift tersebut yang mengakibatkan kapal bisa berbelok dan mampu melakukan maneuver. Untuk dapat menghitung seberapa besar gaya yang terjadi pada *Rudder*

disini menggunakan rumus yang didapat melalui Zelazny, 2014 yaitu adalah sebagai berikut :

$$F_R = \frac{1}{2} \times \rho_w \times \frac{6.13 \lambda}{\lambda + 2.25} \times A_R \times V^2_R \times \sin \delta_R$$

Dimana,

F_R = Gaya dorong pada *Rudder* (N)

ρ_w = Massa Jenis air laut (kg/m³)

λ = *Aspect ratio of Rudder* ($\lambda = 1.826$ untuk tanker)

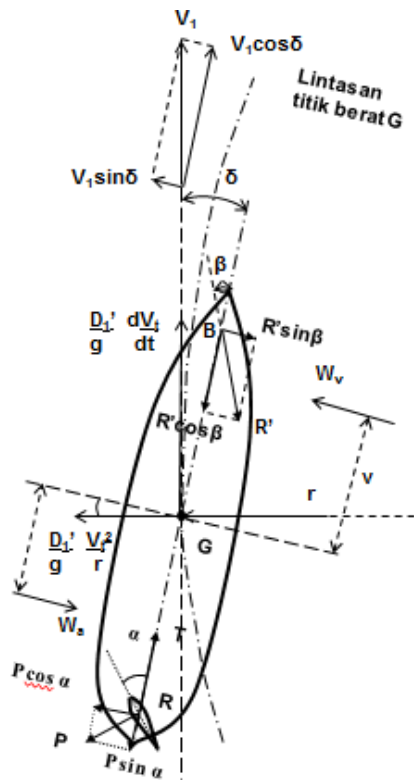
A_R = Luas area dari *Rudder* (m²)

V = kecepatan kapal saat *maneuver* (knot)

δ_R = sudut dari *Rudder* saat *maneuver* (°)

2.2.5 Resultan Gaya Dorong *Rudder* dan Gaya Tarik *Tugboat*

Pada kapal yang tidak memiliki *bow thruster* pada saat akan melakukan maneuver maka akan dilakukan penarikan untuk dapat membantu efektivitas maneuvernya. Untuk kapal yang tidak memiliki *bow thruster* tersebut akan dibantu oleh sebuah kapal *tugboat*. Dimana dengan adanya gaya Tarik yang disebabkan gaya tugboat disini membuat gaya yang bekerja pada kapal tersebut semakin besar ditambah dengan gaya ditimbulkan oleh *Rudder* itu sendiri. Untuk ilustrasinya dapat dilihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.7 Gaya Resultan yang bekerja pada kapal

Sumber : Basuki, 2015

2.2.6 Static Trim Kapal

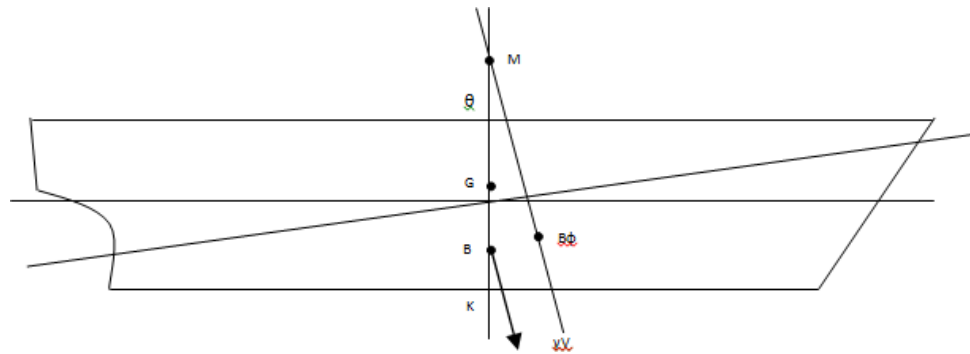
Trim adalah perbedaan antara draft kapal bagian depan pada haluan dengan draft belakang pada bagian buritan. Trim ini merupakan sudut kemiringan kapal secara membujur. (Benedictus, 2017). Factor keseimbangan kapal ditentukan oleh jarak antara titik metacenter (M) terhadap titik beratnya (G). Dengan adanya kondisi tersebut maka untuk mendefinisikan kapal tersebut oleng dapat melihat melalui stabilitas kapal yang dibedakan menjadi dua macam, yaitu :

1. Stabilitas statis

Merupakan kemampuan kapal untuk kembali pada posisi awal dengan adanya momen Koppel setelah mengalami kemiringan dengan sudut ϕ .

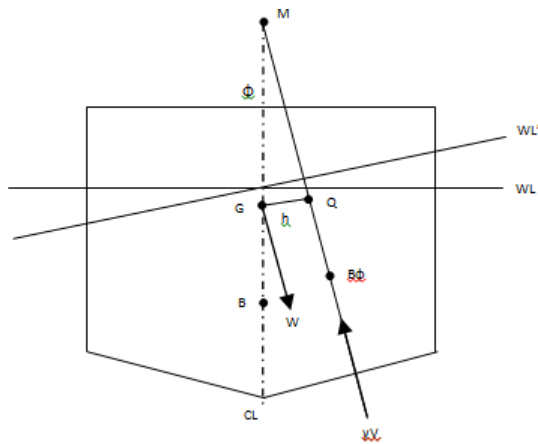
2. Stabilitas dinamis

Merupakan stabilitas yang terjadi akibat adanya keolengan kapal pada sudut ϕ , maka titik B akan berpindah ke titik $B \phi$ dengan sendirinya.



Gambar 2.8 Kapal dalam keadaan Trim.

Sumber : Basuki, 2015



Gambar 2.9 Kapal dalam keadaan oleng.

Sumber : Basuki, 2015

Perhitungan static trim dapat dihitung dengan menggunakan rumus dari Dr. Barrass Method yaitu sebagai berikut :

$$\delta_{\max} (\text{Trim}) = \frac{Cb \times V^{2.08}}{30} \times \left(\frac{B \times T}{(H \times B (7.7 + 20 (1 - Cb)^2)) - B \times T} \right)^{2/3}$$

Dimana,

C_b = *Block Coefficient* kapal

T = Sarat air

H = Tinggi kapal

- B = Lebar kapal
 V = Kecepatan kapal

2.2.7 Standard Maneuver Kapal

Dalam bermanuver dari sebuah kapal, prosedur yang digunakan sebagai acuan berdasarkan standar kemampuan kapal yang telah direkomendasikan oleh *International Maritime Organization* (IMO) yakni pada resolusi MSC.137(76) mengenai standar kemampuan manuver kapal.

Mengacu pada penjabaran dari resolusi tersebut sesuai yang direkomendasikan dari IMO bahwa aturan standar yang dimaksud berdasarkan atas pengertian bahwa kemampuan manuver kapal dapat dievaluasi berdasarkan karakteristik dari pengujian manuver kapal. IMO telah merekomendasikan beberapa kriteria standar untuk manuverabilitas kapal seperti pada Tabel 2.2.

Table 2.2 Standar manuverabilitas kapal oleh IMO.

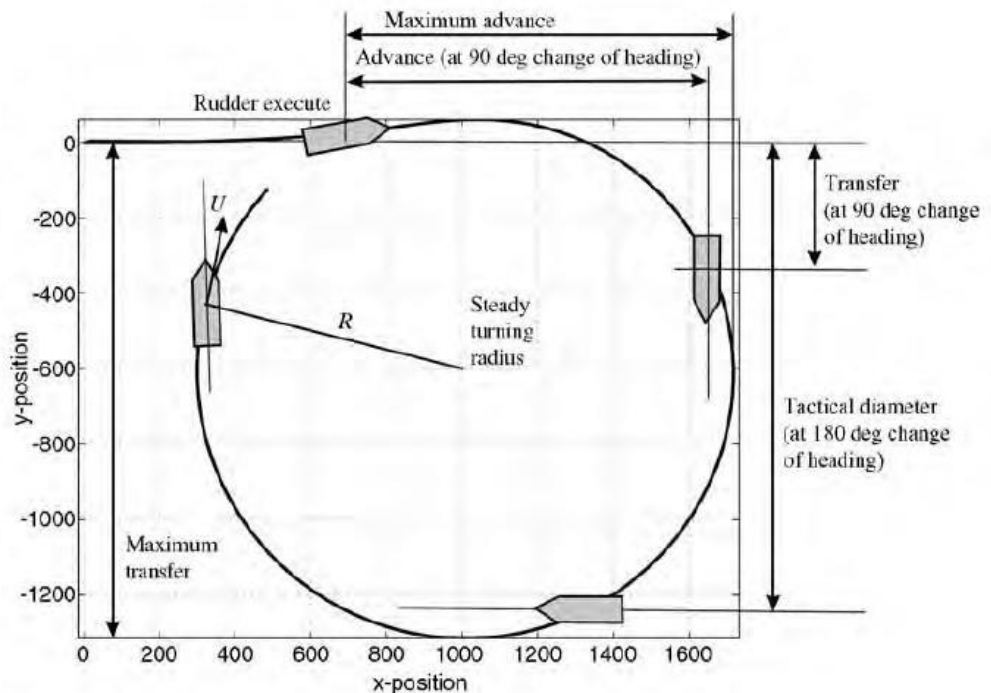
<i>Ability</i>	<i>Test</i>	<i>Criteria</i>
<i>Turning ability</i>	<i>Turning test with max. Rudder Angle (35 deg.)</i>	<i>Advance < 4,5 L</i> <i>Tactical Diameter < 5,0 L</i>
	<i>10° / 10° Z-test</i>	<i>Distance ship run before 2nd rudder execution < 2,5 L</i>
<i>Stopping ability</i>	<i>Stopping test with full astern</i>	<i>Track reach < 15 L</i>
<i>Course-keeping and yaw-checking ability</i>	<i>10° / 10° Z-test</i>	<i>1st Overshoot</i> <i>< 10° (L/U < 10)</i> <i>< (5+0,5 (L/U))° (10s < L/U < 30s)</i> <i>< 20° (30s < L/U)</i>
		<i>2nd Overshoot</i> <i>< 25° (L/U < 10s)</i> <i>< (17,5+0,75(L/U))° (10s < L/U < 30s)</i> <i>< 40° (30s < L/U)</i>
	<i>20° / 20° Z-test</i>	<i>1st Overshoot</i> <i>< 10° (L/U < 10)</i>

Sumber : Resolusi MSC 137 (76), 2002

Dimana manuver yang dipergunakan dalam percobaan mengikuti rekomendasi dari *maneuvering trial code* ITTC (1975) dan IMO (Resolusi MSC 137 (76) 2002). Standar pengujian yang diperlukan dalam manuver kapal yang dinyatakan pada IMO resolution MSC 137 (76) (2002) antara lain :

2.2.7.1 Turning Circle

Uji *turning circle*, dimulai dari pergerakan lurus dengan laju konstan, *Rudder* dihidupkan dengan sudut *Rudder* maksimum ke δ maksimum (sudut kemudi maksimum) dan ditahan pada sudut tersebut sampai kapal telah melakukan uji *circle* paling sedikit sebesar 540° . Pengujian dilakukan untuk bagian *portside* dan *starboard*. Informasi yang diperoleh dari manuver ini umumnya menggunakan GPS atau alat penghitung posisi.



Gambar 2.10 Prosedur *turning circle*.

Sumber : Fossen, 2011

Berdasarkan parameter yang digunakan untuk mendefinisikan kinerja kapal pada saat berputar adalah :

- a. *Drift Angle* adalah sudut antara haluan kapal dan arah gerakan. Sudut tersebut bervariasi sepanjang kapal.
- b. *Advanced*, merupakan jarak dari pelaksanaan awal ke sumbu x pada kapal ketika telah berbelok 90^0 .
- c. *The Tactical Diameter*, adalah merupakan jarak dari jalur awal ke sumbu x pada kapal ketika telah berbelok 180^0 .
- d. *The Diameter of The Steady Turning circle*, adalah diameter dari lingkaran yang terus menerus berputar. Kondisi tetap biasanya dihubungkan pada beberapa titik antara perubahan 90^0 dan 180^0 dari perubahan posisi.

Turning cycle manuver harus dilakukan pada kedua bagian sisi kapal dengan 35^0 atau sudut maksimum kemudi yang diperbolehkan pada uji kecepatan. Informasi penting yang akan diperoleh dari manuver ini adalah *tactical diameter*, *advance*, and *transfer* sesuai pada Gambar 2.4. Tahap-tahap circle turning diameter ini bias diprediksi menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \frac{STD}{L} = & 4.19 - 203 \frac{C_B}{\delta_R} + 47.4 \frac{Trim}{L} - \frac{13.0B}{L} + \frac{194}{\delta_R} - 35.8 \frac{Sp \cdot Ch}{L \cdot T} (ST - 1) + \\ & + 3.82 \frac{Sp \cdot Ch}{L \cdot T} (ST - 2) + 7.79 \frac{A_B}{L \cdot T} + 0.7 \left(\frac{T}{T_L} - 1 \right) \left(\frac{\delta_R}{|\delta_R|} \right) (ST - 1) \end{aligned} \quad (2.26)$$

$$\frac{TD}{L} = 0.910 \frac{STD}{L} + 0.424 \frac{V_S}{\sqrt{L}} + 0.675. \quad (2.27)$$

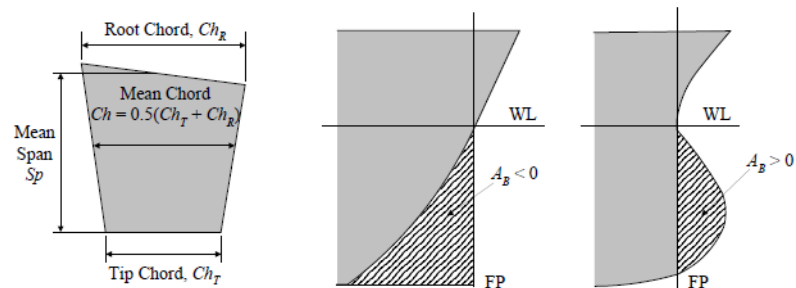
$$\frac{Ad}{L} = 0.519 \frac{TD}{L} + 1.33. \quad (2.28)$$

$$\frac{Tr}{L} = 0.497 \frac{TD}{L} - 0.065 \quad (2.29)$$

$$\frac{V_T}{V_S} = 0.074 \frac{TD}{L} + 0.149 \quad (2.30)$$

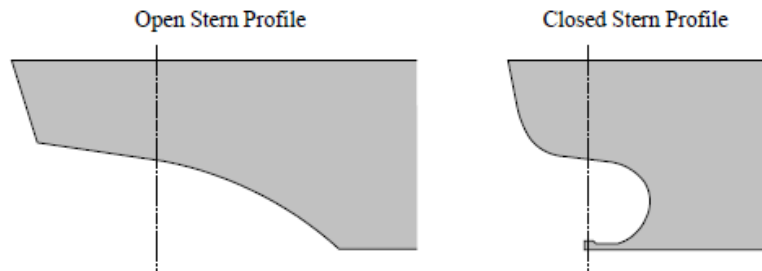
Dengan,

- STD adalah steady turning diameter, dalam m
- TD adalah tactical diameter, dalam m
- Ad adalah advance, dalam m
- Tr adalah transfer, dalam m
- Vt adalah kecepatan saat belok, dalam knots
- Ch adalah Mean Chord of *Rudder* dalam m
- SP adalah Span of *Rudder* dalam m
- ST adalah Stern Type
- TL adalah Draft kapal saat maneuver (estimasi) dalam m
- AB adalah Submerged bow profile dalam m^2



Gambar 2.11 Definisi *Rudder* dan *Bow Profile*.

Sumber : ABS, 2006.



Gambar 2.12 *Type of Stern Profiles*.

Sumber : ABS, 2006.

Rumus pendekatan diatas tidak bisa digunakan untuk semua ukuran kapal, terdapat batasan-batasannya. Batasan tersebut adalah sebagai berikut :

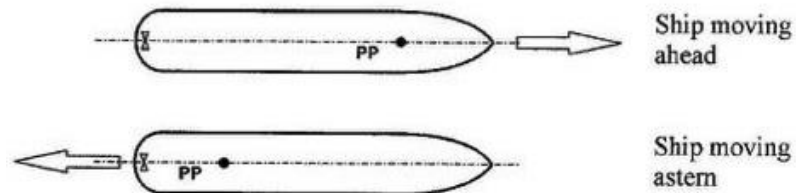
Table 2.3 Limitations of Empirical Technique for Prediction of Turning Circle

<i>Parameter</i>	<i>Minimum</i>	<i>Maximum</i>
L, m	55	350
C_B	0.56	0.88
δ_R (deg)	10	45
L/B	5.56	9.1
$Trim/L$	0	0.05
$Sp \cdot Ch/L \cdot T$	0.01	0.04
A_B/LT	-0.11	+0.04
V / \sqrt{L} (knot-m ^{-0.5})	0.20	1.0
T_I/T	0.5	1.0

Sumber : ABS, 2006.

2.2.8 Pivot Point pada Kapal

Pivot point adalah titik putar pada kapal saat kapal melakukan maneuver. Disaat kapal dalam keadaan diam, *pivot point* akan berada di tengah kapal, yaitu pada titik COG tetapi saat melakukan maneuver maju atau mundur berpindah ke depan (*bow*) atau belakang (*stern*).



Gambar 2.13 Posisi Pivot point kapal

Sumber : Seo, 2016

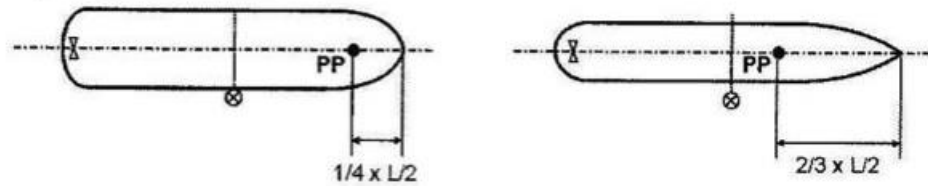
Lalu berdasarkan bentuknya, letak pivot point terbagi menjadi dua, yaitu :

- a. Untuk kapal dengan $CB > 0.7$ (*Full bodied ship*)

$$PP = 0.25 \times \frac{Loa}{2} \quad (2.31)$$

- b. Untuk kapal dengan $CB < 0.6$ (*slender ship*)

$$PP = \frac{2}{3} \times \frac{Loa}{2} \quad (2.32)$$



Gambar 2.14 Letak Pivot point berdasarkan bentuk badan kapal

Sumber : Seo, 2016

2.2.9 Gaya Tarik Tugboat (*Bollard Pull calculation*)

Gaya Tarik tugboat atau bisa dibilang perhitungan bollard pull (BP) adalah salah satu perhitungan dalam operasi towing operations yang harus dilakukan. Umumnya kapal yang ditowing berupa kapal tongkang (barge), tetapi saat memasuki daerah pelabuhan kapal-kapal seperti tanker pun juga akan dibantu oleh tugboat saat akan melakukan maneuver. Saat akan melakukan operasi towing, terdapat beberapa hal yang harus dilihat, yaitu :

- Besarnya kapal yang akan ditowing.
- Efisiensi kapal tugboat
- Kecepatan maksimum yang mampu dicapai
- Keadaan cuaca

Untuk dapat menghitung gaya Tarik yang mampu dihasilkan dilakukan dengan mencari bollard pull (BP) yang didapatkan. Untuk mendapatkan hasil bollard pull (BP) maksimal dengan menggunakan rumus dari Bureau Veritas (BV) serta DNVGL, didapatkan rumus yaitu :

$$Rt = \frac{R_{tot}}{C_{ef}} \times \frac{1}{1000} \times \frac{1}{9.81} T \quad (2.33)$$

Keterangan :

Rt = Bollard Pull yang dibutuhkan tugboat (T)

R_{tot} = besar tahanan kapal yang ditowing (N)

= R_r (tow line resistance) + R_a (aerodynamic resistance) + R_h (hydrodynamic resistance)

C_{ef} = Koefisien bollard pull

Tow line resistance :

$$R_r = 4.6 \times 10^{-3} (d)(v)^2 (1 + (71.6 Z/P)) \quad N \quad (2.34)$$

Keterangan :

d = tow line diameter

V = towing speed

V_c = current speed

l = tow line immersed length

Z = sag of tow line

P = jarak tugboat dengan LNGC

Aerodynamic Resistance :

$$R_a = \frac{1}{2} \times C_x \times C_h \times (\rho_{air}) \times (S) ((V_w)^2)$$

Keterangan :

C_x = Drag coefficient (dari tabel 2.4)

C_h = Height coefficient (dari tabel 2.4)

ρ_{air} = massa jenis udara

S = windage area

V_w = wind speed

Tabel 2.4 nilai Cx dan Ch.

APPENDIX 1

COEFFICIENT C_X

Member	C _X
Plating - plane member	1,0
Spherical	0,4
Cylindrical	0,5
Cable	1,2
Derrick (plain lattice)	1,25
Exposed stiffening member	1,3
Small member	1,4
Important exposed member	1,5

COEFFICIENT C_H

Height in terms of the waterline, in m	C _H
0 - 15,3	1,0
15,3 - 30,5	1,10
30,5 - 46,0	1,20
46,0 - 61,0	1,30
61,0 - 76,0	1,37
76,0 - 91,5	1,43
91,5 - 106,5	1,48

- 44 -

BUREAU VERITAS

Sumber : Bureau Veritas

Hydrodynamic resistance :

$$R_h = R_v \text{ (wave resistance) } + R_f \text{ (Frictional resistance) } \quad N$$

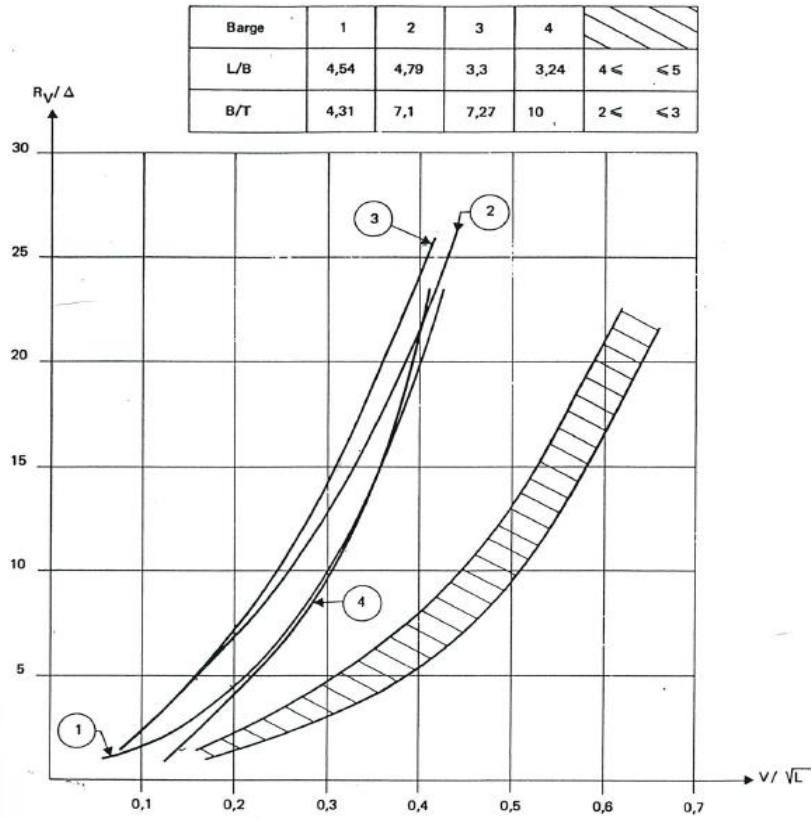
$$R_v = (R_v / D) \times D \quad N$$

Keterangan :

R_v/D = didapat dari grafik gambar 2.9

D = displacement

Barges : curves giving for $\frac{V}{\sqrt{L}}$ a reasonable value of $\frac{R_V}{\Delta}$ with :
 V : in m/s,
 L : in m,
 R_V : in N,
 Δ : in t.



- 15 -

BUREAU VERITAS

Gambar 2.15 Grafik nilai R_v/D

Sumber : Bureau Veritas

2.2.10 Hazard Identification (HAZID)

Hazard Identification (HAZID) adalah proses pengidentifikasian bahaya, dimana bentuk-bentuk inti dari langkah pertama penilaian risiko. Terdapat dua tujuan yang mungkin dalam mengidentifikasi bahaya :

- Memperoleh daftar dari bahaya-bahaya yang digunakan untuk pengevaluasian berikutnya dengan Teknik penilaian risiko yang lain. Hal ini lebih dikenal dengan pemilihan penyebab kerusakan.
- Melakukan evaluasi secara kuantitatif pada bahaya-bahaya yang penting dan ukuran untuk mengurangi risiko dari bahaya tersebut.

HAZID merupakan istilah umum yang digunakan untuk menjelaskan aktifitas/proses yang bertujuan untuk mengidentifikasi bahaya dan kejadian-kejadian lainnya berpotensi menjadi dampak konsekuensi.

2.2.11 Analisis Risiko

Resiko adalah hasil dari frekuensi dengan kejadian tidak diinginkan yang diantisipasi untuk terjadi dengan konsekuensi dari hasil kejadian. Analisis risiko adalah proses pemahaman sesuatu yang tidak diinginkan dapat terjadi, bagaimana kemungkinannya untuk terjadi, dan separah apa akibatnya apabila terjadi. Penilaian risiko termasuk Analisis risiko, tetapi juga termasuk proses dengan hasil dari Analisis risiko yang dipertimbangkan terhadap keputusan, standart atau kriteria.

Resiko didefinisikan sebagai hasil dengan kejadian yang diantisipasi terjadi dan konsekuensi dari kejadian. Dalam lingkup matematika, risiko dapat dihitung dengan menggunakan rumus (ABS, 2003):

$$Risk = Frequency \times Consequence \dots\dots\dots (2.33)$$

Adapun secara garis besar ketidakpastian dapat dikelompokkan menjadi tiga (Rosyid, 2001):

1. Ketidakpastian fisik, yaitu variabilitas terjadi pada besar-besaran beban, dan dimensi seperti lebar, tebal, diameter, dan sebagainya.
2. Ketidakpastian statistik digambarkan dengan adanya para rentang, harga rata-rata, maupun simpangan baku.
3. Ketidakpastian model, dalam hal ini secara prinsip dapat dikurangi dengan memperkecil jumlah anggapan yang melandasi model tersebut.

2.2.12 Mode Kegagalan

Langkah pertama sebelum menentukan moda kegagalan adalah terlebih dahulu menentukan kegagalan yang akan dialami oleh suatu struktur (Rosyid, 2008).

Berikut adalah persamaan pada kedua mode kegagalan yang akan digunakan.

- 1 Mode Kegagalan untuk maneuver kapal tanpa bantuan tugboat

$$MK = (3 \times Loa) - TD$$

$$MK = (3 \times Loa) - \left(0.910 \times \frac{STD}{L} + 0.424 \times \frac{Vs}{\sqrt{L}} + 0.675\right) \times L$$

- 2 Mode Kegagalan untuk maneuver kapal dengan bantuan tugboat

$$MK = (2 \times Loa) - TD$$

$$MK = (2 \times Loa) - \left(0.910 \times \frac{STD}{L} + 0.424 \times \frac{Vt}{\sqrt{L}} + 0.675\right) \times L$$

Keterangan :

$$\begin{aligned} \frac{STD}{L} = & 4.19 - 203 \times \left(\frac{Cb}{\delta R}\right) + 47.4 \times \left(\frac{Trim}{L}\right) - \frac{13 \times B}{L} + \frac{194}{\delta R} \\ & - 35.8 \times \left(\frac{Sp \times Ch}{L \times T}\right) \times (ST - 1) + 3.82 \times \left(\frac{Sp \times Ch}{L \times T}\right) \times (ST - 2) \\ & + 7.79 \times \left(\frac{Ab}{L \times T}\right) + 0.7 \times \left(\frac{T}{TL} - 1\right) \times \left(\frac{\delta R}{|\delta R|}\right) \times (ST - 1) \end{aligned}$$

Rumus mode kegagalan yang digunakan dalam Tugas Akhir ini diambil dari IMO resolution MSC 137 (76) (2002). Berdasarkan rumus di atas, dianggap gagal dan akan terjadi tubrukan jika $MK < 0$ dan dianggap sukses jika $MK > 0$.

2.2.13 Simulasi Monte Carlo

Ketika suatu sistem yang sedang dipelajari mengandung variabel atau parameter yang memiliki nilai random, atau mengandung perubah acak, maka metode simulasi Monte Carlo dapat digunakan untuk memecahkan persoalan ini, suatu set nilai dari tiap-tiap variabel (satu nilai untuk setiap variabel) dari suatu sistem disimulasikan berdasarkan distribusi peluangnya, misalnya berdasarkan fungsi kerapatan peluang tiap-tiap variabel tersebut.

Unsur pokok yang diperlukan didalam simulasi Monte Carlo adalah sebuah *random number generator* (RNG). Hal ini karena, secara teknis, prinsip dasar metode simultan Monte Carlo sebenarnya adalah sampling numerik dengan bantuan RNG, dimana simulasi dilakukan dengan mengambil beberapa sampel dari perubah acak berdasarkan distribusi peluang perubah acak tersebut. Ini berarti, Simulasi Monte Carlo mensyaratkan bahwa distribusi peluang dari perubah acak yang terlibat di dalam sistem yang sedang dipelajari telah diketahui atau dapat diasumsikan. Sampel yang telah diambil tersebut dipakai sebagai masukan ke dalam persamaan fungsi kinerja $FK(x)$, dan harga $FK(x)$ kemudian dihitung. Untuk suatu fungsi kinerja tertentu, misalnya, setiap kali $FK(x) < 0$, maka sistem/komponen yang ditinjau dianggap gagal. Jika jumlah sampel tersebut adalah N (atau replikasi sejumlah N), maka dapat dicatat kejadian $FK(x) < 0$ sejumlah n kali. Dengan demikian, peluang kegagalan sistem/komponen yang sedang ditinjau adalah rasio antara jumlah kejadian gagal dengan sampel atau replikasi, $P_g = n/N$.

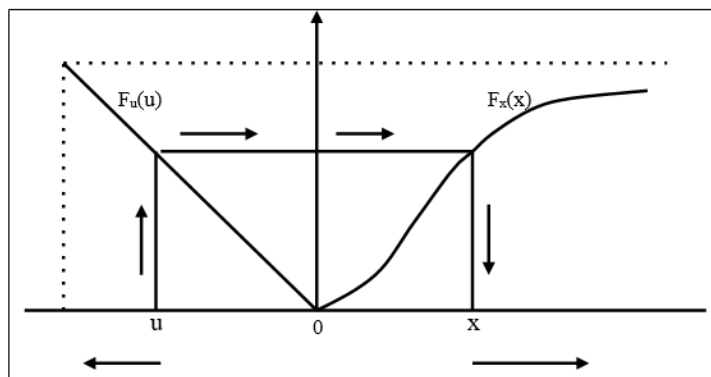
Persoalan utama di dalam simulasi Monte Carlo adalah bagaimana mentransformasikan angka acak yang dikeluarkan oleh *random number generator* (RNG) menjadi besaran fisis yang sesuai dengan fungsi kerapatan peluang (f_{kp})nya. Ini disebabkan karena angka acak yang dikeluarkan oleh RNG memiliki *f_{kp} uniform*, sedangkan perubah dasar dalam $FK(x)$ seringkali tidak demikian (misal terdistribusi secara normal, lognormal, dan sebagainya). RNG biasanya ada dalam CPU komputer sebagai *built-in computer program* dalam bagian ROMnya. RNG yang disediakan ini hampir selalu berbentuk *linear congruential generator* yang mengeluarkan suatu deretan bilangan cacah (integer) I_1, I_2, I_3 .

Tranformasi bilangan acak menjadi nilai perubah acak juga dapat dilakukan secara numerik dengan prosedur intuitif berikut:

1. Untuk X_P dengan fungsi kerapatan peluang yang diketahui f_{kp} , bagilah rentang X_P menjadi I interval yang sama sepanjang dx .
2. hitung luas tiap pias (ini akan menghasilkan peluang XP memiliki harga dalam interval i , yaitu sebesar P_i) dengan mengalikan interval dx dengan tinggi f_{kp} pada X_i . Untuk setiap a_P , yang keluar dari RNG, maka a_P

diperbandingkan dengan batas interval yang sesuai. Apabila $P_i < aP < P_{i+1}$, maka aP “dipahami” (ditransformasikan) sebagai X_i .

Disamping itu, transformasikan dari bilangan acak ke nilai perubah acak dapat dilakukan secara analitik, berdasarkan fungsi distribusi kumulatif perubah acak tersebut. Oleh karena fungsi distribusi kumulatif (*fdk*) dari suatu perubah acak X merupakan fungsi kontinu dan monotonik dari X , maka nilai $F_x(x)$ dapat dipakai sebagai alat transformasi dari nilai bilangan acak u menjadi nilai perubah acak, x , sebagaimana digambarkan pada Gambar 2.16.



Gambar 2.16 Hubungan bilangan acak distribusi uniform dengan perubah acak X pada fungsi.

Sumber : Rosyid, 2001.

Sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.16, oleh karena $u = g(x) = F_x(x)$ merupakan fungsi yang tidak memiliki elemen yang menurun (*non-decreasing function*), maka untuk sembarang nilai u diantara 0 dan 1, fungsi inverse $x = \xi(u)$ dapat didefinisikan sebagai nilai x terkecil yang memenuhi persamaan $F_x(x) \geq u$ (berdasarkan definisi quantil dalam fungsi distribusi kumulatif). Sehingga dapat didefinisikan bahwa nilai bilangan acak diambil sebagai nilai dari quantil, $u = F_x(x)$, sedemikian sehingga nilai perubah acak dapat ditentukan (setelah fungsi distribusi kumulatifnya dipunyai).

2.2.14 Matriks Risiko

Kriteria penerimaan untuk memutuskan persamaan dari tujuan desain harus diadakan. Kriteria penerimaan harus dapat diaplikasikan pada evaluasi matrik yang telah dipilih. Jika ukuran digunakan untuk evaluasi matrik, pada tahap ini, matrik risiko dengan kriteria penerimaan yang akan digunakan. Dengan pilihan, untuk perbandingan penilaian, kriteria penerimaan dapat didasarkan pada konsekuensi atau hanya pada frekuensi saja. Kekompleksan matriks resiko tergantung dari pertimbangan *owner*, apakah menggunakan metode kualitatif, kuantitatif, maupun semi kuantitatif. Matriks resiko semi kuantitatif disajikan seperti berikut.

PoF Ranking	PoF Description	A	B	C	D	E
5	(1) In a small population, one or more failures can be expected annually. (2) Failure has occurred several times a year in the location.	YELLOW	RED	RED	RED	RED
4	(1) In a large population, one or more failures can be expected annually. (2) Failure has occurred several times a year in operating company.	YELLOW	YELLOW	RED	RED	RED
3	(1) Several failures may occur during the life of the installation for a system comprising a small number of components. (2) Failure has occurred in the operating company.	GREEN	YELLOW	YELLOW	RED	RED
2	(1) Several failures may occur during the life of the installation for a system comprising a large number of components. (2) Failure has occurred in industry.	GREEN	GREEN	YELLOW	YELLOW	RED
1	(1) Several failures may occur during the life of the installation for a system comprising a large number of components. (2) Failure has occurred in industry.	GREEN	GREEN	GREEN	YELLOW	YELLOW
CoF Types	Safety	No Injury	Minor Injury Absence < 2 days	Major Injury Absence > 2 days	Single Fatality	Multiple Fatalities
	Environment	No pollution	Minor local effect. Can be cleaned up easily.	Significant local effect. Will take more than 1 man week to remove.	Pollution has significant effect upon the surrounding ecosystem (e.g. population of birds or fish).	Pollution that can cause massive and irreparable damage to ecosystem.
	Business	No downtime or asset damage	< € 10.000 damage or downtime < one shift	< € 100.000 damage or downtime < 4 shifts	< € 1.000.000 damage or downtime < one month	< € 10.000.000 damage or downtime one year
CoF Ranking		A	B	C	D	E

Gambar 2.17 Matriks Risiko ISO 2000.

Sumber : DNV RP-G101, 2010.

Penentuan kategori kegagalan sesuai dengan probabilitas kegagalan struktur (*Probabilities of Failure*) ditentukan dengan menggunakan ketentuan pada Tabel 2.5 berikut.

Table 2.5 Kategori PoF (*Probabilities of Failure*)

Cat.	Annual failure probability		Description
	Quantitative	Qualitative	
5	$> 10^{-2}$	Failure expected	(1) In a small population*, one or more failures can be expected annually. (2) Failure has occurred several times a year in location.
4	10^{-3} to 10^{-2}	High	(1) In a large population**, one or more failures can be expected annually. (2) Failure has occurred several times a year in operating company.
3	10^{-4} to 10^{-3}	Medium	(1) Several failures may occur during the life of the installation for a system comprising a small number of components. (2) Failure has occurred in operating company.
2	10^{-5} to 10^{-4}	Low	(1) Several failures may occur during the life of the installation for a system comprising a large number of components. (2) Failure has occurred in industry.
1	$< 10^{-5}$	Negligible	(1) Failure is not expected. (2) Failure has not occurred in industry.

Notes:
 * Small population = 20 to 50 components.
 ** Large population = More than 50 components

Sumber : DNV RP G-101, 2010.

Sedangkan untuk konsekuensi kegagalan (*Consequences of Failure*) dapat ditentukan dengan menggunakan Tabel 2.6 berikut.

Table 2.6 Kategori CoF (*Consequence of Failure*)

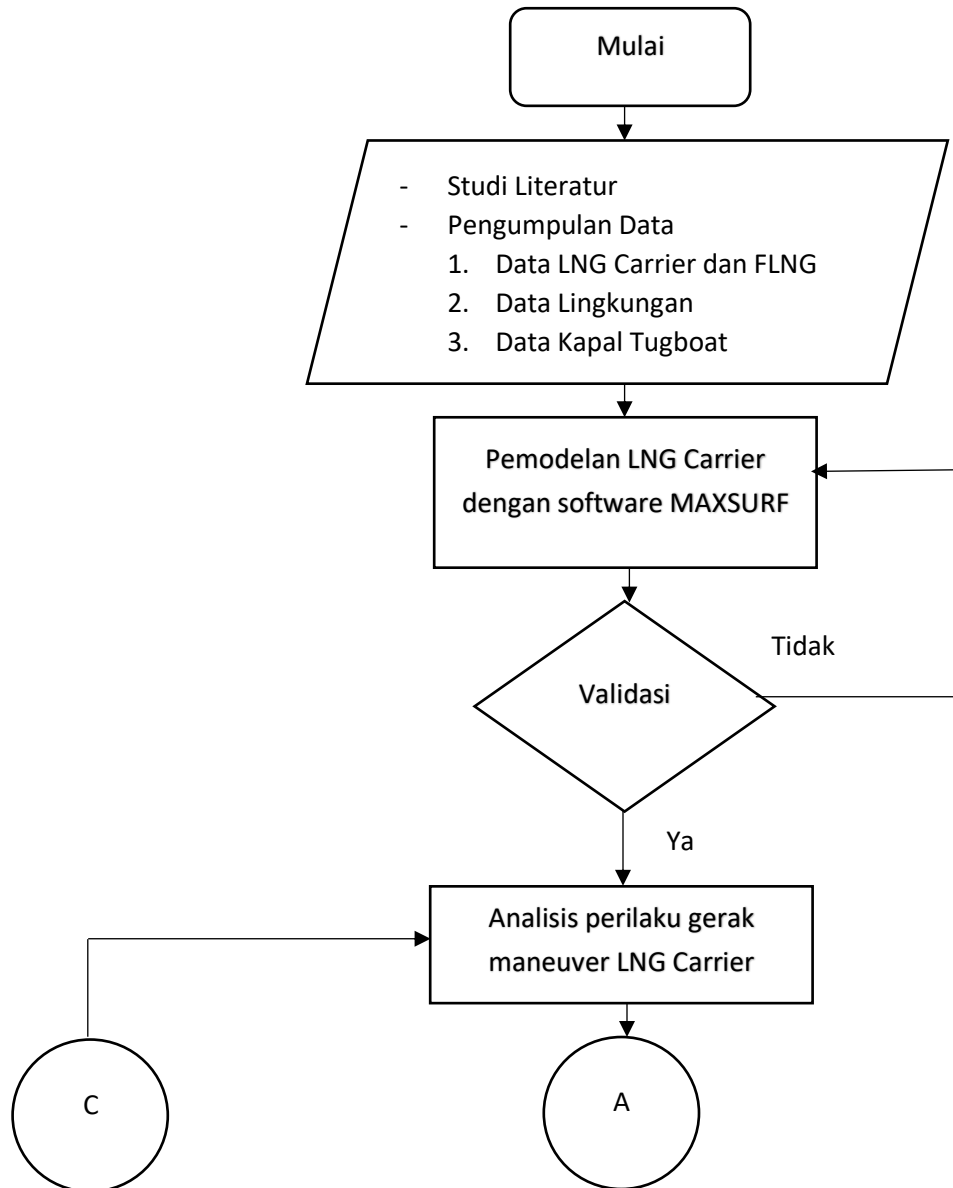
Probability Rank, P	Proposed Range of Calculated P_{fail}
1	$P_{fail} \leq 0.1\%$
2	$0.1\% < P_{fail} \leq 1\%$
3	$1\% < P_{fail} \leq 10\%$
4	$10\% < P_{fail} \leq 50\%$
5	$P_{fail} > 50\%$

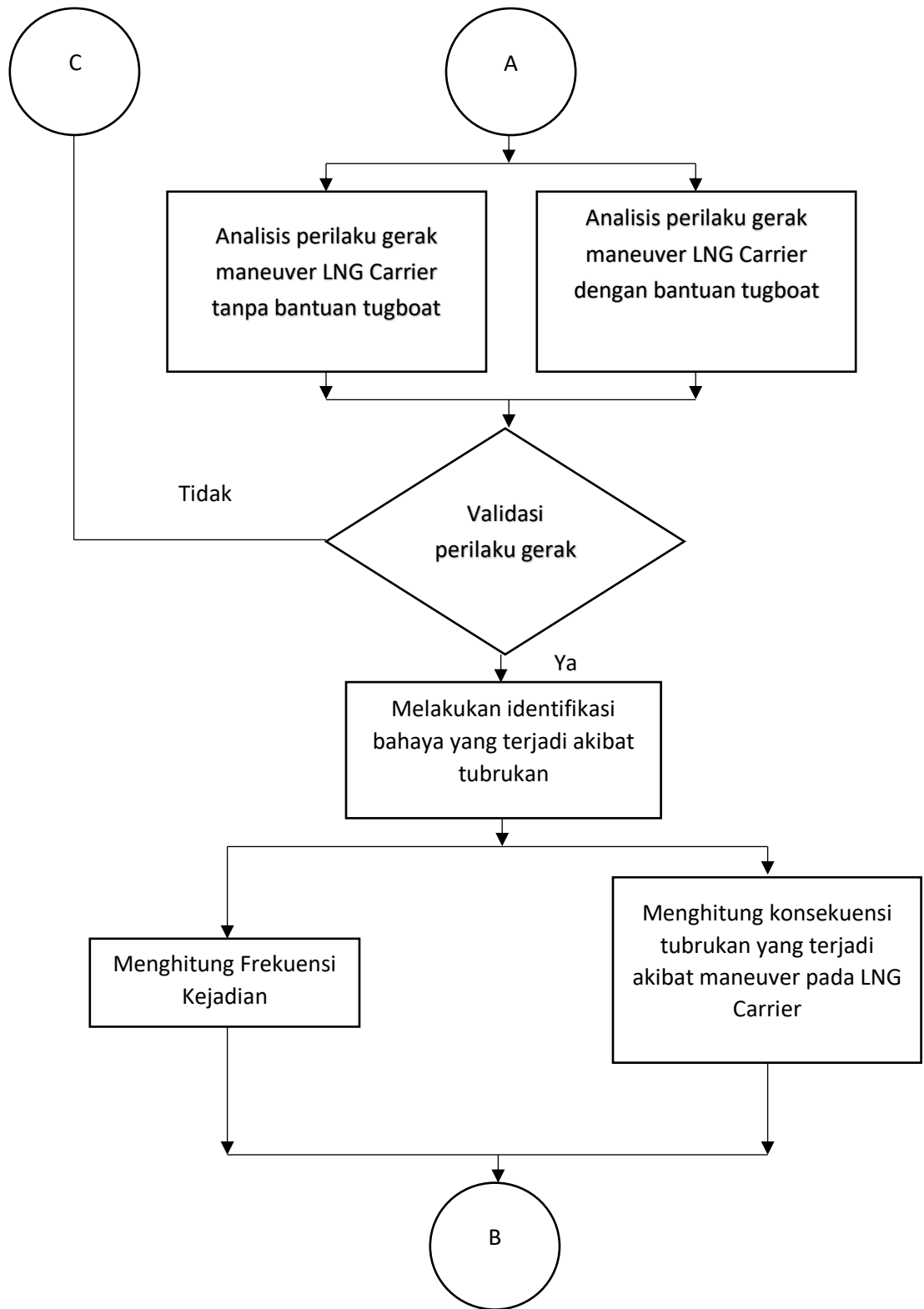
Sumber : Farhansyah, 2016

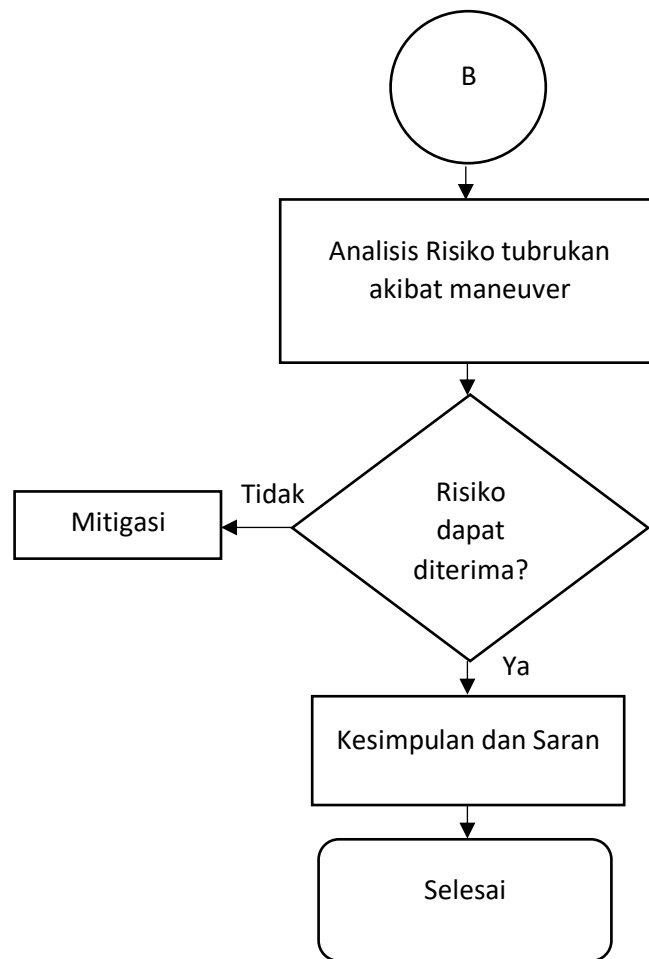
BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 METODE PENELITIAN

Berikut merupakan diagram alir pengerjaan Tugas Akhir, yaitu :







3.2 PROSEDUR PENELITIAN

Adapun 35 langkah pengerjaan dalam diagram alir pengerjaan Tugas Akhir di atas adalah sebagai berikut :

1. Studi Literatur.

Studi literatur dilakukan dengan mempelajari paper, jurnal dan literatur lain yang berkaitan dengan Analisis yang akan dilakukan pada penelitian ini serta mempelajari software MAXSURF yang nantinya akan digunakan dalam pengerjaan penelitian.

2. Pengumpulan Data.

Data kapal LNG Carrier, data *Rudder*, data lingkungan serta data tugboat yang akan digunakan dalam proses pengerjaan penelitian.

3. Melakukan pemodelan struktur LNG Carrier dengan FLNG menggunakan software MAXSURF.
4. Melakukan pengecekan model pada MAXSURF.
5. Analisis perilaku gerak maneuver LNG Carrier dengan dan tanpa bantuan tugboat.

Analisis disini dilakukan dimulai dari gerak LNG Carrier itu sendiri, gerak maneuvernya merupakan *turning circle* melalui kriteria dari IMO dan juga dari *Japanese Harbour Design Criteria*. Lalu masuk dalam melakukan Analisis dalam kemampuan maneuvering tersebut dengan membandingkan antara maneuvering sendiri dengan maneuvering dengan bantuan tugboat, yang dibandingkan dalam hal ini adalah besarnya jari-jari yang didapat dari kemampuan maneuver tersebut (*Turning circle*). Penggambaran *turning circle* disini menggunakan software AutoCAD.

6. Melakukan identifikasi bahaya apa saja yang terjadi akibat tubrukan.
Identifikasi bahaya dibagi menjadi dua, yaitu pencarian frekuensi kejadian dan menghitung seberapa parah konsekuensi yang terjadi. Dalam perhitungan konsekuensi menggunakan metode simulasi monte carlo.
7. Membuat matriks risiko.
Matriks risiko ini merupakan kombinasi dari frekuensi kejadian dan konsekuensi kegagalan. Untuk mencari konsekuensi kegagalan awalnya menggunakan simulasi monte carlo.

3.3 Pengumpulan Data

Dalam pengerjaan Tugas Akhir disini data yang digunakan adalah berupa data struktur kapal LNGC, data *Rudder*, data lingkungan serta data spesifikasi kapal tugboat. Data yang digunakan dalam Tugas Akhir ini yaitu :

3.3.1 Data Struktur kapal LNGC

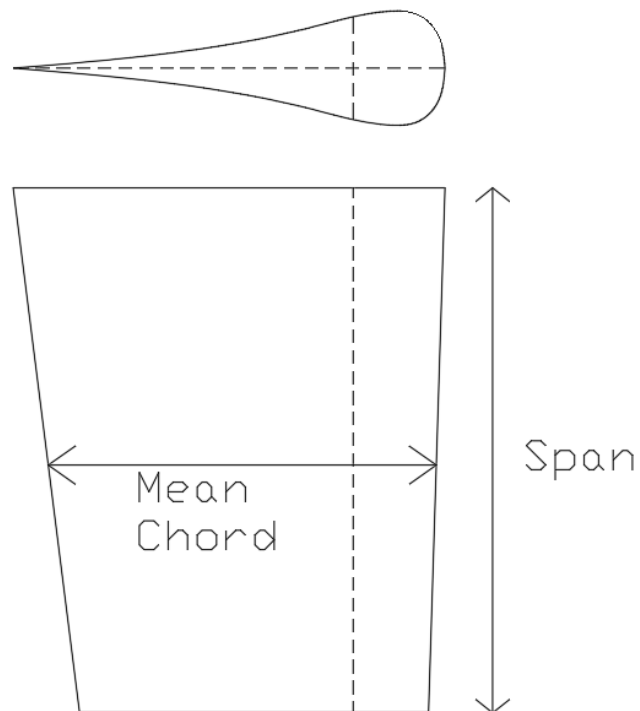
Tabel 3.1 Data Struktur Kapal LNGC 10600 DWT (*Surya Aki Ship*)

Dimensi	Ukuran	Satuan
<i>Length overall (LOA)</i>	151	m
<i>Length between perpendicular (LPP)</i>	140	m
<i>Breadth (B)</i>	28	m
<i>Depth (H)</i>	16	m
<i>Draft (T)</i>	7.3	m
<i>Displacement</i>	18451	ton

3.3.2 Data Rudder

Bentuk = *Hanging Spade Rudder*

Profile Rudder = *Flatsided*



Gambar 3.1 Bentuk Rudder

3.3.3 Data Lingkungan

Data lingkungan yang digunakan pada penelitian kali ini didapat dari PT. Pertamina yang merupakan data lingkungan di Batam. Data yang didapat dalam kondisi operasi adalah sebagai berikut :

Wind Velocity (1-hour) : 11.2 m/sec

Significant Wave Height : 0.5 m

Significant Wave Period : 6.9 sec

Current : 0.75 m/sec

3.3.4 Data Kapal Tugboat

Tabel 3.2 Data Struktur kapal Tugboat

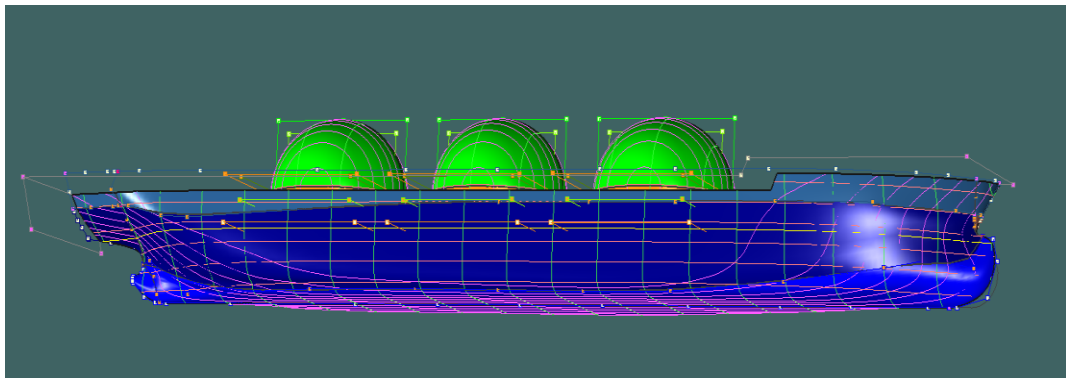
Dimensi	Ukuran	Satuan
<i>Length overall (LOA)</i>	40.75	m
<i>Breadth (B)</i>	11.22	m
<i>Depth (H)</i>	5.12	m
<i>Displacement</i>	1245	ton
Bollard Pull	68.1	ton
Speed	12	knots

BAB IV

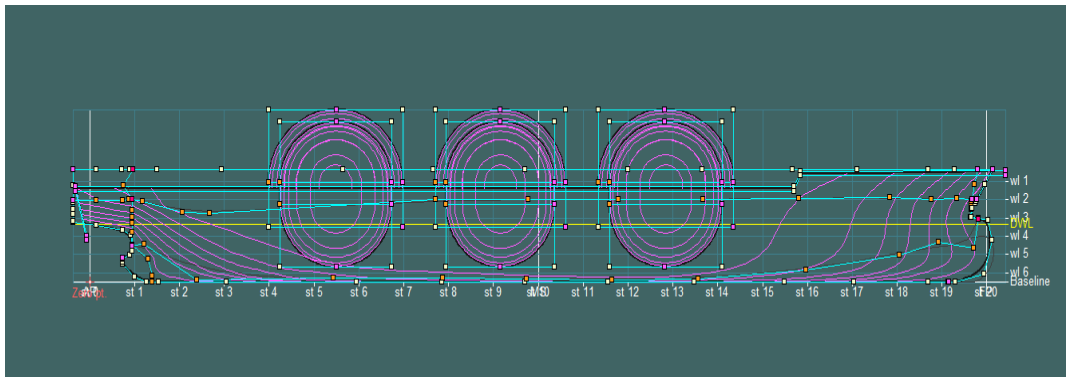
ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Pemodelan Struktur

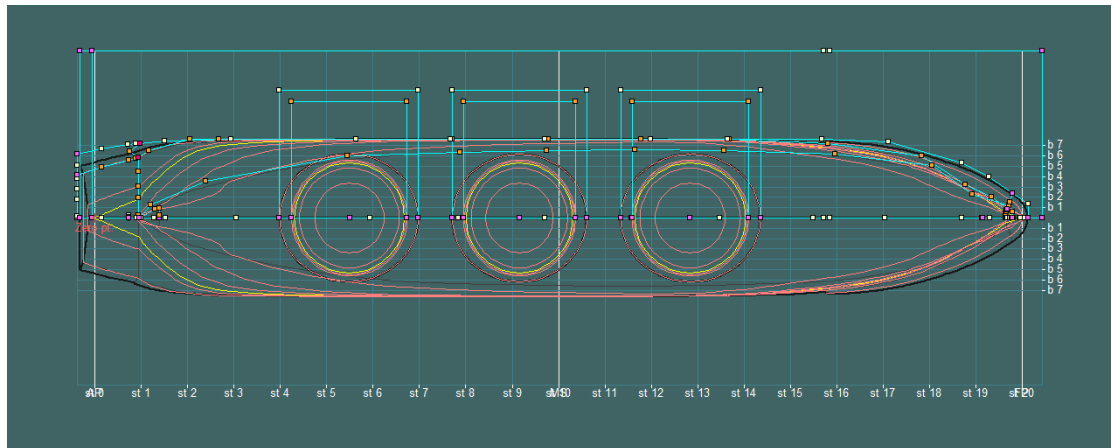
Pemodelan kapal LNGC dilakukan dengan menggunakan software maxsurf. Pemodelan yang dilakukan pada Maxsurf berupa lambung kapal yang nantinya akan digunakan untuk melakukan pengecekan ke dalam tahap validasi.



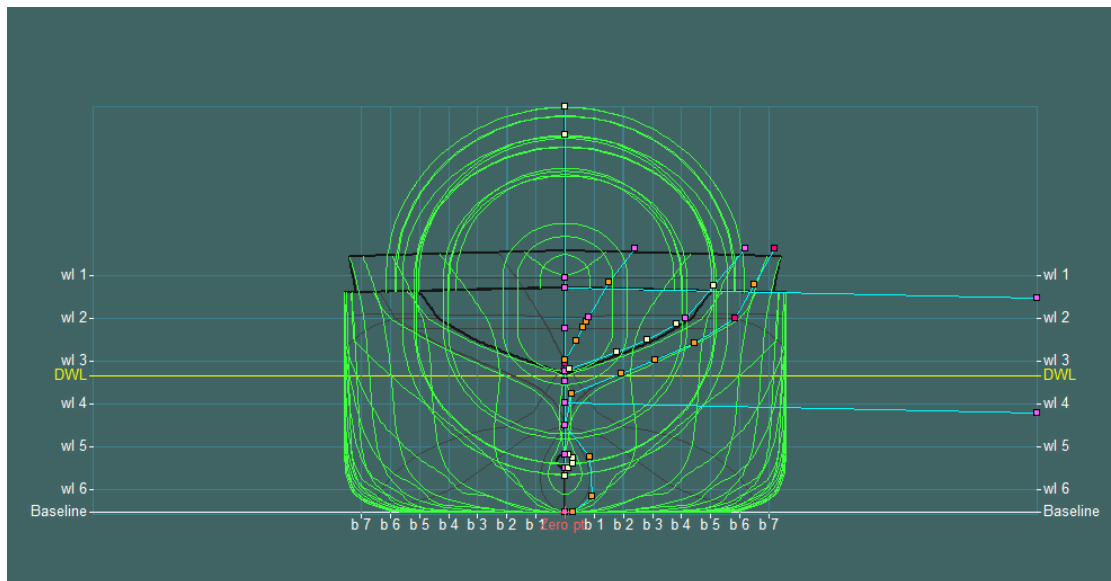
Gambar 4.1 Tampak isometri kapal LNGC menggunakan Maxsurf Modeller



Gambar 4.2 Tampak samping kapal LNGC menggunakan Maxsurf Modeller



Gambar 4.3 Tampak atas kapal LNGC menggunakan Maxsurf Modeller



Gambar 4.4 Tampak depan kapal LNGC menggunakan Maxsurf Modeller

4.2 Validasi Model

Setelah melakukan pemodelan pada Maxsurf, kemudian melakukan validasi apakah kapal tersebut sesuai dengan data pada kondisi sebenarnya atau tidak sehingga dapat digunakan untuk Analisis selanjutnya. Untuk kriteria validasi disini tidak boleh bernilai lebih dari 2% yang mengacu pada ABS. berikut ini merupakan hasil validasi pemodelan, yaitu :

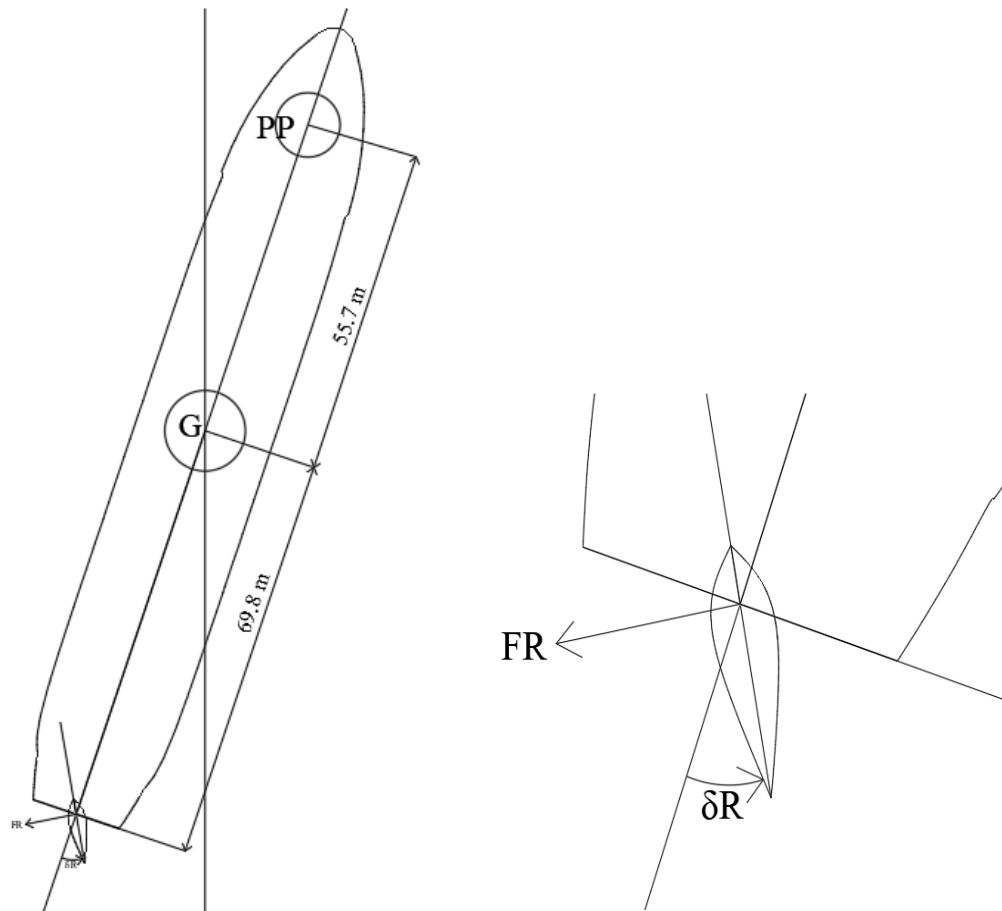
Tabel 4.1 Hasil Validasi model kapal LNGC

Parameter	Satuan	Data Referensi	Maxsurf	Koreksi (%)
Displacement	ton	18451	18227	0.0121
Loa	m	151	151	0.0000
Lpp	m	140	140	0.0000
B	m	28	28	0.0000
H	m	16	16	0.0000
T	m	7.3	7.3	0.0000
Cb	-	0.735	0.735	0.0000

4.3 Analisis Perilaku Gerak Maneuver LNG Carrier

4.3.1 Analisis Perilaku Gerak Maneuver LNG Carrier tanpa Bantuan Tugboat

Dalam melakukan Analisis perilaku gerak maneuver kapal disini, dilakukan dengan melakukan simulasi maneuver kapal pada kondisi Turning Circle untuk mendapatkan radius putar yang mampu dilakukan oleh kapal tersebut nantinya. Pada kasus ini dilakukan simulasi maneuver kapal dengan hanya menggunakan gaya dorong dari *Rudder* itu sendiri tanpa bantuan gaya dorong lain seperti bantuan bow thruster maupun kapal tugboat. Berikut ini adalah simulasi maneuver kapal dengan menggunakan gaya dorong *Rudder*.



Gambar 4.5 Gaya Dorong *Rudder*

Seperti yang terlihat pada gambar 4.5 dapat dilihat dengan menggunakan single *Rudder*, gaya yang bekerja pada *Rudder* tersebut tergantung pada sudut beloknya beserta pada kecepatan berapa kapal tersebut melakukan maneuver. Untuk kecepatan yang telah ditetapkan saat akan melakukan maneuver disini terutama di daerah pelabuhan maksimal adalah 10 knot. Sedangkan untuk sudut belok maksimum *Rudder* disini, dengan ketentuan dari IMO, sudut maksimal *Rudder* saat berbelok adalah sebesar 35°. Berikut merupakan perhitungan gaya dorong *Rudder*.

$$F_R = \frac{1}{2} \times \rho_w \times \frac{6.13 \lambda}{\lambda + 2.25} \times A_R \times V_R^2 \times \sin \delta R$$

$$F_R = \frac{1}{2} \times 1025 \times \frac{6.13 \times 1.826}{1.826 + 2.25} \times 24.281 \times 5.14^2 \times \sin 20$$

$$F_R = 308773.38 \text{ N}$$

Keterangan :

- F_R = Gaya dorong pada *Rudder* (N)
 ρ_w = Massa Jenis air laut (kg/m³)
 λ = *Aspect ratio of Rudder* ($\lambda = 1.826$ untuk tanker)
 A_R = Luas area dari *Rudder* (m²)
 V = kecepatan kapal saat *maneuver* (1 knot = 0.514 m/s)
 δ_R = sudut dari *Rudder* saat *maneuver* (°)

Perhitungan di atas merupakan contoh perhitungan gaya dorong *Rudder* pada saat kecepatan 10 knot dan sudut belok *Rudder* 20°. Lalu untuk perhitungan gaya dorong lainnya dengan variasi kecepatan dan sudut *Rudder* dapat dilihat pada table dibawah ini :

Tabel 4.2 Perhitungan Gaya dorong *Rudder*

Gaya Dorong <i>Rudder</i> (N)					
Kecepatan \ sudut	2 knot	4 knot	6 knot	8 knot	10 knot
20°	12350.94 N	49403.74 N	111158.42 N	197614.96 N	308773.38 N
30°	18056.92 N	72227.69 N	162512.31 N	288910.77 N	451423.07 N

Setelah mengetahui gaya dorong *Rudder* seperti yang terlihat pada table 4.2, terlihat bahwa semakin besar kecepatan dan sudut belok *Ruddernya* maka semakin besar juga gaya dorong yang didapat. Kemudian untuk dapat menghitung gerak *maneuver turning circle* setelah mengetahui gaya dorong *Rudder* disini dilakukan perhitungan static trim kapal. Dimana untuk perhitungan static trim kapal disini menggunakan perhitungan dari Dr. Barrass method. Berikut ini adalah perhitungan untuk static trim.

$$\Delta_{\max} (\text{Trim}) = \frac{Cb \times V^{2.08}}{30} \times \left(\frac{B \times T}{(H \times B (7.7 + 20 (1 - Cb)^2)) - B \times T} \right)^{2/3}$$

$$\delta_{\max} (\text{Trim}) = \frac{0.735 \times 10^{2.08}}{30} \times \left(\frac{28 \times 7.3}{(16 \times 28 (7.7 + 20 (1 - 0.735)^2)) - 28 \times 7.3} \right)^{2/3}$$

$$\delta_{\max} (\text{Trim}) = 0.414 \text{ m}$$

Keterangan :

Cb = *Block Coefficient* kapal

T = Sarat air

H = Tinggi kapal

B = Lebar kapal

V = Kecepatan kapal

Tabel 4.3 Perhitungan static trim

Kecepatan Kapal (knot)	Static Trim (m)
2	0.015
4	0.062
6	0.143
8	0.260
10	0.414

Seperti yang terlihat pada tabel 4.3, untuk perhitungan static trim kapal hanya berbeda pada kecepatan kapal saja tidak terdapat perbedaannya pada sudut *Rudder*. Setelah mendapatkan parameter nilai static trim, dapat menghitung maneuver turning circle kapal. Untuk perhitungan parameter turning circle kapal adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\frac{STD}{L} &= 4.19 - 203 x \left(\frac{Cb}{\delta R}\right) + 47.4 x \left(\frac{Trim}{L}\right) - \frac{13 x B}{L} + \frac{194}{\delta R} \\ &\quad - 35.8 x \left(\frac{Sp x Ch}{L x T}\right) x (ST - 1) + 3.82 x \left(\frac{Sp x Ch}{L x T}\right) x (ST - 2) \\ &\quad + 7.79 x \left(\frac{Ab}{L x T}\right) + 0.7 x \left(\frac{T}{TL} - 1\right) x \left(\frac{\delta R}{|\delta R|}\right) x (ST - 1)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\frac{STD}{L} &= 4.19 - 203 x \left(\frac{0.735}{20}\right) + 47.4 x \left(\frac{0.414}{140}\right) - \frac{13 x 28}{140} + \frac{194}{20} \\ &\quad - 35.8 x \left(\frac{5.71 x 4.25}{140 x 7.3}\right) x (2 - 1) \\ &\quad + 3.82 x \left(\frac{5.71 x 4.25}{140 x 7.3}\right) x (2 - 2) + 7.79 x \left(\frac{1.37}{140 x 7.3}\right) \\ &\quad + 0.7 x \left(\frac{7.3}{7.3} - 1\right) x \left(\frac{20}{|20|}\right) x (2 - 1)\end{aligned}$$

$$\frac{STD}{L} = 3.13 m$$

$$\frac{TD}{L} = 0.910 x \frac{STD}{L} + 0.424 x \frac{Vs}{\sqrt{L}} + 0.675$$

$$\frac{TD}{L} = 0.910 x 3.13 + 0.424 x \frac{10}{\sqrt{140}} + 0.675$$

$$\frac{TD}{L} = 3.88 m$$

$$\frac{Ad}{L} = 0.519 x \frac{TD}{L} + 1.33$$

$$\frac{Ad}{L} = 0.519 x 3.88 + 1.33$$

$$\frac{Ad}{L} = 3.34 m$$

$$\frac{Tr}{L} = 0.497 x \frac{TD}{L} - 0.065$$

$$\frac{Tr}{L} = 0.497 x 3.88 - 0.065$$

$$\frac{Tr}{L} = 1.86$$

$$\frac{VT}{Vs} = 0.074 \times \frac{TD}{L} + 0.149$$

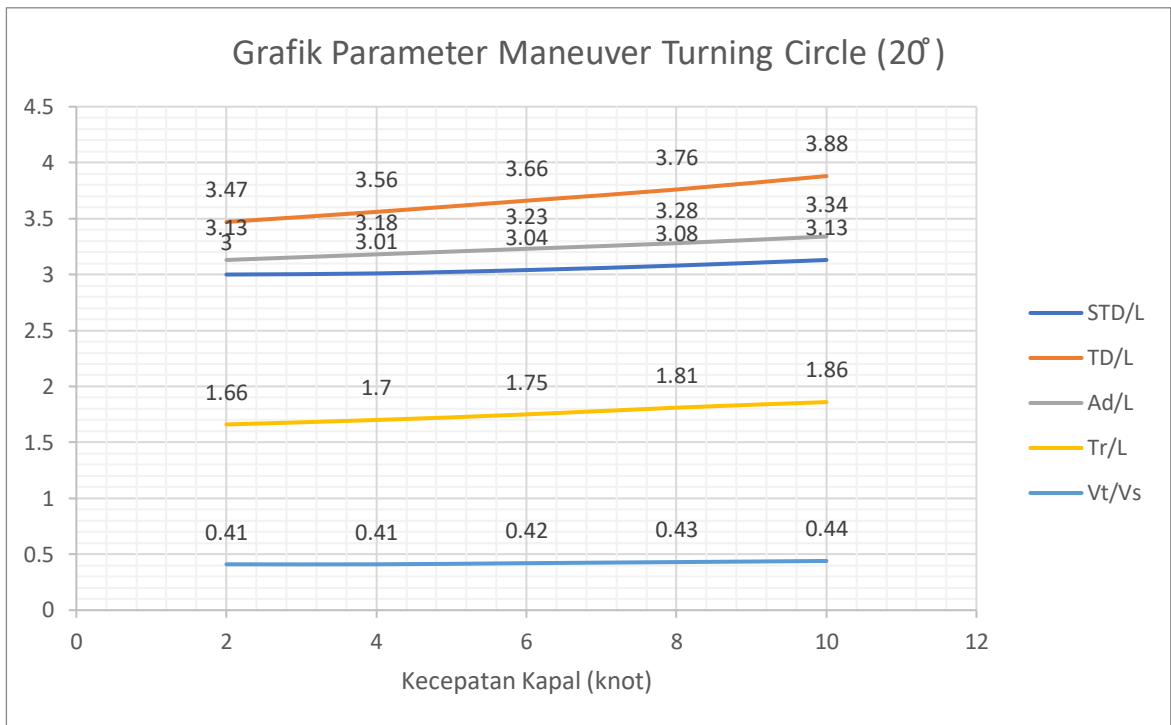
$$\frac{VT}{Vs} = 0.074 \times 3.88 + 0.149$$

$$\frac{VT}{Vs} = 0.44 \text{ knots}$$

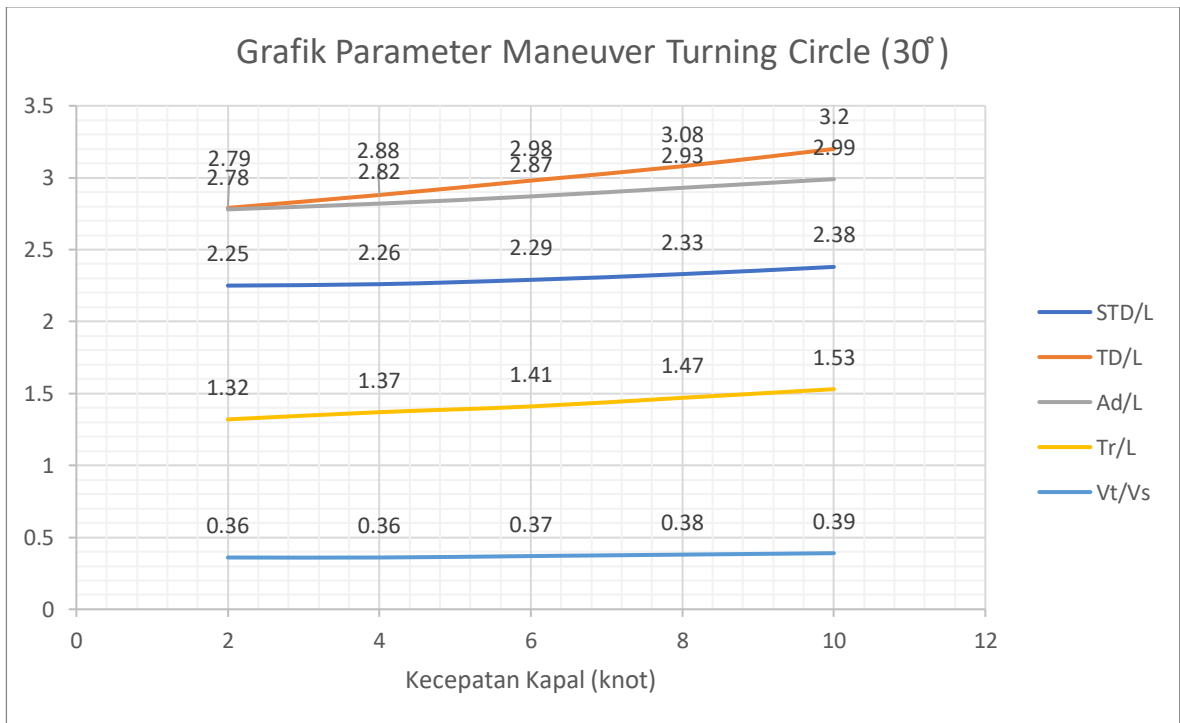
Dengan,

- STD adalah steady turning diameter, dalam m
- TD adalah tactical diameter, dalam m
- Ad adalah advance, dalam m
- Tr adalah transfer, dalam m
- Vt adalah kecepatan saat belok, dalam knots
- Ch adalah Mean Chord of *Rudder* dalam m
- SP adalah Span of *Rudder* dalam m
- ST adalah Stern Type (2)
- TL adalah Draft kapal saat maneuver (estimasi) dalam m
- AB adalah Submerged bow profile dalam m²

Perhitungan di atas merupakan contoh perhitungan parameter turning circle kapal pada kecepatan 10 knots dan sudut belok *Rudder* sebesar 20°. Lalu untuk perhitungan parameter turning circle lainnya dengan variasi kecepatan serta sudut belok *Rudder* dapat dilihat pada gambar 4.6 dan 4.7.



Gambar 4.6 Grafik Parameter Maneuver Turning circle (20°)



Gambar 4.7 Grafik Parameter Maneuver Turning Circle (30°)

Keterangan :

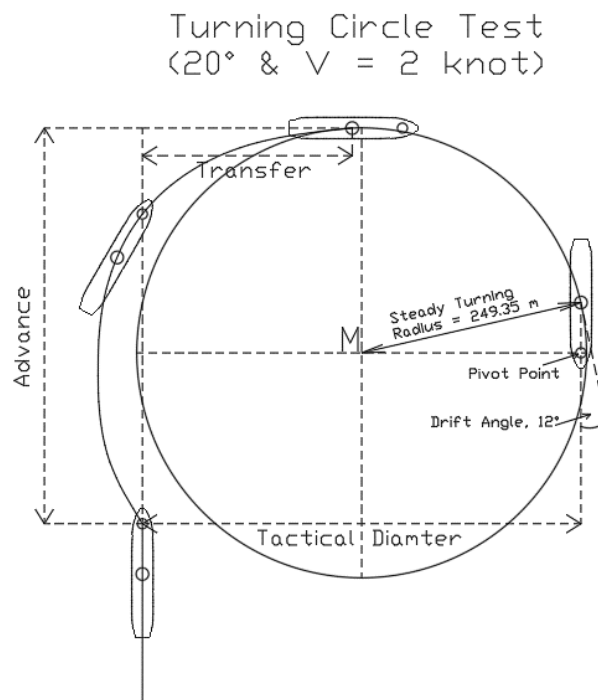
- STD/L adalah perbandingan antara steady turning diameter (kondisi kapal pada posisi yang konstan pada saat maneuver) dengan panjang kapal (L_{pp}).
- TD/L (Tactical Diameter) adalah perbandingan antara jarak yang diperoleh ke kiri atau kanan saja setelah pergantian 180° selesai.
- Ad/L (Advance) adalah jumlah jarak Gerakan asli kapal sampai kapal dalam keadaan stabil (steady) pada Gerakan baru, diukur dari titik dimana *Rudder* akan dibelokkan.
- Tr/L (Transfer) adalah jumlah jarak yang diperoleh terhadap olah gerak baru.
- V_t/V_s (Velocity in a turn) adalah perbandingan antara kecepatan kapal saat berbelok dengan kecepatan awal kapal saat akan berbelok.

Setelah mengetahui parameter-parameter di atas seperti yang ditampilkan pada tabel 4.4, kemudian dapat menggambarkan maneuver turning circle kapal untuk dapat menemukan kemampuan radius putar kapal. Untuk penggambaran maneuver turning circle disini dilakukan dengan 48embali-langkah sebagai berikut :

1. Kapal pada posisi olah gerak lurus dimana *Rudder* belum dibelokkan.
2. Pada saat *Rudder* akan dibelokkan α derajat kapal masih dalam gerakan lurus. Lalu pada titik P ditarik garis ke sumbu X sejauh Tactical Diameter (TD) & kearah vertikal sejauh Advance (Ad). Dari titik akhir Advance (Ad) ditarik garis lurus 48embali sumbu X sejauh Transfer (Tr).
3. Titik akhir pada garis Transfer (Tr) merupakan titik pusat kapal (G) setelah kapal melakukan proses maneuver.
4. Dari titik akhir Tactical Diameter (TD) ditarik garis lurus kearah vertical. Dari keempat garis yang membentuk segi empat tersebut kemudian membuat titik tengah atau titik pusat (M).

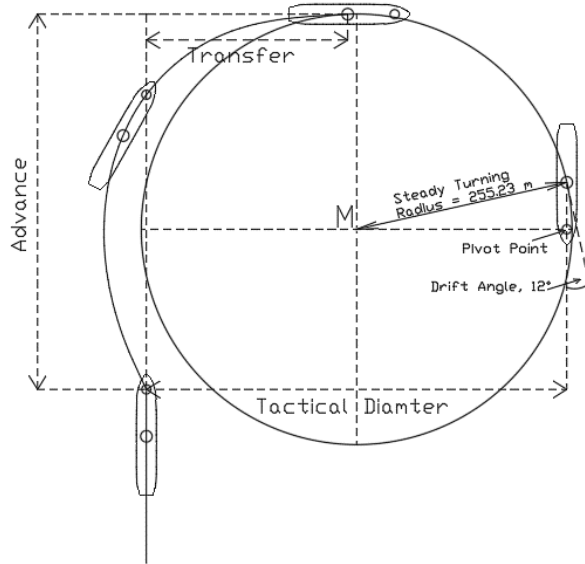
5. Dari titik pusat (M) ditarik garis kearah sumbu X sejauh $\frac{1}{2}$ dari TD. Titik ini merupakan heading dari titik P kapal. Sehingga seolah-olah posisi kapal berada tegak lurus.
6. Lalu gambarkan garis dari titik pusat (M) ke titik pusat kapal (G). hubungkan kedua titik tersebut sehingga membentuk garis. Garis inilah jarak atau radius kapal pada kondisi Steady Turning.

Dengan menerapkan kembali-langkah di atas, didapatkan gambar hasil maneuver turning circle dengan diameter yang berbeda-beda untuk setiap sudut *Rudder* serta kecepatan yang digunakan. Untuk gambar hasil maneuvering turning circle dapat dilihat pada gambar 4.8 dan 4.10.



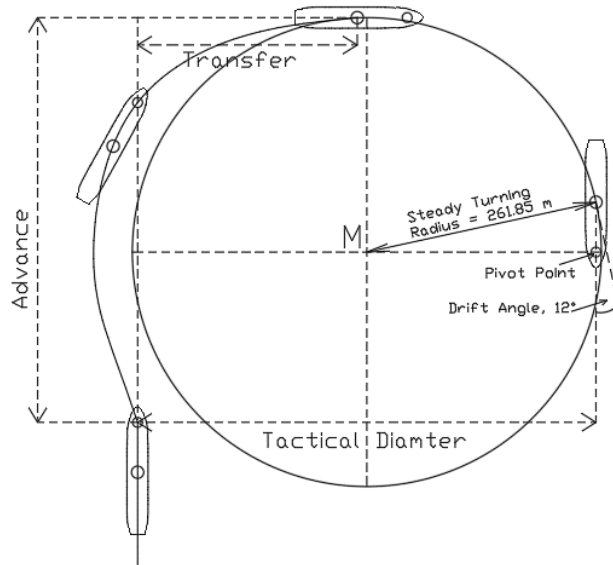
(a)

Turning Circle Test
(20° & $V = 4$ knot)



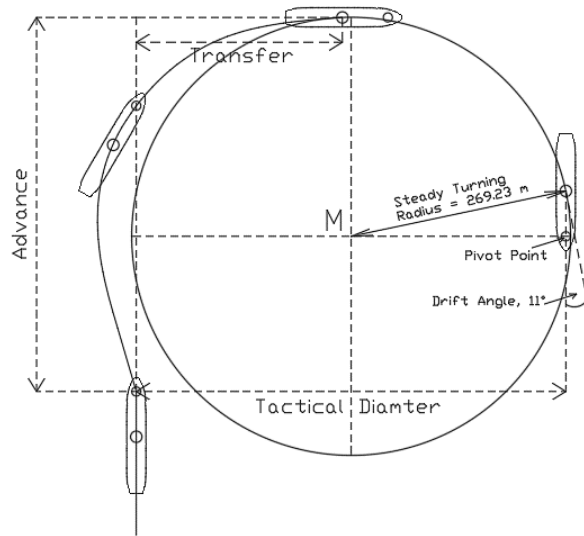
(b)

Turning Circle Test
(20° & $V = 6$ knot)



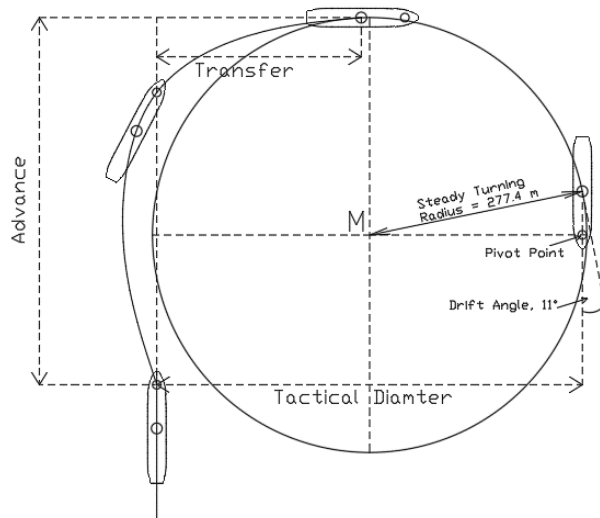
€

Turning Circle Test
(20° & $V = 8$ knot)



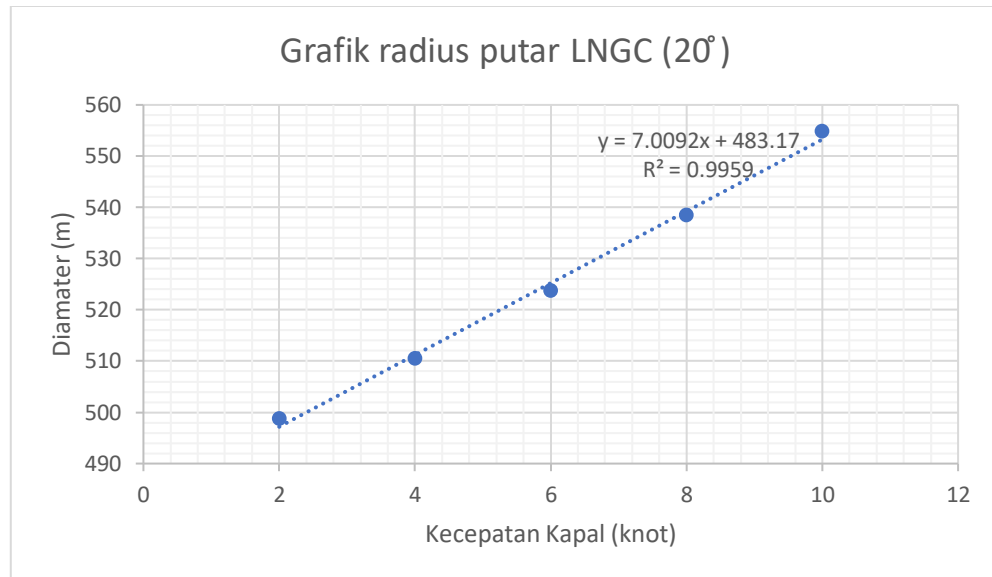
(d)

Turning Circle Test
(20° & $V = 10$ knot)

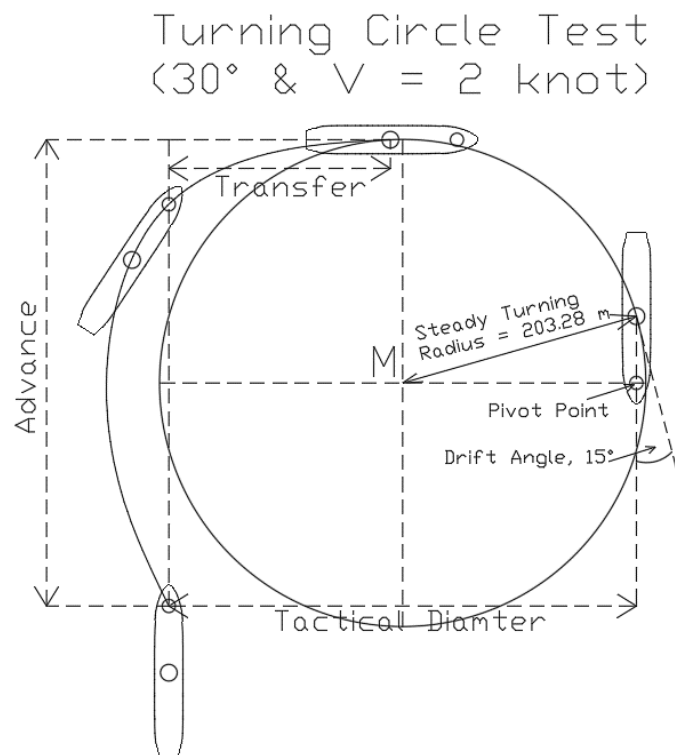


€

Gambar 4.8 Maneuver turning circle dengan sudut below Rudder 20° (a) $V = 2$ knot, (b) $V = 4$ knot, (c) $V = 6$ knot, (d) $V = 8$ knot, € $V = 10$ knot.

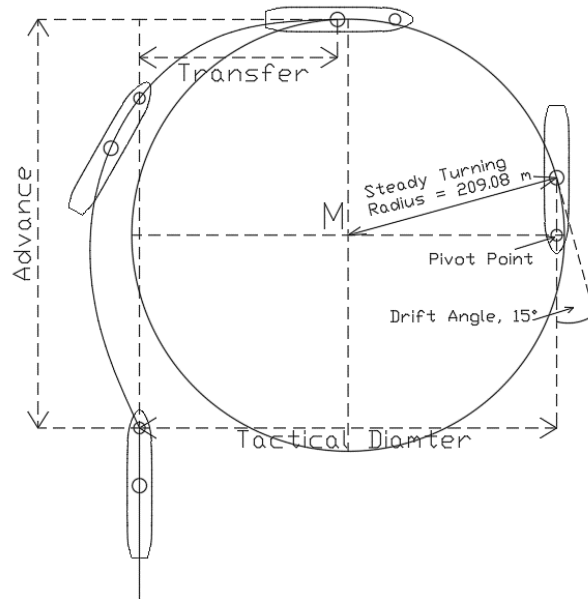


Gambar 4.9 Grafik kurva radius putar kapal LNGC pada sudut belok *Rudder* 20°.



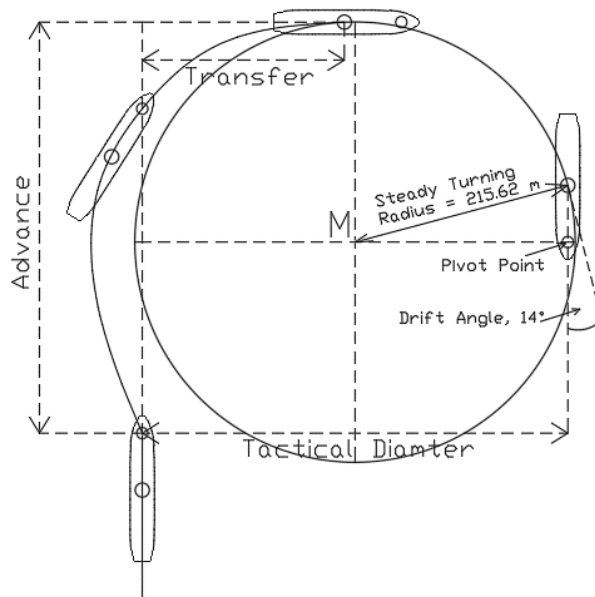
(a)

Turning Circle Test
(30° & $V = 4$ knot)



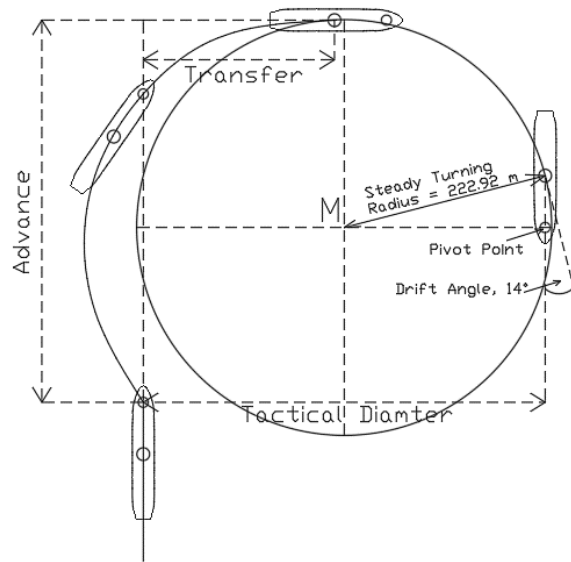
(b)

Turning Circle Test
(30° & $V = 6$ knot)



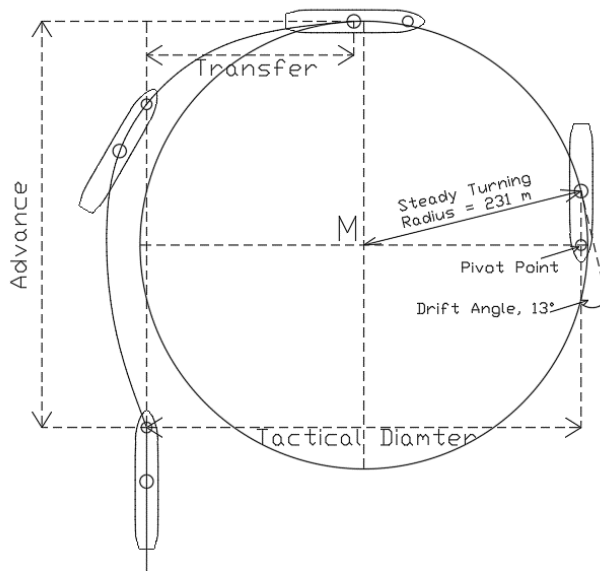
€

Turning Circle Test
(30° & $V = 8$ knot)



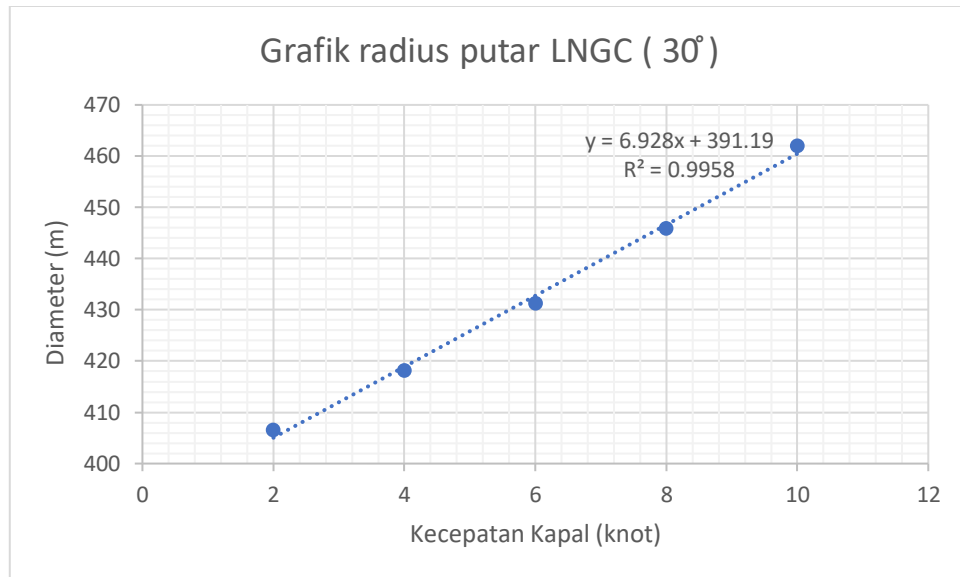
(d)

Turning Circle Test
(30° & $V = 10$ knot)



€

Gambr 4.10 Maneuver turning circle dengan sudut belok *Rudder* 30° (a) $V = 2$ knot, (b) $V = 4$ knot, (c) $V = 6$ knot, (d) $V = 8$ knot, € $V = 10$ knot.



Gambar 4.11 Grafik kurva radius putar kapal LNGC pada sudut belok *Rudder* 30° .

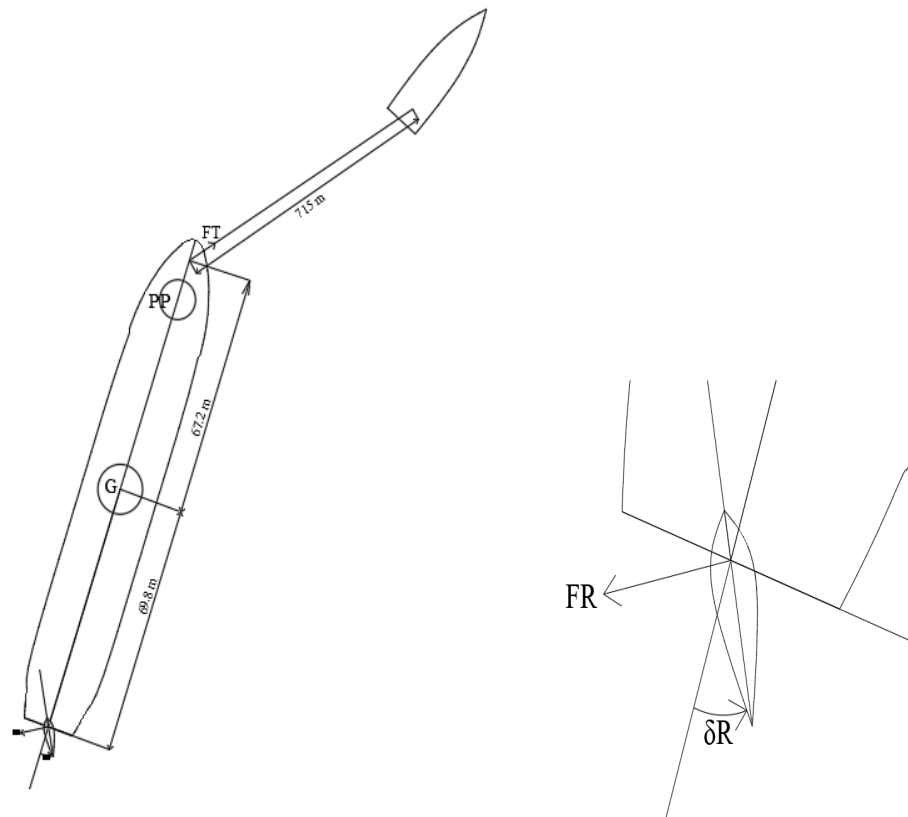
Melalui gambar 4.8 – 4.11 terlihat bahwa semakin besar kecepatan kapalnya maka semakin besar pula radius putarnya. Untuk radius putar dengan kemampuan maneuver turning circle kapal LNGC ini dengan hanya menggunakan kemampuan *Rudder* saja nilai radius putarnya dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Hasil radius putar LNGC

Radius putar LNGC (m)					
	2 knot	4 knot	6 knot	8 knot	10 knot
20°	249.35	255.23	261.85	269.23	277.40
30°	203.28	209.08	215.62	222.92	231

4.3.2 Analisis Perilaku Gerak Maneuver LNG Carrier dengan Bantuan Tugboat

Setelah di atas melakukan Analisis perilaku gerak maneuver turning circle LNGC tanpa bantuan tugboat atau bisa dibilang maneuver hanya dengan menggunakan *Rudder* saja, disini maneuver turning circle LNGC akan ditambahkan dengan bantuan tugboat. Sehingga hanya terdapat 1 gaya yang bekerja pada LNGC, yaitu gaya Tarik dari tugboat. Berikut adalah ilustrasi yang dapat dilihat pada gambar 4.10 untuk kedua gaya yang bekerja pada LNGC.



Gambar 4.12 Gaya Tarik tugboat

Untuk perhitungan gaya dorong *Rudder* dianggap nol dikarenakan hanya menggunakan gaya dari tugboat, kemudian untuk mendapatkan gaya Tarik dari tugboat dilakukan Analisis *towing calculation*. Dimana untuk *towing calculation*

menggunakan rumus dan codes dari BV (Bureau Veritas) dan DNVGL. Berikut merupakan hasil perhitungan *towing calculation*.

Tabel 4.5 Hasil towing calculation

Towing Speed	Rt (Bollard pull for Tug)	Actual Bollard Pull	minimum towline length
1 knot	9.8 T = 96105.17 N	68.1 T	715 m
2 knot	15.1 T = 148080.415 N	68.1 T	715 m
3 knot	25.6 T = 251050.24 N	68.1 T	715 m
4 knot	42.1 T = 412859.965 N	68.1 T	715 m
5 knot	65.7 T = 644296.905 N	68.1 T	715 m

Keterangan :

1 Tonne = 9806.65 N

Setelah mendapatkan gaya yang mampu ditarik oleh tugboat, melakukan penambahan pada kedua gaya yang bekerja pada LNGC. Untuk dapat melakukan penambahan kedua gaya ini, melakukan perhitungan resultan torque pada *Rudder* dengan gaya 57emba tugboat. Resultan torque adalah resultan momen putar (torsion) pada kapal saat melakukan maneuver yaitu searah jarum jam, sehingga total torsi merupakan penjumlahan dari kedua gaya dorong tersebut. berikut adalah contoh perhitungan momen putar (torsion) saat kapal melakukan maneuver dengan bantuan tugboat saat kecepatannya 5 knot dan sudut belok 20°.

$$\begin{aligned}
 \Sigma \text{Torque} &= FT \times 67.2 \times \sin 20 \\
 &= 644296.905 \times 67.2 \times \sin 20 \\
 &= 14807489 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

Setelah mendapatkan resultan momen putar, resultan momen putar ini kemudian akan digunakan untuk menghitung gaya dorong dari *Rudder* yang baru. Sehingga seolah-olah kapal pada saat maneuver hanya menggunakan gaya dorong dari *Rudder* yang baru. Dimana *Rudder* ini merupakan resultan dari gaya dorong *Rudder* itu sendiri dengan gaya Tarik yang dihasilkan oleh tugboat. Berikut adalah perhitungan untuk mencari gaya dorong *Rudder* yang baru.

$$\begin{aligned}
\Sigma FR &= \frac{\Sigma \text{torque}}{69.8} \\
&= \frac{14807489}{69.8} \\
&= 212141.68 \text{ N}
\end{aligned}$$

Dengan nilai gaya dorong baru yang telah didapatkan, maka akan mendapatkan nilai luas area (A_R) *Rudder* yang lebih besar juga. Dimana untuk luas *Rudder* yang baru ini nantinya hanya akan digunakan saat menghitung manuever turning circle untuk mendapatkan diameter putar, dikarenakan dibutuhkan parameter nilai dari luas *Rudder* baru tersebut yaitu span dan mean chord. Pada kasus ini span dan mean chord baru yang didapatkan bukan untuk dipasang pada kapal.

$$\begin{aligned}
F_R &= \frac{1}{2} \times \rho_w \times \frac{6.13 \lambda}{\lambda + 2.25} \times A_R \times V_R^2 \times \sin \delta R \\
A_R &= \frac{F_R}{0.5 \times \rho_w \times V_R^2 \times \sin \delta R} \times \frac{\lambda + 2.25}{6.13 \lambda} \\
A_R &= \frac{212141.68}{0.5 \times 1025 \times 2.57^2 \times \sin 20} \times \frac{1.826 + 2.25}{6.13 \times 1.826} \\
A_R &= 71.7 \text{ m}^2
\end{aligned}$$

Melalui luas area *Rudder* yang telah didapatkan, kemudian dapat mencari nilai span dan mean chord yang akan digunakan dalam perhitungan manuever turning circle. Untuk mengetahui hubungan perubahan luas area *Rudder* dengan dimensi *Rudder* maka nilai span dibuat statis yaitu senilai 5.71 m, sama dengan nilai span *Rudder* awal. Sehingga dengan begitu, semakin besar resultan gaya dorong yang didapatkan maka semakin besar juga nilai luas area *Rudder* serta nilai mean chordnya. Berikut adalah data perhitungan nilai luas area *Rudder* serta mean chord yang didapatkan secara keseluruhan.

Tabel 4.6 Nilai span dan mean chord yang baru

Sudut belok	Kecepatan (knots)	ΣFR (N)	A_R (m ²)	Span (m)	Mean Chord (m)
20°	1	31643.66	88.17	5.71	15.42
	2	48757.07	83.70	5.71	14.64
	3	82660.99	80.22	5.71	14.03
	4	135938.58	75.58	5.71	13.22
	5	212141.68	71.7	5.71	12.54
30°	1	46262.66	82.12	5.71	14.67
	2	71282.26	78.03	5.71	13.94
	3	120849.4	72.88	5.71	13.02
	4	198740.61	70.25	5.71	12.55
	5	310148.65	66.73	5.71	11.92

Dengan didapatkannya nilai span dan mean chord yang baru ini, kemudian dapat melakukan perhitungan maneuver turning circle dengan cara yang sama seperti yang telah dilakukan pada bagian 4.3.1. Setelah mendapat nilai gaya dorong lalu menghitung static trim kemudian melakukan perhitungan maneuver turning circle. Berikut merupakan contoh perhitungan maneuver turning circle saat kecepatan 5 knot dan sudut belok *Rudder* 20°.

Tabel 4.7 Perhitungan static trim

Kecepatan Kapal (knot)	Static Trim (m)
1	0.003
2	0.015
3	0.034
4	0.062
5	0.098

$$\begin{aligned}\frac{STD}{L} &= 4.19 - 203 \times \left(\frac{Cb}{\delta R}\right) + 47.4 \times \left(\frac{Trim}{L}\right) - \frac{13 \times B}{L} + \frac{194}{\delta R} \\ &\quad - 35.8 \times \left(\frac{Sp \times Ch}{L \times T}\right) \times (ST - 1) + 3.82 \times \left(\frac{Sp \times Ch}{L \times T}\right) \times (ST - 2) \\ &\quad + 7.79 \times \left(\frac{Ab}{L \times T}\right) + 0.7 \times \left(\frac{T}{TL} - 1\right) \times \left(\frac{\delta R}{|\delta R|}\right) \times (ST - 1)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\frac{STD}{L} &= 4.19 - 203 \times \left(\frac{0.735}{20}\right) + 47.4 \times \left(\frac{0.015}{140}\right) - \frac{13 \times 28}{140} + \frac{194}{20} \\ &\quad - 35.8 \times \left(\frac{5.71 \times 12.54}{140 \times 7.3}\right) \times (2 - 1) \\ &\quad + 3.82 \times \left(\frac{5.71 \times 12.54}{140 \times 7.3}\right) \times (2 - 2) + 7.79 \times \left(\frac{1.37}{140 \times 7.3}\right) \\ &\quad + 0.7 \times \left(\frac{7.3}{7.3} - 1\right) \times \left(\frac{20}{|20|}\right) \times (2 - 1)\end{aligned}$$

$$\frac{STD}{L} = 1.37 \text{ m}$$

$$\frac{TD}{L} = 0.910 \times \frac{STD}{L} + 0.424 \times \frac{Vs}{\sqrt{L}} + 0.675$$

$$\frac{TD}{L} = 0.910 \times 1.37 + 0.424 \times \frac{5}{\sqrt{140}} + 0.675$$

$$\frac{TD}{L} = 2.10 \text{ m}$$

$$\frac{Ad}{L} = 0.519 \times \frac{TD}{L} + 1.33$$

$$\frac{Ad}{L} = 0.519 \times 2.10 + 1.33$$

$$\frac{Ad}{L} = 2.42 \text{ m}$$

$$\frac{Tr}{L} = 0.497 \times \frac{TD}{L} - 0.065$$

$$\frac{Tr}{L} = 0.497 \times 2.10 - 0.065$$

$$\frac{Tr}{L} = 0.98 \text{ m}$$

$$\frac{VT}{Vs} = 0.074 \times \frac{TD}{L} + 0.149$$

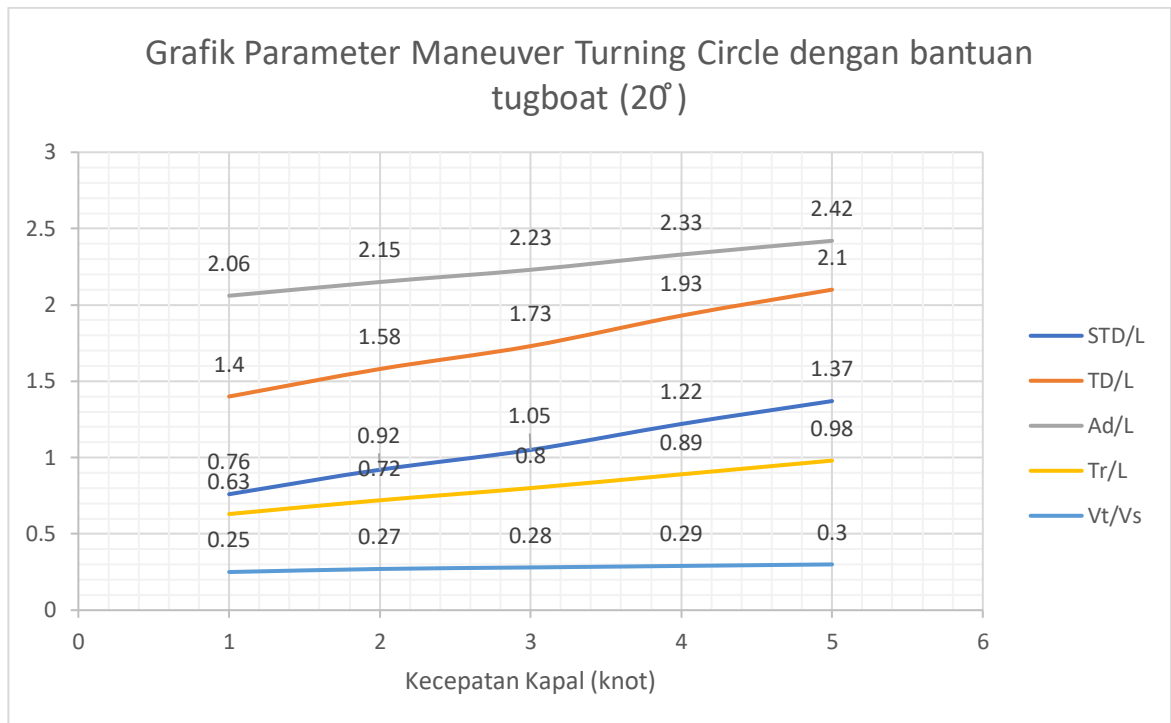
$$\frac{VT}{Vs} = 0.074 \times 2.10 + 0.149$$

$$\frac{VT}{Vs} = 0.30 \text{ knots}$$

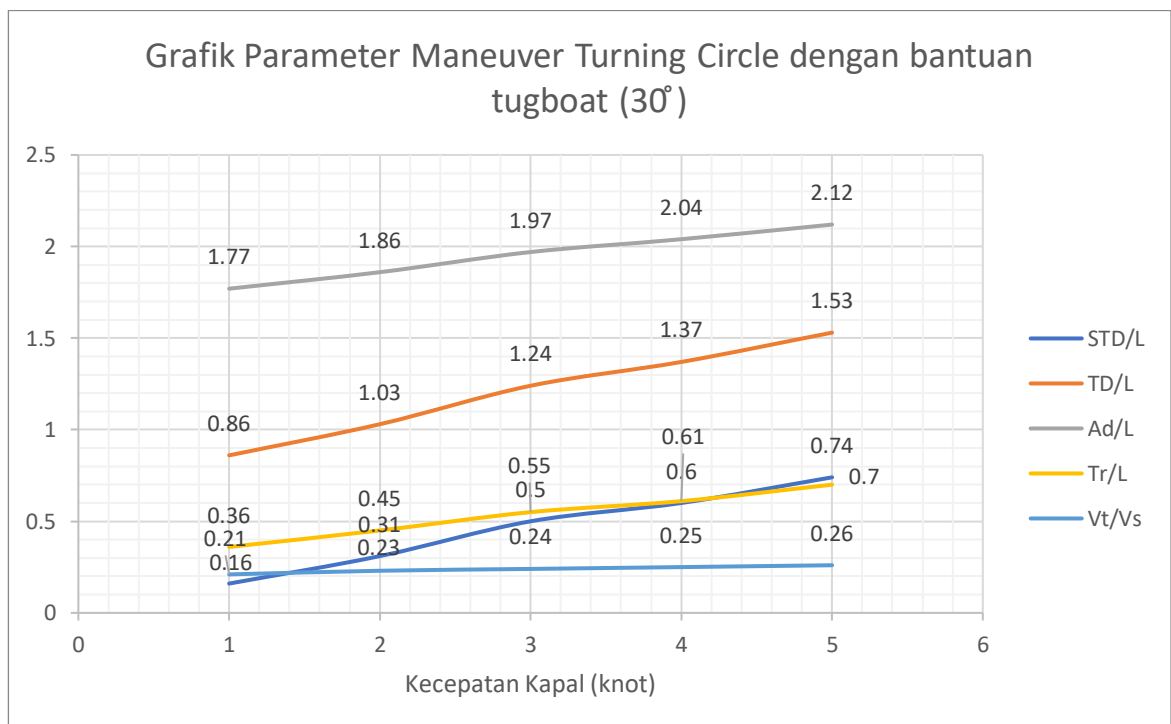
Dengan,

- STD adalah steady turning diameter, dalam m
- TD adalah tactical diameter, dalam m
- Ad adalah advance, dalam m
- Tr adalah transfer, dalam m
- Vt adalah kecepatan saat belok, dalam knots
- Ch adalah Mean Chord of *Rudder* dalam m
- SP adalah Span of *Rudder* dalam m
- ST adalah Stern Type (2)
- TL adalah Draft kapal saat maneuver (estimasi) dalam m
- AB adalah Submerged bow profile dalam m²

Perhitungan di atas merupakan contoh perhitungan parameter turning circle kapal dengan bantuan tugboat pada kecepatan 5 knots dan sudut belok *Rudder* sebesar 20°. Lalu untuk perhitungan parameter turning circle lainnya dengan variasi kecepatan serta sudut belok *Rudder* dapat dilihat pada tabel 4.9.



Gambar 4.13 Grafik parameter maneuver turning circle dengan bantuan tugboat (20°)



Gambar 4.14 Grafik parameter maneuver turning circle dengan bantuan tugboat (30°)

Keterangan :

- STD/L adalah perbandingan antara steady turning diameter (kondisi kapal pada posisi yang konstan pada saat maneuver) dengan panjang kapal (L_{pp}).
- TD/L (Tactical Diameter) adalah perbandingan antara jarak yang diperoleh ke kiri atau kanan saja setelah pergantian 180° selesai.
- Ad/L (Advance) adalah jumlah jarak Gerakan asli kapal sampai kapal dalam keadaan stabil (steady) pada Gerakan baru, diukur dari titik dimana *Rudder* akan dibelokkan.
- Tr/L (Transfer) adalah jumlah jarak yang diperoleh terhadap olah gerak baru.
- V_t/V_s (*Velocity in a turn*) adalah perbandingan antara kecepatan kapal saat berbelok dengan kecepatan awal kapal saat akan berbelok.

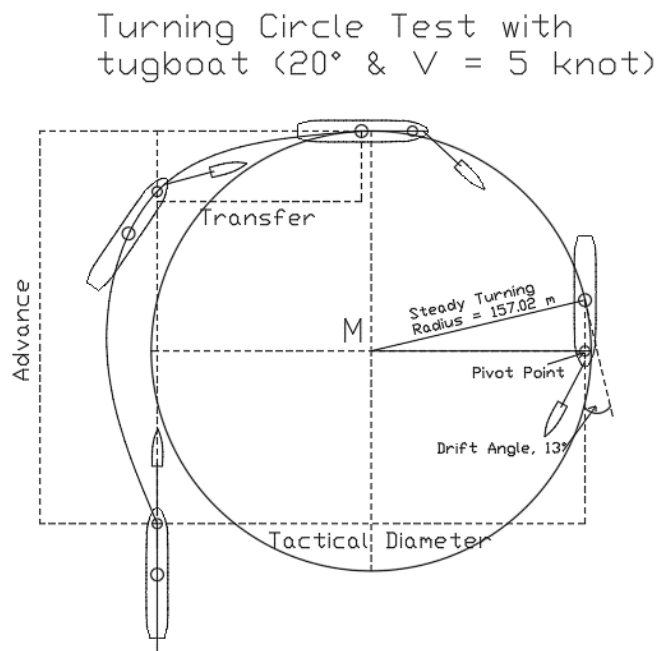
Setelah mengetahui parameter-parameter di atas seperti yang ditampilkan pada gambar 4.13 dan 4.14, kemudian dapat menggambarkan maneuver turning circle kapal untuk dapat menemukan kemampuan radius putar kapal. Untuk penggambaran maneuver turning circle disini dilakukan dengan melakukan Kembali Langkah-langkah sebagai berikut :

1. Kapal pada posisi olah gerak lurus dimana *Rudder* belum dibelokkan.
2. Pada saat *Rudder* akan dibelokkan α derajat kapal masih dalam gerakan lurus. Lalu pada titik P ditarik garis ke sumbu X sejauh Tactical Diameter (TD) & 63embali verikal sejauh Advance (Ad). Dari titik akhir Advance (Ad) ditarik garis lurus kembali sumbu X sejauh Transfer (Tr).
3. Titik akhir pada garis Transfer (Tr) merupakan titik pusat kapal (G) setelah kapal melakukan proses maneuver.
4. Dari titik akhir Tactical Diameter (TD) ditarik garis lurus ke arah vertical. Dari keempat garis yang membentuk segi empat 63emba titik tengah atau titik pusat (M).
5. Dari titik pusat (M) 63emba garis ke arah sumbu X sejauh $\frac{1}{2}$ dari TD. Titik ini merupakan heading dari titik P kapal. Sehingga seolah-olah

posisi kapal berada tegak lurus.

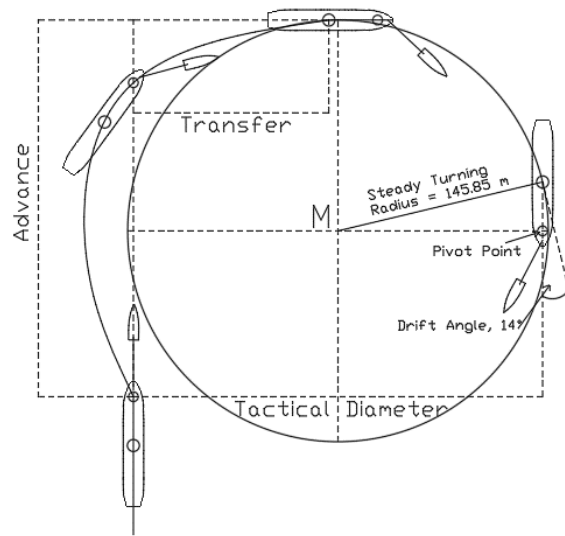
6. Lalu 64emba garis dari titik pusat (M) ke titik pusat kapal (G).
hubungkan kedua titik tersebut sehingga membentuk garis. Garis inilah jarak atau radius € kapal pada kondisi Steady Turning.

Dengan menerapkan 64embali-langkah di atas, didapatkan gambar hasil maneuver turning circle dengan diameter yang berbeda-beda untuk setiap sudut *Rudder* serta kecepatan yang digunakan. Untuk gambar hasil maneuvering turning circle dengan bantuan tugboat dapat dilihat pada gambar 4.11.



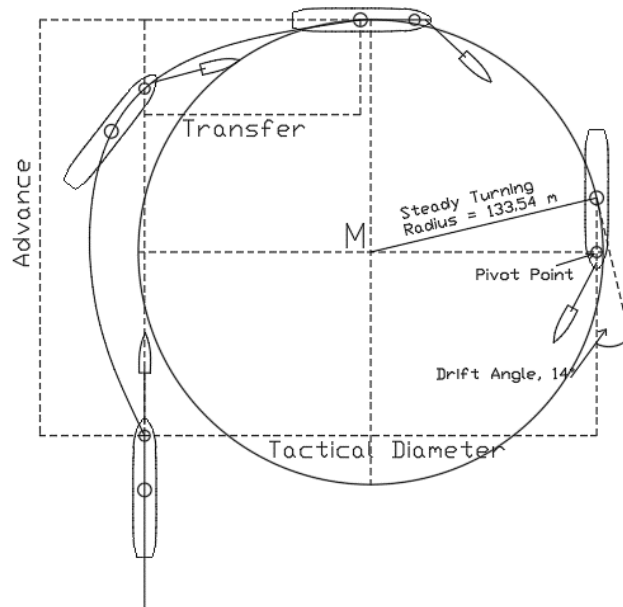
(a)

Turning Circle Test with tugboat (20° & $V = 4$ knot)



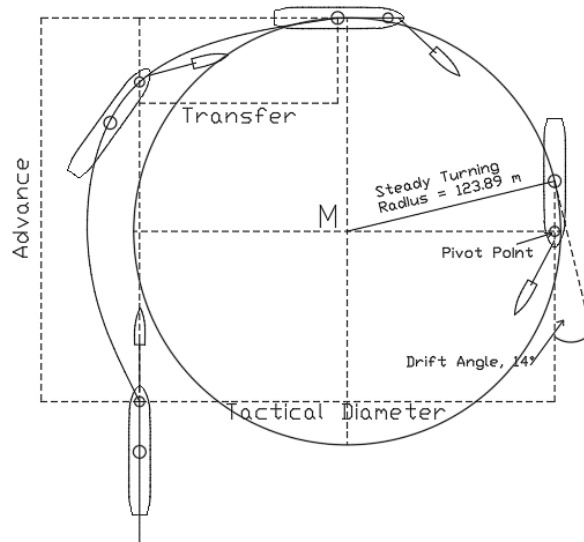
(b)

Turning Circle Test with tugboat (20° & $V = 3$ knot)



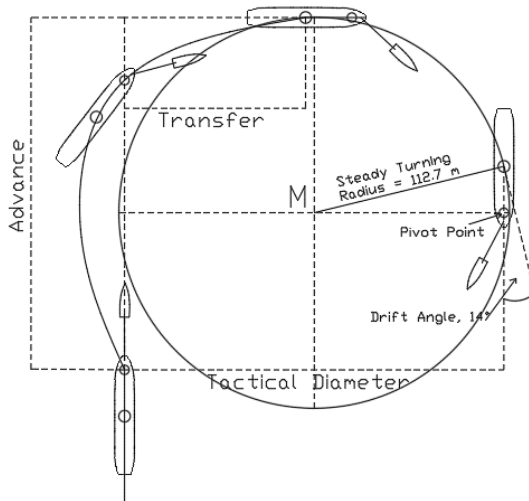
€

Turning Circle Test with tugboat (20° & $V = 2$ knot)



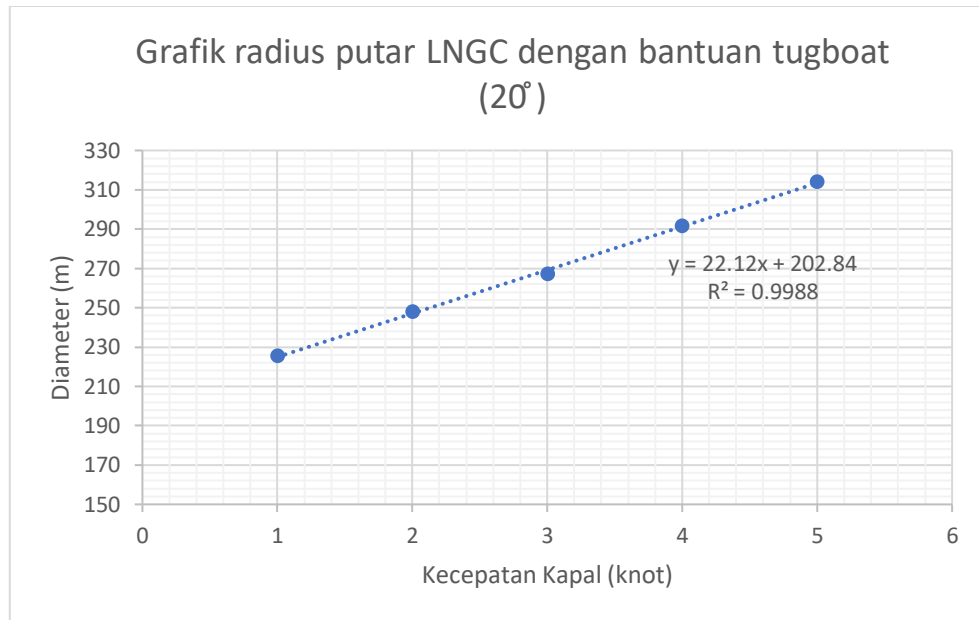
(d)

Turning Circle Test with tugboat (20° & $V = 1$ knot)



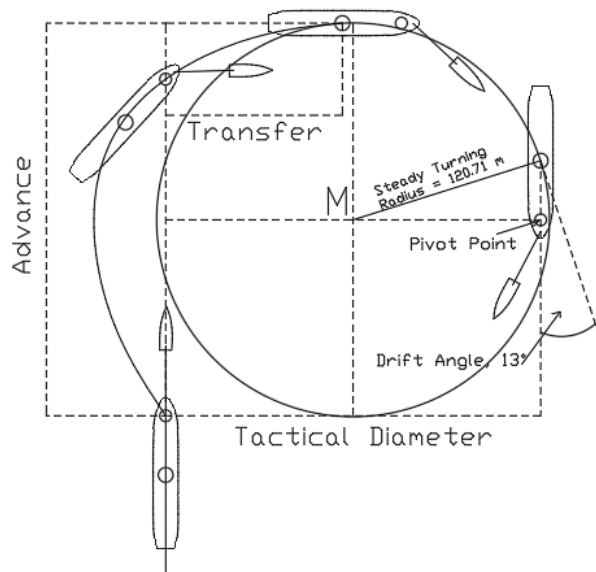
€

Gambar 4.15 Maneuver turning circle dengan bantuan tugboat dengan sudut belok *Rudder* 20° (a) $V = 1$ knot, (b) $V = 2$ knot, (c) $V = 3$ knot, (d) $V = 4$ knot, € $V = 5$ knot.



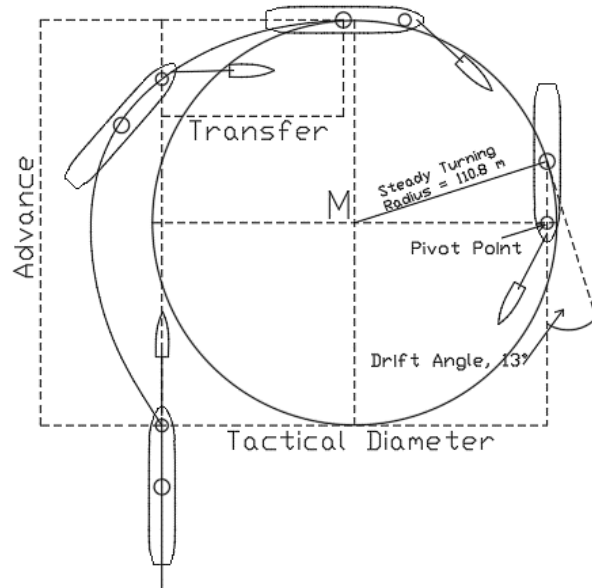
Gambar 4.16 Grafik kurva radius putar LNGC dengan bantuan tugboat dengan sudut belok *Rudder* 20°.

Turning Circle Test with tugboat (30° & V = 5 knot)



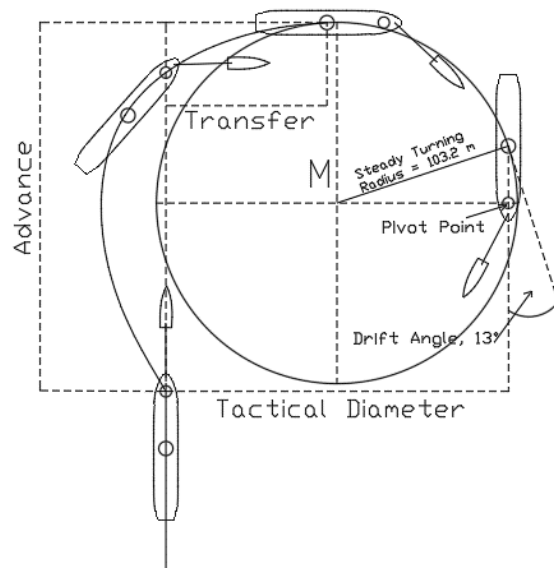
(a)

Turning Circle Test with tugboat (30° & $V = 4$ knot)



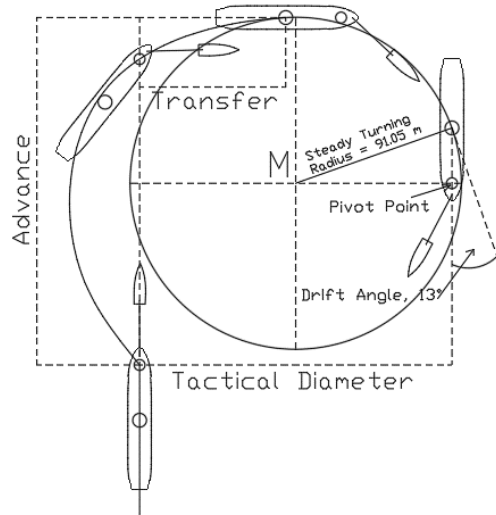
(b)

Turning Circle Test with tugboat (30° & $V = 3$ knot)



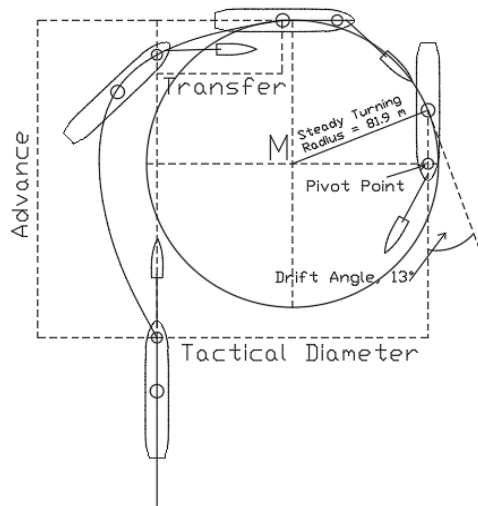
€

Turning Circle Test with tugboat (30° & $V = 2$ knot)



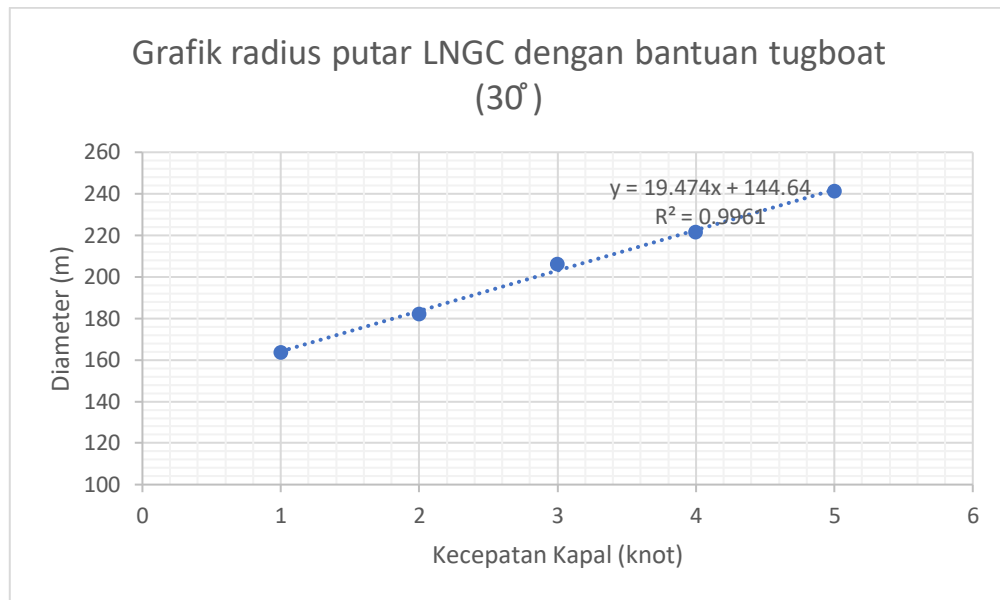
(d)

Turning Circle Test with tugboat (30° & $V = 1$ knot)



€

Gambar 4.17 Maneuver turning circle dengan bantuan tugboat dengan sudut belok *Rudder* 30° (a) $V = 1$ knot, (b) $V = 2$ knot, (c) $V = 3$ knot, (d) $V = 4$ knot, € $V = 5$ knot.



Gambar 4.18 Grafik kurva radius putar LNGC dengan bantuan tugboat dengan sudut belok *Rudder* 30°.

Melalui gambar 4.15 – 4.18 terlihat radius putar yang didapatkan untuk maneuver *turning circle* LNGC dengan bantuan tugboat memiliki kemiripan dengan maneuver LNGC tanpa bantuan tugboat, yaitu kenaikan radius putarnya berbanding lurus dengan kecepatan kapal yang digunakan. Untuk radius putar dengan kemampuan maneuver turning circle kapal LNGC ini dengan hanya menggunakan kemampuan *Rudder* saja nilai radius putarnya dapat dilihat pada tabel 4.8.

Tabel 4.8 Hasil radius putar LNGC dengan bantuan tugboat

Radius diameter putar LNGC dengan bantuan tugboat(m)					
	1 knot	2 knot	3 knot	4 knot	5 knot
20°	225.4	247.78	267.08	291.7	314.04
30°	163.8	182.1	206.4	221.6	241.42

Sehingga dari hasil radius putar yang didapat dari perhitungan maneuver LNG Carrier dengan dan tanpa bantuan tugboat, dapat dilihat pada masing-masing grafik di atas terlihat radius putar yang paling kecil pada saat sudut belok 30° dengan kecepatan kapal 1 knot dan dibantu oleh tugboat. Selain itu, dari hasil masing-masing radius putar yang didapat dilakukan pengecekan 71embali dengan kriteria IMO MSC.137 dan juga dengan *Japanese harbour design criteria*. Untuk hasil dari masing-masing perbandingan radius putar beserta hasil pengecekan dengan kriteria IMO serta *Japanese harbour design criteria* dapat dilihat pada tabel 4.9, tabel 4.10, tabel 4.11 dan tabel 4.12.

Tabel 4.9 Pengecekan radius putar LNGC menurut *Japanese Harbour Criteria* pada sudut belok *Rudder* 20°.

Sudut belok <i>Rudder</i>	Kecepatan Kapal	Diamter radius putar	<i>Japanese Harbour criteria</i> (3xLoa without tugs & 2xLoa with tugs)	Keterangan
20° (Self Turning without tugs)	2 knot	498.7 m	453 m	Not OK
	4 knot	510.46 m	453 m	Not OK
	6 knot	523.7 m	453 m	Not OK
	8 knot	538.46 m	453 m	Not OK
	10 knot	554.79 m	453 m	Not OK
20° (with tugs)	1 knot	225.4m	302 m	OK
	2 knot	247.78 m	302 m	OK
	3 knot	267.08 m	302 m	OK
	4 knot	291.7 m	302 m	OK
	5 knot	314.04 m	302 m	Not OK

Tabel 4.10 Pengecekan radius putar LNGC menurut *Japanese Harbour Criteria* pada sudut belok *Rudder* 30°.

Sudut belok <i>Rudder</i>	Kecepatan Kapal	Diamter radius putar	<i>Japanese Harbour criteria</i> (3xLoa without tugs & 2xLoa with tugs)	Keterangan
30° (Self Turning without tugs)	2 knot	406.56 m	453 m	OK
	4 knot	418.16 m	453 m	OK
	6 knot	431.24 m	453 m	OK
	8 knot	445.84 m	453 m	OK
	10 knot	462 m	453 m	Not OK
30° (with tugs)	1 knot	163.8 m	302 m	OK
	2 knot	182.1 m	302 m	OK
	3 knot	206.4 m	302 m	OK
	4 knot	221.6 m	302 m	OK
	5 knot	241.42 m	302 m	OK

Tabel 4.11 Pengecekan radius putar LNGC menurut kriteria IMO MSC.136 pada sudut belok *Rudder* 20°.

Sudut belok <i>Rudder</i>	Kecepatan Kapal	Advance (Ad)	Tactical Diameter (Td)	Turning Ability (IMO)		Keterangan
				Ad < 4.5 Lpp	Td < 5 Lpp	
20° (Self Turning without tugs)	2 knot	438.49 m	486.10 m	630 m	700 m	OK
	4 knot	444.75 m	498.17 m	630 m	700 m	OK
	6 knot	451.78 m	511.72 m	630 m	700 m	OK
	8 knot	459.62 m	526.81 m	630 m	700 m	OK
	10 knot	468.27 m	543.48 m	630 m	700 m	OK

20° (with tugs)	1 knot	287.91 m	195.97 m	630 m	700 m	OK
	2 knot	301.08 m	221.34 m	630 m	700 m	OK
	3 knot	312.18 m	242.74 m	630 m	700 m	OK
	4 knot	326.12 m	269.59 m	630 m	700 m	OK
	5 knot	338.59 m	293.59 m	630 m	700 m	OK

Tabel 4.12 Pengecekan radius putar LNGC menurut kriteria
IMO MSC.136 pada sudut belok *Rudder* 30°.

Sudut belok <i>Rudder</i>	Kecepatan Kapal	Advance (Ad)	Tactical Diameter (Td)	Turning Ability (IMO)		Keterangan
				Ad < 4.5 Lpp	Td < 5 Lpp	
30° (Self Turning without tugs)	2 knot	389.12 m	390.99 m	630 m	700 m	OK
	4 knot	395.38 m	403.05 m	630 m	700 m	OK
	6 knot	402.42 m	416.60 m	630 m	700 m	OK
	8 knot	410.25 m	431.70 m	630 m	700 m	OK
	10 knot	418.90 m	448.37 m	630 m	700 m	OK
30° (with tugs)	1 knot	248.46 m	119.97 m	630 m	700 m	OK
	2 knot	260.97 m	144.07 m	630 m	700 m	OK
	3 knot	276.17 m	173.36 m	630 m	700 m	OK
	4 knot	285.61 m	191.55 m	630 m	700 m	OK
	5 knot	297.36 m	214.19 m	630 m	700 m	OK

4.4 Analisis Risiko Tubrukan Kapal pada Saat Proses Maneuver Turning Circle

4.4.1 Mode Kegagalan

Mode kegagalan dalam penelitian ini didapatkan berdasarkan hasil radius putar yang didapatkan. Untuk mode kegagalan pada kasus ini terbagi menjadi dua, yaitu mode kegagalan maneuver kapal tanpa bantuan tugboat dan mode kegagalan

maneuver kapal dengan bantuan tugboat. Dimana pada masing-masing mode kegagalan maneuver tersebut terhadap radius putarnya jika mengalami kegagalan maka akan mengakibatkan tubrukan. Berikut adalah persamaan pada kedua mode kegagalan yang akan digunakan.

- 1 Mode Kegagalan untuk maneuver kapal tanpa bantuan tugboat

$$MK = (3 \times Loa) - TD$$

$$MK = (3 \times Loa) - \left(\left(0.910 \times \frac{STD}{L} + 0.424 \times \frac{Vs}{\sqrt{L}} + 0.675 \right) \times L \right)$$

- 2 Mode Kegagalan untuk maneuver kapal dengan bantuan tugboat

$$MK = (2 \times Loa) - TD$$

$$MK = (2 \times Loa) - \left(\left(0.910 \times \frac{STD}{L} + 0.424 \times \frac{Vt}{\sqrt{L}} + 0.675 \right) \times L \right)$$

Keterangan :

$$\begin{aligned} \frac{STD}{L} = & 4.19 - 203 \times \left(\frac{Cb}{\delta R} \right) + 47.4 \times \left(\frac{Trim}{L} \right) - \frac{13 \times B}{L} + \frac{194}{\delta R} \\ & - 35.8 \times \left(\frac{Sp \times Ch}{L \times T} \right) \times (ST - 1) + 3.82 \times \left(\frac{Sp \times Ch}{L \times T} \right) \times (ST - 2) \\ & + 7.79 \times \left(\frac{Ab}{L \times T} \right) + 0.7 \times \left(\frac{T}{TL} - 1 \right) \times \left(\frac{\delta R}{|\delta R|} \right) \times (ST - 1) \end{aligned}$$

Untuk radius putar maksimum (m) di atas didapatkan dari rules *Japanese Harbour Criteria Design*, lalu untuk variable acak yang nantinya akan digunakan pada Analisis resiko selanjutnya adalah Vs yaitu kecepatan kapal LNGC saat maneuver turning circle, Vt yaitu kecepatan tugboat dan δR yaitu sudut belok *Rudder* saat maneuver turning circle. Lalu dengan rumus mode kegagalan di atas, ditentukan bahwa maneuvering LNGC dianggap gagal jika $MK < 0$ dan dianggap berhasil jika $MK > 0$.

4.4.2 Variabel acak maneuver kapal tanpa bantuan tugboat

Sebelum masuk dalam perhitungan moda kegagalan simulasi monte carlo, diperlukan nilai dari variable acak. Variable acak yang digunakan yaitu kecepatan kapal LNGC dan sudut belok *Rudder*. Nilai variable acak yang akan digunakan seperti pada tabel 4.13. Untuk jenis distribusi beserta nilai mean dan standard deviasi tersebut nilainya diasumsikan.

Tabel 4.13 Variabel acak maneuver kapal tanpa bantuan tugboat.

Vs (knot)		Mean	Standard Deviasi	Distribusi
Mean : 1 Standard Deviasi : 0.8	Sudut belok <i>Rudder</i> (°)	25	6	Normal
	Sudut belok <i>Rudder</i> (°)	30	6	Normal
	Sudut belok <i>Rudder</i> (°)	35	6	Normal
Mean : 2 Standard Deviasi : 0.8	Sudut belok <i>Rudder</i> (°)	25	6	Normal
	Sudut belok <i>Rudder</i> (°)	30	6	Normal
	Sudut belok <i>Rudder</i> (°)	35	6	Normal
Mean : 3 Standard Deviasi : 0.8	Sudut belok <i>Rudder</i> (°)	25	6	Normal
	Sudut belok <i>Rudder</i> (°)	30	6	Normal
	Sudut belok <i>Rudder</i> (°)	35	6	Normal

4.4.3 Variabel acak maneuver kapal dengan bantuan tugboat

Sebelum masuk dalam perhitungan moda kegagalan simulasi monte carlo, diperlukan nilai dari variable acak. Variable acak yang digunakan yaitu kecepatan kapal tugboat dan sudut belok *Rudder*. Nilai variable acak yang akan digunakan seperti pada tabel 4.14. Untuk jenis distribusi beserta nilai mean dan standard deviasi tersebut nilainya diasumsikan.

Tabel 4.14 Variabel acak manuver kapal dengan bantuan tugboat.

Vt (knot)		Mean	Standard Deviasi	Distribusi
Mean : 1 Standard Deviasi : 0.8	Sudut belok <i>Rudder</i> (°)	25	6	Normal
	Sudut belok <i>Rudder</i> (°)	30	6	Normal
	Sudut belok <i>Rudder</i> (°)	35	6	Normal
Mean : 2 Standard Deviasi : 0.8	Sudut belok <i>Rudder</i> (°)	25	6	Normal
	Sudut belok <i>Rudder</i> (°)	30	6	Normal
	Sudut belok <i>Rudder</i> (°)	35	6	Normal
Mean : 3 Standard Deviasi : 0.8	Sudut belok <i>Rudder</i> (°)	25	6	Normal
	Sudut belok <i>Rudder</i> (°)	30	6	Normal
	Sudut belok <i>Rudder</i> (°)	35	6	Normal

4.4.4 Menentukan Tingkat Risiko

Dalam menentukan tingkat risiko pada Tugas Akhir ini menggunakan matriks risiko. Matriks risiko merupakan suatu bentuk Analisis risiko yang dibentuk dalam bentuk matriks untuk menentukan tingkatan hasil Analisis risiko dari suatu system. Pembacaannya sendiri adalah dengan menghubungkan antara peluang atau frekuensi terjadinya kegagalan dengan konsekuensi dari suatu system tersebut.

4.4.5 Ranking Frekuensi Kegagalan

Untuk frekuensi kegagalan pada Tugas Akhir ini diperoleh dengan melakukan simulasi Monte Carlo melalui Ms. Excel dengan pemodelan dan perhitungan yang telah didapatkan sebelumnya. Perhitungan ranking frekuensi didapatkan melalui nilai probabilitas kegagalan (PoF) manuver yang dapat mengakibatkan tubrukan kemudian nanti akan dikalikan dengan frekuensi sebuah kapal lain saat berada di alur pelayaran atau pelabuhan. Dari hasil tersebut kemudian dimasukkan ke dalam tabel ranking konsekuensi seperti pada tabel 2.5 yaitu tabel ranking PoF dari DNV.

Tabel 4.15 Peluang kegagalan maneuver tanpa bantuan tugboat

		Keandalan sistem	Peluang kegagalan
Vs (knot)	Sudut belok <i>Rudder</i> (°)		
1	25	0.6849	0.3151
	30	0.902	0.098
	35	0.9854	0.0146
2	25	0.6549	0.3451
	30	0.8921	0.1079
	35	0.9801	0.0199
3	25	0.6214	0.3786
	30	0.8771	0.1229
	35	0.9752	0.0248

Tabel 4.16 Peluang kegagalan maneuver dengan bantuan tugboat

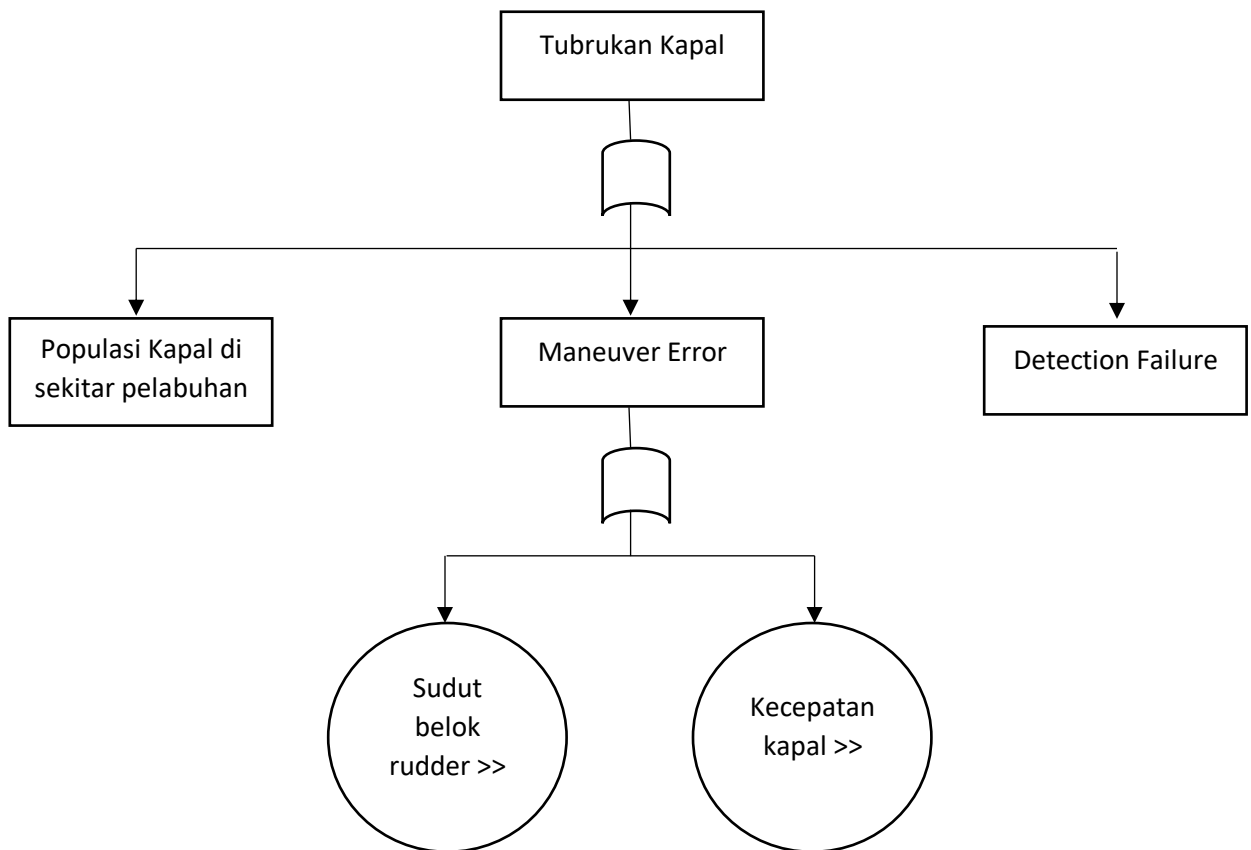
		Keandalan sistem	Peluang kegagalan
Vt (knot)	Sudut belok <i>Rudder</i> (°)		
1	25	0.9205	0.0795
	30	0.9891	0.0109
	35	0.9989	0.0011
2	25	0.9102	0.0898
	30	0.9868	0.0132
	35	0.9981	0.0019
3	25	0.9068	0.0932
	30	0.9817	0.0183
	35	0.9993	0.0007

Setelah melakukan perhitungan frekuensi peluang kegagalan dengan menggunakan simulasi Monte Carlo, dari hasil perhitungan tersebut kemudian dikalikan dengan frekuensi banyaknya kapal yang berada di alur pelayaran atau di Pelabuhan terhadap peluang terjadinya tubrukan. Berikut merupakan perhitungan frekuensi sebuah kapal lain yang berada di alur pelayaran atau Pelabuhan terhadap peluang terjadinya tubrukan.

Pada penelitian Tugas Akhir ini menggunakan frekuensi banyaknya kapal yang berada di alur pelayaran atau di pelabuhan itu dikarenakan banyaknya kapal yang sedang beroperasi atau berlabuh di daerah tersebut memberikan hal yang signifikan terhadap peluang terjadinya tubrukan kapal. Terutama untuk kapal jenis

tanker dan yang sejenis lainnya dengan panjang lebih dari 100m, kapal-kapal tersebut akan kesusahan melaukan *Turning Circle* untuk mendapatkan posisi yang diinginkan sebelum melakukan *berthing* maupun untuk keluar dari pelabuhan. Memang masih banyak lagi faktor-faktor yang dapat menyebabkan terjadinya tubrukan, tetapi frekuensi banyaknya kapal merupakan salah satu factor penting dalam menentukan lokasi kolam putar suatu pelabuhan sehingga dapat meminimalisir terjadinya tubrukan.

Berikut merupakan sedikit gambaran mengenai hal-hal atau variable yang terkait yang dapat mengakibatkan terjadinya tubrukan kapal, digambarkan dalam bentuk FTA (Fault Tree Analysis), yaitu sebagai berikut :



Gambar 4.19 Fault Tree Analysis pada kasus tubrukan kapal

Diambil melalui Dr. P.A.M. Ujit de Haag (2015) didapatkan rumus frekuensi adanya sebuah kapal lain yang sedang berada di alur pelayaran atau Pelabuhan yang dapat mengakibatkan tubrukan antara lain :

$$F = 6.7 \times 10^{-8} \times T \times N$$

Keterangan :

T= jumlah kapal per tahun yang berada di jalur transportasi atau di Pelabuhan

N= *Number of transhipments* (year)

Dengan melihat rumus di atas, dibutuhkan beberapa parameter untuk dapat mengetahui besar frekuensi kejadiannya. Dalam menentukan beberapa parameter tersebut dapat dilakukan sebagai berikut :

- 1 Menentukan lokasi Pelabuhan kapal. Studi kasus pada Tugas Akhir ini berada di Pelabuhan LNG TTL (Terminal Teluk Lamong) dapat dilihat pada gambar 4.19. (7°12'07"S 112°39'53"E)



Gambar 4.20 lokasi Pelabuhan TTL (Terminal Teluk Lamong)

Sumber : *Google Earth*, 20 Mei 2020

- 2 Setelah mengetahui lokasi Pelabuhan, kemudian menentukan jumlah kapal yang berada di Pelabuhan, rata-rata durasi waktu kapal loading/unloading serta number of transhipments nya. Melalui data yang

didapatkan dari APBS (Alur Pelayaran Barat Surabaya) pada tahun 2018, jumlah kapal yang berada di Pelabuhan atau di jalur transportasi ada 21 kapal per harinya sehingga per tahunnya ada 7585 kapal. Kemudian number of transhipments nya terdapat 12 kali tiap tahunnya. Sehingga dengan data yang didapatkan, frekuensi per tahun kapal lain sedang berada di alur pelayaran atau pelabuhan sebesar :

$$F = 6.7 \times 10^{-8} \times 7585 \times 11$$

$$F = 6.09 \times 10^{-3}$$

Setelah mendapatkan hasil frekuensi kapal lain yang sedang berada di alur pelayaran atau Pelabuhan, kemudian mengkalikannya dengan hasil peluang kegagalan yang didapatkan melalui simulasi Monte Carlo untuk mendapatkan total frekuensi nya yang kemudian nanti akan dimasukkan ke dalam matriks risiko. berikut merupakan hasil perkalian frekuensi tersebut beserta ranking frekuensinya terhadap tabel frekuensi DNV.

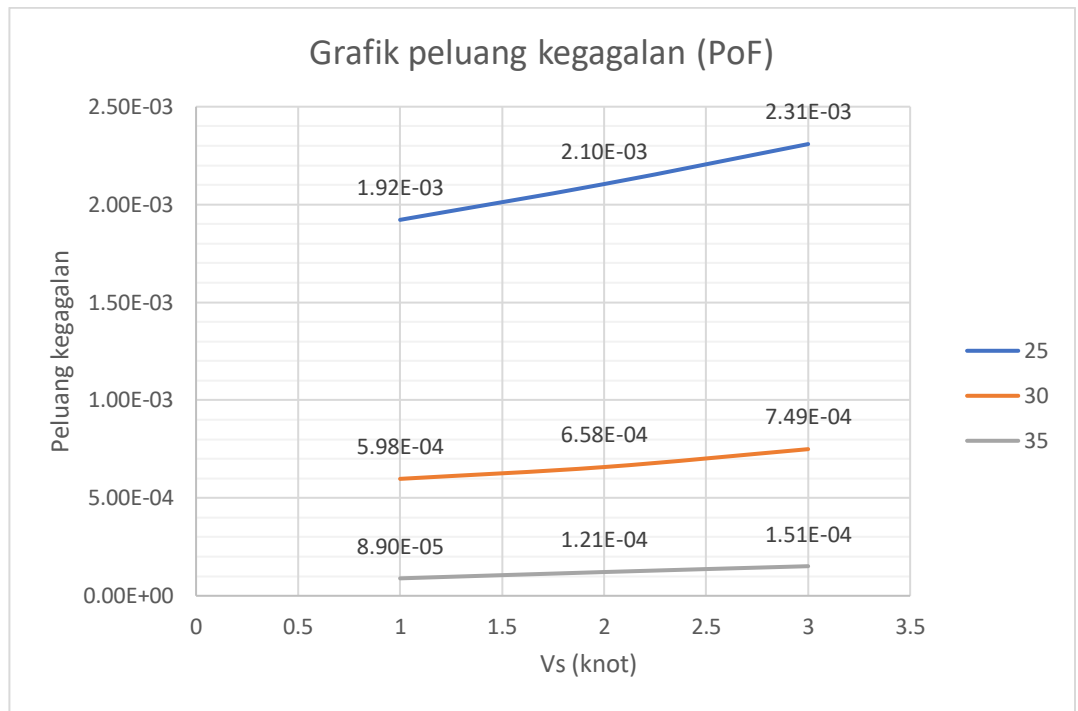
Tabel 4.17 Peluang kegagalan maneuver tanpa bantuan tugboat

		Peluang kegagalan	Ranking
Vs (knot)	Sudut belok <i>Rudder</i> (°)		
1	25	1.92×10^{-3}	3 (Possible)
	30	5.98×10^{-4}	2 (Unlikely)
	35	8.9×10^{-5}	1 (Very Unlikely)
2	25	2.10×10^{-3}	3 (Possible)
	30	6.58×10^{-4}	2 (Unlikely)
	35	1.21×10^{-4}	2 (Unlikely)
3	25	2.31×10^{-3}	3 (Possible)
	30	7.49×10^{-4}	2 (Unlikely)
	35	1.51×10^{-4}	2 (Unlikely)

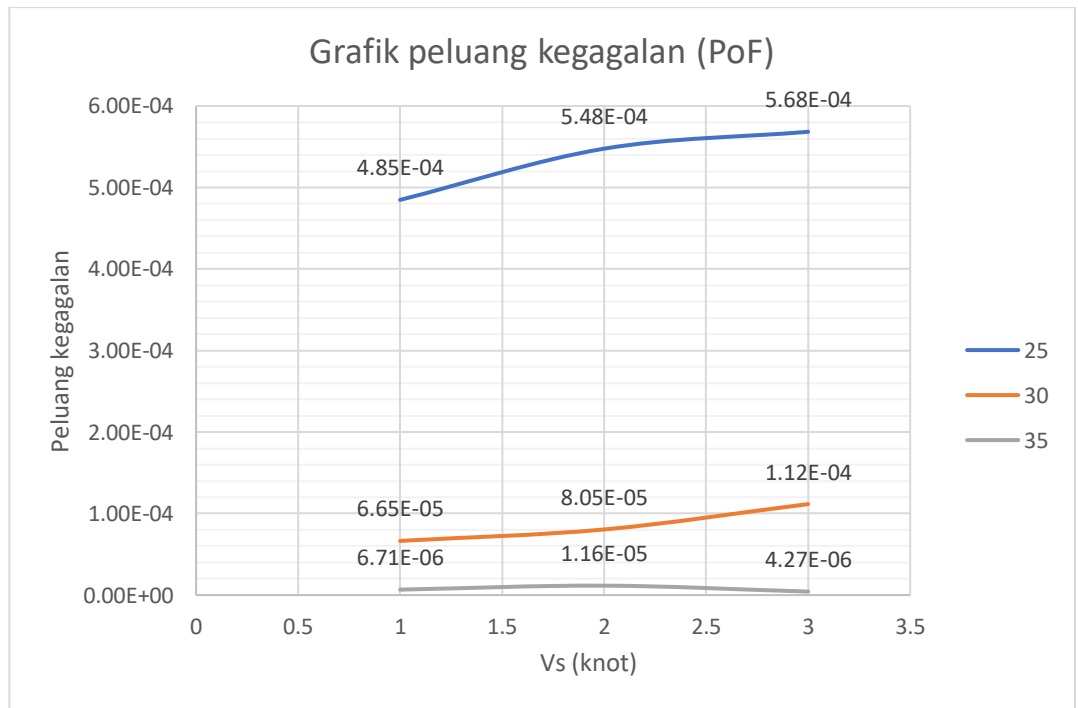
Tabel 4.18 Peluang kegagalan maneuver dengan bantuan tugboat

		Peluang kegagalan	Ranking
Vt (knot)	Sudut belok <i>Rudder</i> (°)		
1	25	4.85×10^{-4}	2 (Unlikely)
	30	6.65×10^{-5}	1 (Very Unlikely)
	35	6.71×10^{-6}	1 (Very Unlikely)
2	25	5.48×10^{-4}	2 (Unlikely)
	30	8.05×10^{-5}	1 (Very Unlikely)
	35	1.16×10^{-5}	1 (Very Unlikely)
3	25	5.68×10^{-4}	2 (Unlikely)
	30	1.12×10^{-4}	2 (Unlikely)
	35	4.27×10^{-6}	1 (Very Unlikely)

Terlihat dari ranking frekuensi peluang kegagalan yang telah dilakukan terhadap peluang kegagalan bahwa kenaikan mean dari kecepatan LNGC maupun tugboat berbanding terbalik dengan sudut belok *Rudder*. Disaat sudut belok *Rudder* bertambah peluang kegagalannya menurun tetapi saat kecepatan bertambah peluang kegagalan semakin naik. Untuk mempermudah melihat tren kenaikannya, dapat dilihat pada gambar grafik 4.21 dan 4.22.



Gambar 4.21 Grafik Peluang kegagalan maneuver tanpa bantuan tugboat



Gambar 4.22 Grafik Peluang kegagalan maneuver dengan bantuan tugboat

4.4.6 Matriks Risiko

Melalui hasil frekuensi yang telah didapatkan sebelumnya, maka hasil tersebut kemudian dimasukkan ke dalam matriks risiko untuk dapat mengetahui seberapa besar risikonya. Matriks risiko yang digunakan pada Tugas Akhir ini adalah matriks risiko 5x5. Kemudian untuk konsekuensi pada matriks risiko pada Tugas Akhir ini dianggap dalam keadaan Moderate. Berikut adalah matriks risiko terlihat pada gambar 4.23 – 4.28.

	Konsekuensi				
Frekuensi	Neglible	Minor	Moderate	Significant	Severe
Very Likely	Yellow	Red	Red	Red	Red
Likely	Yellow	Yellow	Red	Red	Red
Possible	Green	Yellow	25°	Red	Red
Unlikely	Green	Green	30°	Yellow	Red
Very Unlikely	Green	Green	35°	Yellow	Yellow

Gambar 4.23 Matriks risiko untuk maneuver tanpa bantuan tugboat ($V_s = 1$ knot)

	Konsekuensi				
Frekuensi	Neglible	Minor	Moderate	Significant	Severe
Very Likely	Yellow	Red	Red	Red	Red
Likely	Yellow	Yellow	Red	Red	Red
Possible	Green	Yellow	25°	Red	Red
Unlikely	Green	Green	30°, 35°	Yellow	Red
Very Unlikely	Green	Green	Green	Yellow	Yellow

Gambar 4.24 Matriks risiko untuk maneuver tanpa bantuan tugboat ($V_s = 2$ knot)

	Konsekuensi				
Frekuensi	Negligible	Minor	Moderate	Significant	Severe
Very Likely	Yellow	Red	Red	Red	Red
Likely	Yellow	Yellow	Red	Red	Red
Possible	Green	Yellow	25°	Red	Red
Unlikely	Green	Green	30°, 35°	Yellow	Red
Very Unlikely	Green	Green	Green	Yellow	Yellow

Gambar 4.25 Matriks risiko untuk maneuver tanpa bantuan tugboat ($V_s = 3$ knot)

	Konsekuensi				
Frekuensi	Negligible	Minor	Moderate	Significant	Severe
Very Likely	Yellow	Red	Red	Red	Red
Likely	Yellow	Yellow	Red	Red	Red
Possible	Green	Yellow	Yellow	Red	Red
Unlikely	Green	Green	25°	Yellow	Red
Very Unlikely	Green	Green	30°, 35°	Yellow	Yellow

Gambar 4.26 Matriks risiko untuk maneuver dengan bantuan tugboat ($V_t = 1$ knot)

	Konsekuensi				
Frekuensi	Neglible	Minor	Moderate	Significant	Severe
Very Likely	Yellow	Red	Red	Red	Red
Likely	Yellow	Yellow	Red	Red	Red
Possible	Green	Yellow	Yellow	Red	Red
Unlikely	Green	Green	25°	Yellow	Red
Very Unlikely	Green	Green	30°, 35°	Yellow	Yellow

Gambar 4.27 Matriks risiko untuk maneuver dengan bantuan tugboat ($V_t = 2$ knot)

	Konsekuensi				
Frekuensi	Neglible	Minor	Moderate	Significant	Severe
Very Likely	Yellow	Red	Red	Red	Red
Likely	Yellow	Yellow	Red	Red	Red
Possible	Green	Yellow	Yellow	Red	Red
Unlikely	Green	Green	25°, 30°	Yellow	Red
Very Unlikely	Green	Green	35°	Yellow	Yellow

Gambar 4.28 Matriks risiko untuk maneuver dengan bantuan tugboat ($V_t = 3$ knot)

Pada gambar matriks risiko 4.23 – 4.28 terlihat bahwa risiko terjadinya tubrukan akibat maneuver dengan dan tanpa bantuan tugboat tidak ada yang berada dalam daerah dengan tingkat risiko kegagalan yang tidak dapat diterima. Tetapi untuk melakukan maneuver tanpa bantuan tugboat untuk semua kecepatan dan sudut belok *Rudder* berada dalam daerah ALARP yang merupakan batas toleransi dari

suatu risiko yang dapat diterima kecuali saat kecepatan 1 knot dengan sudut belok rudder 35° masuk ke dalam daerah yang aman. Sedangkan untuk maneuver dengan bantuan tugboat, terutama untuk sudut belok *Rudder* 25° dan 30° masih juga berada dalam daerah ALARP. Hanya sudut belok *Rudder* 35° dan 30° yang berada dalam daerah risiko yang ideal sehingga risiko dapat diabaikan atau dapat dikendaikan dengan prosedur-prosedur tertentu.

4.4.7 Mitigasi

Setelah melihat matriks risiko di atas, terlihat bahwa risiko tubrukan LNGC akibat maneuver dengan dan tanpa bantuan tugboat berada dalam kategori medium risk menuju high risk. Hal tersebut dikarenakan dengan padatnya jumlah kapal yang berada di arus Pelabuhan beserta besarnya kolam putar untuk melakukan maneuver yang terbatas. Sehingga diperlukan Tindakan mitigasi untuk dapat menurunkan besarnya peluang terjadinya kegagalan. Untuk Tindakan mitigasi yang dapat dilakukan adalah dengan memberikan akomodasi kapal-kapal yang akan melakukan maneuver baik yang akan melakukan proses loading maupun unloading minimal 1 kapal tugboat. Dikarenakan seperti yang terlihat pada matriks risiko pada gambar 4.18 – 4.20 maneuver LNGC tanpa bantuan tugboat semuanya berada dalam daerah kategori ALARP dengan kondisi frekuensi terjadinya kegagalan yaitu jarang terjadi tetapi jika terjadi konsekuensinya dapat memberikan dampak yang besar. Lalu untuk mitigasi selanjutnya yang dapat dilakukan yaitu memberikan peraturan mengenai kecepatan saat bermanuver serta sudut belok *Rudder* yang harus dilakukan. Contohnya terlihat pada matriks risiko pada gambar 4.16 – 4.21 yaitu untuk sudut belok *Rudder* 35° memiliki kategori yang terbilang lebih aman dibandingkan sudut belok lainnya yaitu termasuk dalam kategori medium risk untuk maneuver dengan bantuan tugboat. Tetapi mungkin untuk mitigasi mengenai peraturan ini, untuk semua Pelabuhan sudah terdapat peraturan tersebut. Sebenarnya bisa dilakukan pembesaran radius putar dari kolam putar untuk kapal bermaneuver di daerah Pelabuhan tetapi melihat kondisi Pelabuhan kapal yang ditinjau disini adalah TTL (Terminal Teluk Lamong) yang sudah sangat padat

sehingga hal tersebut tidak dapat dilakukan.

BAB V

PENUTUP

5.1 KESIMPULAN

Setelah melakukan analisis yang telah dilakukan, berikut adalah kesimpulan yang dapat diambil dari Tugas Akhir ini yaitu sebagai berikut :

1. Untuk perilaku gerak maneuver LNGC dengan dan tanpa bantuan tugboat, didapatkan beberapa hasil radius putar dengan melakukan variasi terhadap sudut belok *Rudder* serta kecepatan. Berdasarkan analisis yang didapat, hasil radius putar yang paling efektif saat bermaneuver tanpa bantuan tugboat yaitu 203.28 m (jari-jari) dengan kecepatan 2 knot dan sudut belok *Rudder* 30°. Sedangkan untuk hasil radius putar paling efektif saat bermaneuver dengan bantuan tugboat yaitu 81.9 m (jari-jari) dengan kecepatan tugboat 1 knot dan sudut belok *Rudder* 30°.
2. Besar frekuensi terjadinya tubrukan akibat maneuver kapal dengan dan tanpa bantuan tugboat yaitu bervariasi untuk masing-masing kecepatan dengan sudut belok rudder. Besar frekuensi tersebut yang memiliki frekuensi atau peluang terjadinya tubrukan paling besar adalah saat kecepatan LNGC 3 knot dengan sudut belok rudder 25° yaitu 2.31×10^{-3} (Possible). Lalu untuk besar frekuensi yang memiliki frekuensi atau peluang terjadinya tubrukan paling kecil adalah saat LNGC bergerak dengan bantuan tugboat yaitu dengan kecepatan tugboat 1 knot dan sudut belok rudder 35° yaitu 6.71×10^{-6} (Very Unlikely).
3. Besar konsekuensi tubrukan akibat maneuver dengan dan tanpa bantuan tugboat pada kasus di Pelabuhan TTL (Terminal Teluk Lamong) pada Penelitian kali ini diasumsikan semua dalam keadaan moderate.
4. Risiko yang didapatkan dari adanya kejadian tubrukan akibat maneuver dengan dan tanpa bantuan tugboat berada pada daerah yang berbeda-beda yang terlihat pada matriks risiko. Kondisi paling parah terjadinya tubrukan akibat maneuver adalah saat LNGC bermaneuver tanpa bantuan tugboat

dengan kecepatan 3 knot dan sudut belok *Rudder* 25°. Kondisi tersebut berada dalam daerah ALARP dengan konsekuensi yang berdampak signifikan walaupun dengan frekuensi yang jarang terjadi. Lalu kondisi paling aman yaitu kegagalan yang dapat mengakibatkan tubrukan dapat diabaikan yaitu saat LNGC bermaneuver dengan bantuan tugboat dengan kecepatan 3 knot dan sudut belok *Rudder* 35°.

5.1 SARAN

Berikut adalah masukan dan saran yang dapat dilakukan untuk penelitian selanjutnya yang berhubungan dengan tubrukan akibat maneuver yaitu antara lain :

1. Memperhitungkan perilaku gerak kapal saat melakukan berthing sehingga dapat mengetahui gerak keseluruhan kapal saat melakukan maneuver.
2. Dapat melakukan analisis maneuver untuk mendapatkan radius putar melalui software, sehingga dapat melihat lebih jelas lagi perilaku kapal saat melakukan maneuver.

DAFTAR PUSTAKA

- Asmara, P.S., dkk, 2013, "Simulation of Collision Avoidance by Considering Potential Area of Water for Maneuvering based on MMG Model and AIS Data", *Proceedings on the 3rd International conference on Simulation and Modeling Methodologies, Technologies and Applications (SIMULTECH-2013)*, 243-250.
- Adhita, I.G., 2017, *Analisis Risiko Tubrukan Selama Proses Ship to Ship Transfer Bahan*, Tugas Akhir Departemen Teknik Sistem Perkapalan, ITS, Surabaya.
- American Bureau of Shipping, 2014, "Rules For Building and Classing Steel Vessels part 3", American Bureau of Shipping, New York.
- American Bureau of Shipping, 2017, "Guide For Vessel Maneuverability", American Bureau of Shipping, New York.
- Aryawan, W.W, Putri Virliani, dan I Ketut Suastika, 2017, "Analisis Numerik Olah gerak Kapal Selam dengan Variasi Bentuk After Body", *Jurnal Kelautan Nasional*, Vol. 12, No.2, Hal. 73-81, Departemen Teknik Perkapalan, ITS, Surabaya.
- Belalawe, 2017, *Analisis Variasi Posisi Rudder Terhadap Efektivitas Manuver Kapal*, Tugas Akhir Departemen Teknik Kelautan, ITS, Surabaya.
- Biro Klasifikasi Indonesia, 2014, Rules For the Classification and Construction part 1 Seagoing Ships Vol. II, BKI, Jakarta.
- Bureau Veritas, 1986, Bollard Pull Measurement and Certification, Paris.
- DNV RP -G101, 2010, Risk Based Inspection of Offshore Topsides Static Mechanical Equipment, Det Norske Veritas, Norway.
- DNVGL – ST – N001, 2016, Technical Standards Committee Guidelines For Marine Transportations, Det Norske Veritas, Norway.
- Farisi, M.A., 2015, *Analisis Resiko Keruntuhan Jacket Platform dengan Pendekatan Pushover Non-Linear Akibat Beban Gempa*, Tugas Akhir Departemen Teknik Kelautan, ITS, Surabaya.

- Fossen, Thor, I., 2011, *Handbook of Marine Craft Hydrodynamics and Motion Control*, Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Norway.
- Idrus, M.A., 2015, *Risk Assessment Offloading Kapal FLNG ke Kapal Shuttle Tanker*, Tugas Akhir Program Pascasarjana Departemen Teknik Sistem dan Pengendalian Kelautan, ITS, Surabaya.
- Imron, Mochamad, dkk, 2018, “Pemanfaatan Gas Untuk Energi Berkeadilan”, Laporan Tahunan Capaian Pembangunan 2018, Jakarta.
- Nurani, I.P., 2016, *Analisis Resiko Pipa Bawah Laut Akibat Tarikan Jangkar dengan Metode Monte Carlo : Studi Kasus Jaringan Pipa Bawah Laut Tunu Field, Blok Mahakam, Kalimantan Timur*, Tugas Akhir Departemen Teknik Kelautan, ITS, Surabaya.
- Prayitno, A., dkk., 2014, “Z-Manoeuvring of a Liquefied Natural Gas Carrier with Podded Propulsion System”, *Jurnal Teknologi (Sciences & Engineering)* 66:2, 145-150, UTM Press.
- Rosyid, D.M., 2007, *Pengantar Rekayasa Keandalan*, Airlangga University Press, Surabaya.
- Rahmad, 2015, *Perancangan Bow Thruster Untuk Tunnel Panjang dan Hasil Simulasi Maneuver dalam Bentuk Peta Seakeeping*, Tugas Akhir Departemen Teknik Sistem Perkapalan, ITS, Surabaya.
- SNAME, 1950, “Nomenclature for Treating the motion of submerged Body Through a Fluid”, The society of Naval Architects and Marine Engineers, Technical and Research bulletin 1-5.
- Witherby & CO.LTD., 1994, *Recommendations for Manifolds for Refrigerated Liquefied Natural Gas Carriers (LNG) 2nd Edition*, Oil Companies International Marine Forum, Witherby & CO.LTD., England.
- Zelazny, 2014, “Approximate Method of Calculating Forces on Rudder During Ship Sailing on a Shipping Route”, *International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, Vol. 8 no. 3, TransNav, Poland.

Zakaria, M.S.B., 2017, *Effect of Rudder Design On Hydrodynamic Forces Of Autonomous Underwater Glider*, Tugas Akhir Teknik Mesin, Universiti Teknologi PETRONAS, Malaysia.

LAMPIRAN A

Perhitungan Gaya Tarik Tugboat (Bollard Pull Calculations) V = 1 knot

INPUTS			
Symbol	Value	Unit	Description
L =	145.60	m	Waterline Length
B =	28.00	m	Breadth
T =	7.30	m	Draft
V =	1	Kn	Vessel Speed (Towing Speed)
Vc =	1.46	Kn	Assumed Current Speed
D =	18227	t	Displacement
S =	243.6	m ²	Windage Area
d =	65	mm	Tow Line Diameter
l =	715	m	Tow Line Immersed Length
Z =	1	m	Sag of Tow Line
P =	800	m	Tug to Towed Vessel Distance
N =	150	days	Number of Days Elapsed Since last Dry Docking
Vfr =	12	Kn	Maximum Towing Vessel Speed in Free Run
rsw =	1.025	t/m ³	Sea Water Specific Gravity (default value 1.025)
rair =	1.22	kg/m ³	Air Specific Gravity (default value 1.22)
n =	1.2E-06	m ² /s	Viscosity (default value 1.2 10 ⁻⁶)
Vw =	21.79	Kn	Wind Speed (default value 40)
BPt =	68.1	Tonnes	Actual Bollard Pull of Tug
RESULTS			
Symbol	Value	Unit	Description
Frictional Resistance Rf			$R_f = \frac{1}{2} C_f (r_{sw})(S_w)(v)^2$
R =	153550051		Reynolds Number, $R = vL / \nu$
Cf =	0.001960		Friction Coefficient, $C_f = 0.075 / [\log_{10} R - 2]^2$
DCf =	0.002352		Addition to Friction Coefficient due to Hull Fouling, $DC_f = 0.008 (N)(C_f)$
Cft =	0.004712		Total Friction Coefficient, $C_{ft} = C_f + DC_f + 0.0004$
Sw =	5520.56	m ²	Wetted Surface Area
Rf =	21349	N	Frictional Resistance
Wave Resistance Rv			
L/B =	5.20		
B/T =	3.84		
V/(L) ^{0.5} =	0.10		
Rv / D =	2.00		(To be taken from the Graph 1 on the right)
Rv =	36454	N	Wave Resistance

Total Hydrodynamic Resistance Rh			
Rh =	57803	N	Total Hydrodynamic Resistance
Aerodynamic Resistance Ra			$Ra = \frac{1}{2} Cx * Ch * (\rho air)(S)(Vw)^2$
Cx =	1		Drag Coefficient(To be taken from the Appendix 1 on the right)
Ch =	1		Height Coefficient(To be taken from the Appendix 1 on the right)
Ra =	18672	N	Aerodynamic Resistance
Tow Line Resistance Rr			$Rr = 4.6 \times 10^{-3} (d)(v)^2 (1 + (71.6 Z/P))$, in Newton
Rr =	342	N	Tow Line Resistance
Total Resistance of Towed Vessel			
Rtot =	76817	N	
Bollard Pull Coefficients			
$(V+Vc)/Vfr =$	0.21		
Cef =	0.80		Percentage of Static Bollard Pull = $(1 - (V+Vc)/Vfr)$
Total Required Static Bollard Pull for Tug, Rt			$Rt = \frac{Rtot}{Cef} \times \frac{1}{1000} \times \frac{1}{9.81} T$
Rt =	9.8	T	
Actual Bollard Pull for Tug, BPt			
BPt =	68.1	T	
Satisfied/Not Satisfied	Yes		

Perhitungan Gaya Tarik Tugboat (Bollard Pull Calculations) V = 2 knot

INPUTS			
Symbol	Value	Unit	Description
L =	145.60	m	Waterline Length
B =	28.00	m	Breadth
T =	7.30	m	Draft
V =	2	Kn	Vessel Speed (Towing Speed)
Vc =	1.46	Kn	Assumed Current Speed
D =	18227	t	Displacement
S =	243.6	m ²	Windage Area
d =	65	mm	Tow Line Diameter
l =	715	m	Tow Line Immersed Length
Z =	1	m	Sag of Tow Line
P =	800	m	Tug to Towed Vessel Distance
N =	150	days	Number of Days Elapsed Since last Dry Docking
Vfr =	12	Kn	Maximum Towing Vessel Speed in Free Run
rsw =	1.025	t/m ³	Sea Water Specific Gravity (default value 1.025)
rair =	1.22	kg/m ³	Air Specific Gravity (default value 1.22)
n =	1.2E-06	m ² /s	Viscosity (default value 1.2 10 ⁻⁶)
Vw =	21.79	Kn	Wind Speed (default value 40)
BPt =	68.1	Tonnes	Actual Bollard Pull of Tug
RESULTS			
Symbol	Value	Unit	Description
Frictional Resistance Rf			$R_f = \frac{1}{2} C_f (rsw)(Sw)(v)^2$
R =	215968771		Reynolds Number, $R = vL / \nu$
Cf =	0.001869		Friction Coefficient, $C_f = 0.075 / [\log_{10} R - 2]^2$
DCf =	0.002243		Addition to Friction Coefficient due to Hull Fouling, $DC_f = 0.008 (N)(C_f)$
Cft =	0.004512		Total Friction Coefficient, $C_{ft} = C_f + DC_f + 0.0004$
Sw =	5520.56	m ²	Wetted Surface Area
Rf =	40447	N	Frictional Resistance
Wave Resistance Rv			
L/B =	5.20		
B/T =	3.84		
V/(L) ^{0.5} =	0.15		
Rv / D =	2.50		(To be taken from the Graph 1 on the right)
Rv =	45568	N	Wave Resistance
Total Hydrodynamic Resistance Rh			

Rh =	86015	N	Total Hydrodynamic Resistance
Aerodynamic Resistance Ra			$Ra = \frac{1}{2} Cx * Ch * (\rho air)(S)(Vw)^2$
Cx =	1		Drag Coefficient(To be taken from the Appendix 1 on the right)
Ch =	1		Height Coefficient(To be taken from the Appendix 1 on the right)
Ra =	18672	N	Aerodynamic Resistance
Tow Line Resistance Rr			$Rr = 4.6 \times 10^{-3} (d)(v)^2(1 + (71.6 Z/P))$, in Newton
Rr =	677	N	Tow Line Resistance
Total Resistance of Towed Vessel			
Rtot =	105364	N	
Bollard Pull Coefficients			
(V+Vc)/Vfr =	0.29		
Cef =	0.71		Percentage of Static Bollard Pull = $(1 - (V+Vc)/Vfr)$
Total Required Static Bollard Pull for Tug, Rt			$Rt = \frac{Rtot}{Cef} \times \frac{1}{1000} \times \frac{1}{9.81} T$
Rt =	15.1	T	
Actual Bollard Pull for Tug, BPt			
BPt =	68.1	T	
Satisfied/Not Satisfied	Yes		

Perhitungan Gaya Tarik Tugboat (Bollard Pull Calculations) V = 3 knot

INPUTS			
Symbol	Value	Unit	Description
L =	145.60	m	Waterline Length
B =	28.00	m	Breadth
T =	7.30	m	Draft
V =	3	Kn	Vessel Speed (Towing Speed)
Vc =	1.46	Kn	Assumed Current Speed
D =	18227	t	Displacement
S =	243.6	m ²	Windage Area
d =	65	mm	Tow Line Diameter
l =	715	m	Tow Line Immersed Length
Z =	1	m	Sag of Tow Line
P =	800	m	Tug to Towed Vessel Distance
N =	150	days	Number of Days Elapsed Since last Dry Docking
Vfr =	12	Kn	Maximum Towing Vessel Speed in Free Run
rsw =	1.025	t/m ³	Sea Water Specific Gravity (default value 1.025)
rair =	1.22	kg/m ³	Air Specific Gravity (default value 1.22)
n =	1.2E-06	m ² /s	Viscosity (default value 1.2 10 ⁻⁶)
Vw =	21.79	Kn	Wind Speed (default value 40)
BPt =	68.1	Tonnes	Actual Bollard Pull of Tug
RESULTS			
Symbol	Value	Unit	Description
Frictional Resistance Rf			$R_f = \frac{1}{2} C_f (rsw)(Sw)(v)^2$
R =	278387491		Reynolds Number, $R = vL / \nu$
Cf =	0.001806		Friction Coefficient, $C_f = 0.075 / [\log_{10} R - 2]^2$
DCf =	0.002167		Addition to Friction Coefficient due to Hull Fouling, $DC_f = 0.008 (N)(C_f)$
Cft =	0.004373		Total Friction Coefficient, $C_{ft} = C_f + DC_f + 0.0004$
Sw =	5520.56	m ²	Wetted Surface Area
Rf =	65128	N	Frictional Resistance
Wave Resistance Rv			
L/B =	5.20		
B/T =	3.84		
$V/(L)^{0.5} =$	0.19		
Rv / D =	4.00		(To be taken from the Graph 1 on the right)
Rv =	72908	N	Wave Resistance
Total Hydrodynamic Resistance Rh			

Rh =	138036	N	Total Hydrodynamic Resistance
Aerodynamic Resistance Ra			$R_a = \frac{1}{2} C_x * C_h * (\rho_{air})(S)(V_w)^2$
Cx =	1		Drag Coefficient(To be taken from the Appendix 1 on the right)
Ch =	1		Height Coefficient(To be taken from the Appendix 1 on the right)
Ra =	18672	N	Aerodynamic Resistance
Tow Line Resistance Rr			$R_r = 4.6 \times 10^{-3} (d)(v)^2 (1 + (71.6 Z/P))$, in Newton
Rr =	1125	N	Tow Line Resistance
Total Resistance of Towed Vessel			
Rtot =	157833	N	
Bollard Pull Coefficients			
(V+Vc)/Vfr =	0.37		
Cef =	0.63		Percentage of Static Bollard Pull = $(1 - (V+Vc)/Vfr)$
Total Required Static Bollard Pull for Tug, Rt			$R_t = \frac{R_{tot}}{C_{ef}} \times \frac{1}{1000} \times \frac{1}{9.81} T$
Rt =	25.6	T	
Actual Bollard Pull for Tug, BPt			
BPt =	68.1	T	
Satisfied/Not Satisfied	Yes		

Perhitungan Gaya Tarik Tugboat (Bollard Pull Calculations) V = 4 knot

INPUTS			
Symbol	Value	Unit	Description
L =	145.60	m	Waterline Length
B =	28.00	m	Breadth
T =	7.30	m	Draft
V =	4	Kn	Vessel Speed (Towing Speed)
Vc =	1.46	Kn	Assumed Current Speed
D =	18227	t	Displacement
S =	243.6	m ²	Windage Area
d =	65	mm	Tow Line Diameter
l =	715	m	Tow Line Immersed Length
Z =	1	m	Sag of Tow Line
P =	800	m	Tug to Towed Vessel Distance
N =	150	days	Number of Days Elapsed Since last Dry Docking
Vfr =	12	Kn	Maximum Towing Vessel Speed in Free Run
rsw =	1.025	t/m ³	Sea Water Specific Gravity (default value 1.025)
rair =	1.22	kg/m ³	Air Specific Gravity (default value 1.22)
n =	1.2E-06	m ² /s	Viscosity (default value 1.2 10 ⁻⁶)
Vw =	21.79	Kn	Wind Speed (default value 40)
BPt =	68.1	Tonnes	Actual Bollard Pull of Tug
RESULTS			
Symbol	Value	Unit	Description
Frictional Resistance Rf			$R_f = \frac{1}{2} C_f (rsw)(S_w)(v)^2$
R =	340806211		Reynolds Number, $R = vL / \nu$
Cf =	0.001758		Friction Coefficient, $C_f = 0.075 / [\log_{10} R - 2]^2$
DCf =	0.002109		Addition to Friction Coefficient due to Hull Fouling, $DC_f = 0.008 (N)(C_f)$
Cft =	0.004267		Total Friction Coefficient, $C_{ft} = C_f + DC_f + 0.0004$
Sw =	5520.56	m ²	Wetted Surface Area
Rf =	95238	N	Frictional Resistance
Wave Resistance Rv			
L/B =	5.20		
B/T =	3.84		
V/(L) ^{0.5} =	0.23		
Rv / D =	6.00		(To be taken from the Graph 1 on the right)
Rv =	109362	N	Wave Resistance
Total Hydrodynamic Resistance Rh			

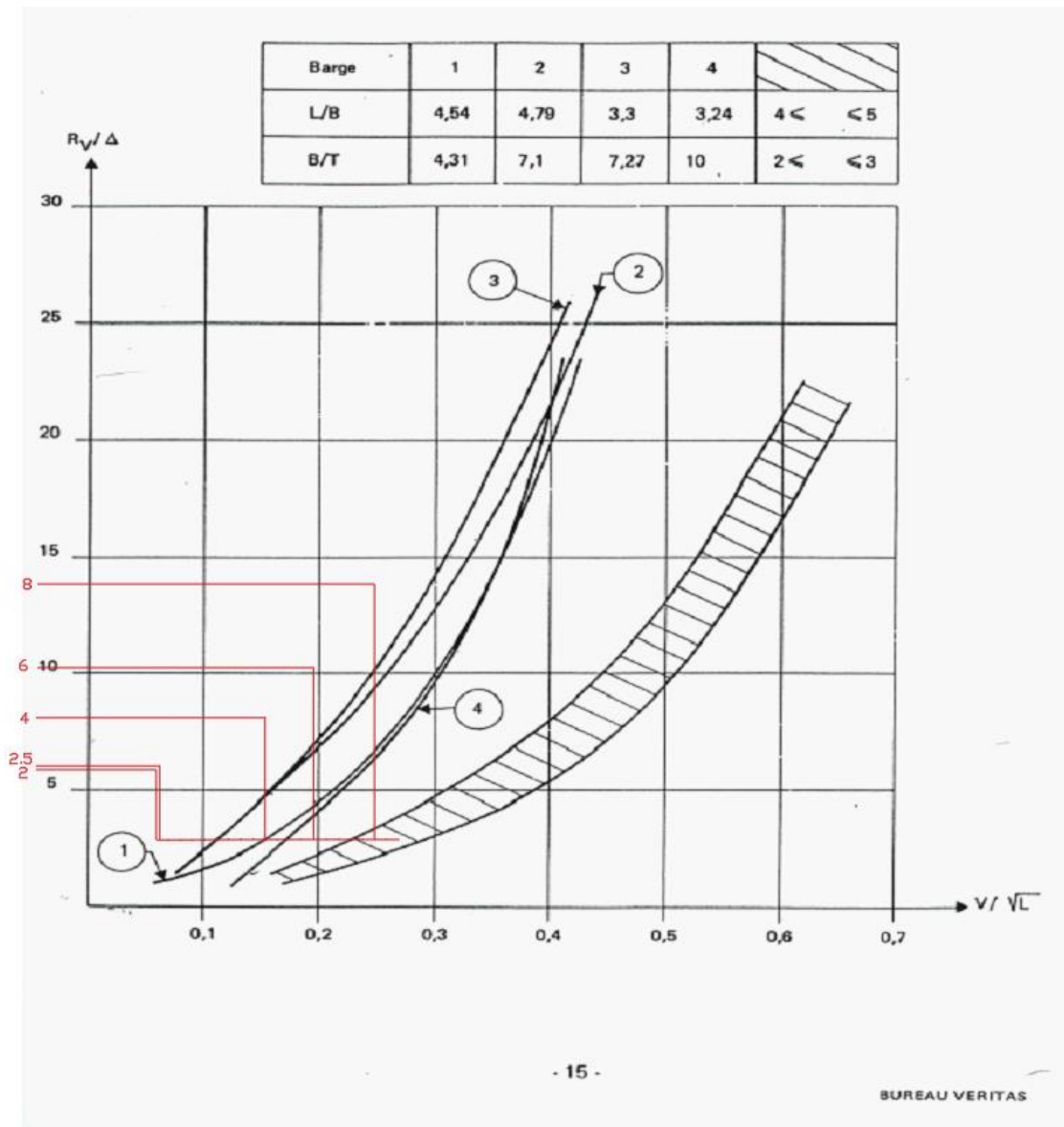
Rh =	204600	N	Total Hydrodynamic Resistance
Aerodynamic Resistance Ra			$Ra = \frac{1}{2} Cx * Ch * (\rho air)(S)(Vw)^2$
Cx =	1		Drag Coefficient(To be taken from the Appendix 1 on the right)
Ch =	1		Height Coefficient(To be taken from the Appendix 1 on the right)
Ra =	18672	N	Aerodynamic Resistance
Tow Line Resistance Rr			$Rr = 4.6 \times 10^{-3} (d)(v)^2(1 + (71.6 Z/P))$, in Newton
Rr =	1687	N	Tow Line Resistance
Total Resistance of Towed Vessel			
Rtot =	224958	N	
Bollard Pull Coefficients			
$(V+Vc)/Vfr =$	0.46		
Cef =	0.55		Percentage of Static Bollard Pull = $(1 - (V+Vc)/Vfr)$
Total Required Static Bollard Pull for Tug, Rt			$Rt = \frac{Rtot}{Cef} \times \frac{1}{1000} \times \frac{1}{9.81} T$
Rt =	42.1	T	
Actual Bollard Pull for Tug, BPt			
BPt =	68.1	T	
Satisfied/Not Satisfied	Yes		

Perhitungan Gaya Tarik Tugboat (Bollard Pull Calculations) V = 5 knot

INPUTS			
Symbol	Value	Unit	Description
L =	145.60	m	Waterline Length
B =	28.00	m	Breadth
T =	7.30	m	Draft
V =	5	Kn	Vessel Speed (Towing Speed)
Vc =	1.46	Kn	Assumed Current Speed
D =	18227	t	Displacement
S =	243.6	m ²	Windage Area
d =	65	mm	Tow Line Diameter
l =	715	m	Tow Line Immersed Length
Z =	1	m	Sag of Tow Line
P =	800	m	Tug to Towed Vessel Distance
N =	150	days	Number of Days Elapsed Since last Dry Docking
Vfr =	12	Kn	Maximum Towing Vessel Speed in Free Run
rsw =	1.025	t/m ³	Sea Water Specific Gravity (default value 1.025)
rair =	1.22	kg/m ³	Air Specific Gravity (default value 1.22)
n =	1.2E-06	m ² /s	Viscosity (default value 1.2 10 ⁻⁶)
Vw =	21.79	Kn	Wind Speed (default value 40)
BPt =	68.1	Tonnes	Actual Bollard Pull of Tug
RESULTS			
Symbol	Value	Unit	Description
Frictional Resistance Rf			$R_f = \frac{1}{2} C_f (rsw)(S_w)(v)^2$
R =	403224931		Reynolds Number, $R = vL / \nu$
Cf =	0.001719		Friction Coefficient, $C_f = 0.075 / [\log_{10} R - 2]^2$
DCf =	0.002063		Addition to Friction Coefficient due to Hull Fouling, $DC_f = 0.008 (N)(C_f)$
Cft =	0.004182		Total Friction Coefficient, $C_{ft} = C_f + DC_f + 0.0004$
Sw =	5520.56	m ²	Wetted Surface Area
Rf =	130661	N	Frictional Resistance
Wave Resistance Rv			
L/B =	5.20		
B/T =	3.84		
V/(L) ^{0.5} =	0.28		
Rv / D =	8.00		(To be taken from the Graph 1 on the right)
Rv =	145816	N	Wave Resistance
Total Hydrodynamic Resistance Rh			

Rh =	276477	N	Total Hydrodynamic Resistance
Aerodynamic Resistance Ra			$Ra = \frac{1}{2} Cx * Ch * (\rho air)(S)(Vw)^2$
Cx =	1		Drag Coefficient(To be taken from the Appendix1 on the right)
Ch =	1		Height Coefficient(To be taken from the Appendix1 on the right)
Ra =	18672	N	Aerodynamic Resistance
Tow Line Resistance Rr			$Rr = 4.6 \times 10^{-3} (d)(v)^2(1 + (71.6 Z/P))$, in Newton
Rr =	2361	N	Tow Line Resistance
Total Resistance of Towed Vessel			
Rtot =	297510	N	
Bollard Pull Coefficients			
(V+Vc)/Vfr =	0.54		
Cef =	0.46		Percentage of Static Bollard Pull = $(1 - (V+Vc)/Vfr)$
Total Required Static Bollard Pull for Tug, Rt			$Rt = \frac{Rtot}{Cef} \times \frac{1}{1000} \times \frac{1}{9.81} T$
Rt =	65.7	T	
Actual Bollard Pull for Tug, BPt			
BPt =	68.1	T	
Satisfied/Not Satisfied	Yes		

Grafik Nilai R_v/D untuk kecepatan 1, 2, 3, 4 dan 5 knot.



LAMPIRAN B

Perhitungan Analisis Risiko Tubrukan Akibat Maneuver Tanpa Bantuan Tugboat dengan Mean $V = 1$ knot dan $\delta R = 25$

	Kecepatan (knot)	Sudut <i>Rudder</i> ($^{\circ}$)
Mean	1	25
SD	0.8	6

Simulasi	10000
Gagal	3151
Berhasil	6849
Pof	31.51%

No.	Random Number	Vs	Random Number	δR	Trim	STD/L	TD	MK	Status
1	0.00649577	-0.987200874	0.814667221	30.37136	0.003355	2.226413	373.1924	79.80764	1
2	0.433783516	0.866600275	0.739108209	28.84359	0.002559	2.304265	392.411	60.58901	1
3	0.995832454	3.110548604	0.748558445	29.01976	0.036513	2.306333	403.932	49.06802	1
4	0.792248015	1.651396894	0.321190943	22.21377	0.009783	2.770222	455.711	-2.71103	0
5	0.108185843	0.011012992	0.737125265	28.80705	2.91E-07	2.305369	388.2593	64.7407	1
6	0.913345885	2.089320349	0.538322544	25.57725	0.015957	2.507131	424.3903	28.60969	1
7	0.744827531	1.526640547	0.349646258	22.68235	0.008308	2.728065	449.7143	3.285661	1
8	0.177239033	0.25924939	0.12928707	18.22139	0.000208	3.208812	504.6033	-51.6033	0
9	0.851524703	1.834396024	0.804967742	30.157	0.012173	2.239882	389.0639	63.93613	1
10	0.877798069	1.931239779	0.47182254	24.57586	0.013548	2.577678	432.5849	20.4151	1
11	0.900888772	2.029305895	0.903138788	32.79787	0.015019	2.121242	374.927	78.07303	1
12	0.819439573	1.730585119	0.241230385	20.7859	0.010784	2.909086	473.7996	-20.7996	0
13	0.345681523	0.682395211	0.585621292	26.29777	0.001556	2.454271	410.5976	42.40243	1
14	0.811640453	1.707166092	0.427469619	23.90308	0.010483	2.627943	437.8645	15.13546	1

15	0.929917368	2.180140707	0.986784562	38.31893	0.017434	1.925275	350.7174	102.2826	1
16	0.645292144	1.298112738	0.967770428	36.09394	0.00593	1.993442	354.977	98.02304	1
17	0.95180113	2.330059198	0.215829076	20.28186	0.02002	2.96577	484.0287	-31.0287	0
18	0.520716553	1.041561645	0.712674981	28.3673	0.003751	2.330745	396.6622	56.33778	1
2100	0.225780862	0.397748843	0.823409402	30.57062	0.000506	2.215835	378.7928	74.20718	1
2101	0.610001699	1.22345877	0.187094644	19.66808	0.005242	3.029691	486.6205	-33.6205	0
2102	0.992899907	2.961727286	0.95921194	35.44968	0.032973	2.025154	367.3631	85.63692	1
2103	0.351115885	0.694152359	0.823561688	30.57414	0.001613	2.216041	380.306	72.69398	1
2104	0.331628146	0.651662563	0.540989513	25.61756	0.001414	2.499452	416.1994	36.80057	1
2105	0.812345494	1.709258139	0.793747443	29.91696	0.01051	2.251237	389.8827	63.11731	1
2106	0.484806941	0.969525951	0.028301692	13.56183	0.003231	4.054481	615.9048	-162.905	0
2107	0.363918372	0.721596337	0.59141354	26.3871	0.001748	2.44857	410.0679	42.93209	1
2108	0.076392434	-0.143810912	0.919198464	33.3982	6.1E-05	2.091628	360.252	92.74804	1
2109	0.006310873	-0.995413811	0.895203416	32.52811	0.003413	2.12864	360.6949	92.30509	1
2110	0.193144015	0.306905079	0.092274466	17.03873	0.000295	3.379478	526.5852	-73.5852	0
2111	0.785362664	1.632346761	0.700597038	28.15671	0.00955	2.344518	401.3809	51.61914	1
2112	0.200161333	0.327163915	0.922133045	33.5174	0.000337	2.086952	362.019	90.98099	1
2113	0.639072147	1.284783826	0.091631311	17.01534	0.005804	3.384957	532.1891	-79.1891	0
2114	0.679391972	1.372799379	0.972325155	36.49673	0.006661	1.979993	353.6383	99.36172	1
2115	0.187205407	0.289406731	0.483342602	24.7494	0.000261	2.560399	422.1467	30.85329	1
2116	0.184277154	0.280652268	0.117211949	17.86576	0.000245	3.257761	510.9467	-57.9467	0
5700	0.823301065	1.742414959	0.296036037	21.78499	0.010938	2.810304	461.2741	-8.27411	0
5701	0.670077861	1.352102539	0.47432297	24.61356	0.006454	2.572485	429.0179	23.98213	1
5702	0.055030072	-0.278338291	0.326751103	22.30659	0.000241	2.758601	444.5493	8.450666	1
5703	0.682678718	1.380162092	0.640405237	27.15725	0.006736	2.402116	407.4536	45.54643	1
5704	0.998414153	3.360470612	0.639716357	27.1462	0.042881	2.415024	419.033	33.96695	1
5705	0.75795918	1.559802312	0.043623778	14.73941	0.008688	3.792441	585.4823	-132.482	0

5706	0.393889959	0.784644302	0.932074229	33.94851	0.002081	2.07057	362.2271	90.7729	1
5707	0.997622956	3.258592513	0.854314598	31.33072	0.040221	2.193732	390.3293	62.67066	1
5708	0.062230337	-0.229053531	0.698128735	28.11416	0.000161	2.343748	391.9443	61.05569	1
5709	0.620476601	1.245386202	0.336122923	22.46159	0.00544	2.746503	450.6523	2.347682	1
5710	0.521492815	1.043120468	0.02637545	13.37827	0.003763	4.099981	622.0708	-169.071	0
8100	0.260936148	0.487630412	0.111690519	17.69448	0.000774	3.28221	515.0999	-62.0999	0
8101	0.45471004	0.90898396	0.409486815	23.62681	0.002826	2.647264	436.3217	16.67834	1
8102	0.609279597	1.221953526	0.130752159	18.26294	0.005229	3.204919	508.937	-55.937	0
8103	0.16303757	0.214359878	0.793572469	29.91328	0.00014	2.247911	381.9592	71.04078	1
8104	0.063077793	-0.223551406	0.098946263	17.27453	0.000153	3.343544	519.346	-66.346	0
8105	0.317738744	0.62077485	0.927448963	33.74231	0.001278	2.078362	362.3977	90.60233	1
8106	0.616020786	1.236037127	0.837325293	30.90115	0.005355	2.201803	381.2108	71.78925	1
8107	0.795583772	1.660759998	0.2391147	20.74508	0.009899	2.913026	473.9513	-20.9513	0
8108	0.958601198	2.387743531	0.328117011	22.32929	0.021065	2.763609	458.5628	-5.56275	0
8109	0.936101054	2.218274713	0.025479379	13.28904	0.018074	4.12731	631.4481	-178.448	0
8110	0.443572465	0.886465755	0.924894545	33.63272	0.002682	2.083163	364.3423	88.65775	1
9990	0.855388947	1.847863717	0.005740848	9.833884	0.01236	5.309721	780.2289	-327.229	0
9991	0.604492538	1.211994328	0.071075244	16.19302	0.005141	3.518423	548.8275	-95.8275	0
9992	0.97425283	2.557869637	0.280096834	21.50468	0.024307	2.841633	469.3564	-16.3564	0
9993	0.059828256	-0.244973561	0.933316271	34.00572	0.000185	2.067709	356.6971	96.30293	1
9994	0.413189614	0.824521861	0.19740354	19.89441	0.002307	3.002787	481.1915	-28.1915	0
9995	0.086034034	-0.092471031	0.270089772	21.32475	2.44E-05	2.850987	457.2518	-4.25179	0
9996	0.906297546	2.054636014	0.427321717	23.90082	0.015411	2.629789	439.8429	13.15709	1
9997	0.326669243	0.640696672	0.527014459	25.4066	0.001365	2.513954	417.992	35.00795	1
9998	0.080880543	-0.119338466	0.750098001	29.04879	4.14E-05	2.292443	385.9585	67.04152	1
9999	0.960419057	2.404455875	0.440448346	24.101	0.021373	2.61624	439.8718	13.12824	1
10000	0.350174864	0.692121269	0.693879479	28.04126	0.001603	2.348378	397.1556	55.84442	1

Perhitungan Analisis Risiko Tubrukan Akibat Maneuver Tanpa Bantuan Tugboat dengan Mean V = 1 knot dan $\delta R = 30^\circ$

	Kecepatan (knot)	Sudut <i>Rudder</i> ($^\circ$)
Mean	1	30
SD	0.8	6

Simulasi	10000
Gagal	980
Berhasil	9020
Pof	9.8%

No.	Random Number	Vs	Random Number	δR	Trim	STD/L	TD	MK	Status
1	0.587115197	1.176104314	0.807620677	35.21497	0.004829	2.024047	358.2639	94.73609	1
2	0.331258975	0.650848472	0.051018301	20.18964	0.001411	2.969557	476.0868	-23.0868	0
3	0.84138506	1.800133298	0.177968029	24.46118	0.011705	2.5856	432.9364	20.06362	1
4	0.008258414	-0.917832314	0.474986094	29.62355	0.002883	2.263485	378.2634	74.73657	1
5	0.53517844	1.070635087	0.777555792	34.58379	0.003972	2.046973	360.6555	92.34449	1
6	0.443826654	0.886980618	0.358046235	27.81788	0.002685	2.361572	399.8141	53.1859	1
7	0.387037053	0.770360073	0.144347403	23.63406	0.002003	2.646403	435.5165	17.48345	1
8	0.59540002	1.19316661	0.493766421	29.90624	0.004976	2.2499	387.1232	65.8768	1
9	0.202461893	0.333712135	0.35952842	27.84168	0.000352	2.359405	396.7624	56.23759	1
10	0.145983911	0.156948346	0.814345206	35.36414	7.32E-05	2.017071	352.2623	100.7377	1
11	0.399473172	0.796231225	0.954368424	40.13263	0.002145	1.867268	336.3845	116.6155	1
12	0.628763743	1.262864692	0.125179661	23.10314	0.0056	2.691178	443.6916	9.308368	1
13	0.536199084	1.072690016	0.704486257	33.22409	0.003988	2.099987	367.4198	85.58018	1
14	0.648128637	1.304218452	0.541044384	30.61839	0.005988	2.215405	383.2856	69.7144	1
15	0.063843614	-0.21862861	0.38525896	28.24981	0.000146	2.336091	391.0212	61.97881	1

16	0.819746292	1.731518913	0.414996905	28.71174	0.010796	2.314186	398.0141	54.98595	1
17	0.19711134	0.318412379	0.499320146	29.98978	0.000319	2.244151	382.0023	70.99769	1
18	0.102666235	-0.013203709	0.889581229	37.34582	4.25E-07	1.949833	342.8424	110.1576	1
2100	0.257746899	0.479754228	0.834715726	35.83782	0.000748	2.000558	351.7779	101.2221	1
2101	0.769567789	1.589939363	0.609967653	31.67541	0.009041	2.167617	378.6309	74.36909	1
2102	0.071447285	-0.172077263	0.639339633	32.14017	8.86E-05	2.144137	366.7997	86.20027	1
2103	0.562986748	1.126836873	0.466122166	29.48987	0.004418	2.27086	389.4607	63.53933	1
2104	0.821630117	1.737276155	0.022585137	17.98161	0.010871	3.245205	516.6547	-63.6547	0
2105	0.193580121	0.308177009	0.204595268	25.04809	0.000298	2.538829	419.4929	33.50714	1
2106	0.085084696	-0.097327782	0.959695657	40.48299	2.71E-05	1.856891	330.5796	122.4204	1
2107	0.029235913	-0.51371503	0.140864721	23.54135	0.000862	2.653482	429.9764	23.02361	1
2108	0.932753044	2.197290623	0.105337332	22.48973	0.01772	2.748166	455.6398	-2.63977	0
2109	0.763596063	1.574334366	0.103743302	22.43696	0.008857	2.749849	452.729	0.271028	1
2110	0.438844477	0.876880375	0.25942628	26.12931	0.002622	2.465614	413.0184	39.98163	1
2111	0.401960512	0.801379362	0.471655371	29.57334	0.002174	2.265813	387.1849	65.81509	1
2112	0.996997859	3.198037931	0.908146894	37.97658	0.038682	1.943007	358.0831	94.91687	1
2113	0.196274427	0.315996685	0.103491172	22.42856	0.000314	2.747704	446.1428	6.857166	1
2114	0.125901085	0.08321357	0.441866153	29.12256	1.96E-05	2.288529	386.476	66.52396	1
2115	0.838754285	1.791480817	0.05433475	20.37479	0.011589	2.952842	479.6796	-26.6796	0
5000	0.513574488	1.02722621	0.138216128	23.46979	0.003644	2.660226	438.5662	14.43382	1
5001	0.223206492	0.390873027	0.569417294	31.04935	0.000488	2.193237	375.8793	77.12071	1
5002	0.606941986	1.217086061	0.585095425	31.28968	0.005186	2.183746	378.8151	74.18487	1
5003	0.985219344	2.74073526	0.572535214	31.09699	0.028062	2.200362	388.5759	64.42413	1
5004	0.001308837	-1.407516997	0.002785204	13.36769	0.007017	4.103735	610.2545	-157.255	0
5005	0.867987183	1.893541422	0.30334722	26.91121	0.013004	2.419318	412.2207	40.77927	1
5006	0.804304205	1.68567715	0.22841316	25.5355	0.01021	2.508049	422.4822	30.5178	1
5007	0.314885215	0.614360002	0.91611484	38.27642	0.001251	1.921094	342.3295	110.6705	1

5008	0.900172941	2.026030094	0.157953616	23.98258	0.014968	2.62325	438.8663	14.13371	1
5009	0.655863883	1.320960703	0.904618154	37.84994	0.006149	1.935939	347.7657	105.2343	1
5010	0.208211963	0.349887211	0.696891014	33.09288	0.000388	2.104114	364.3194	88.6806	1
7440	0.944101519	2.272134326	0.41086811	28.64813	0.018999	2.320428	401.5214	51.47857	1
7441	0.499465211	0.998927586	0.352568462	27.72963	0.003439	2.366952	401.0612	51.93885	1
7442	0.766831317	1.582761045	0.223923241	25.44594	0.008956	2.513799	422.6984	30.30157	1
7443	0.888348533	1.974233791	0.860380539	36.49218	0.014183	1.982693	356.9995	96.00052	1
7444	0.997280166	3.223819453	0.876845638	36.95617	0.039333	1.975796	362.3898	90.61017	1
7445	0.707644287	1.437212644	0.607501717	31.63688	0.007328	2.16876	378.0102	74.98977	1
7446	0.607819545	1.218912397	0.898220178	37.62885	0.005202	1.942572	348.0987	104.9013	1
7447	0.35707424	0.706967774	0.291419736	26.70455	0.001675	2.428365	407.4204	45.57962	1
7448	0.623667088	1.252100973	0.321074607	27.21182	0.005501	2.39839	406.3364	46.66358	1
7449	0.626535136	1.258152315	0.673087567	32.69073	0.005556	2.122515	371.2204	81.77964	1
7450	0.500882688	1.001770058	0.214619019	25.25702	0.003459	2.525105	421.2241	31.77591	1
7451	0.40485286	0.807355449	0.97214345	41.47964	0.002208	1.831043	331.8252	121.1748	1
7452	0.54327466	1.086949674	0.68896376	32.95749	0.004099	2.110931	368.8856	84.1144	1
7453	0.28391841	0.543007827	0.265550783	26.24205	0.000968	2.457689	410.3337	42.66629	1
7454	0.08582361	-0.093544069	0.242942264	25.81878	2.49E-05	2.485353	410.6647	42.33528	1
9992	0.31907529	0.623771068	0.6616528	32.50187	0.001291	2.129033	368.8682	84.1318	1
9993	0.523877543	1.047910324	0.09679567	22.19983	0.003799	2.769462	452.5866	0.413357	1
9994	0.531761878	1.063759613	0.506362995	30.0957	0.003919	2.240113	385.2271	67.77288	1
9995	0.331144915	0.650596875	0.31656973	27.13612	0.001409	2.401597	403.7273	49.27267	1
9996	0.49893756	0.997869483	0.443023271	29.14015	0.003431	2.288756	391.0936	61.9064	1
9997	0.825465866	1.749118461	0.04295704	19.69586	0.011026	3.028436	489.0978	-36.0978	0
9998	0.591592396	1.185314501	0.69696286	33.09411	0.004908	2.105594	368.6991	84.30085	1
9999	0.054478858	-0.282316442	0.862581833	36.55196	0.000248	1.975968	344.8219	108.1781	1
10000	0.661036996	1.332235948	0.628284061	31.96387	0.006259	2.153913	375.5921	77.40792	1

Perhitungan Analisis Risiko Tubrukan Akibat Maneuver Tanpa Bantuan Tugboat dengan Mean V = 1 knot dan $\delta R = 35^\circ$

	Kecepatan (knot)	Sudut <i>Rudder</i> ($^\circ$)
Mean	1	35
SD	0.8	6

Simulasi	10000
Gagal	146
Berhasil	9854
Pof	1.46%

No.	Random Number	Vs	Random Number	δR	Trim	STD/L	TD	MK	Status
1	0.956298418	2.367406423	0.765010144	39.33507	0.020694	1.89618	347.9502	105.0498	1
2	0.125663973	0.082296095	0.685143285	37.89278	1.91E-05	1.932525	341.1166	111.8834	1
3	0.512863452	1.025799585	0.169896139	29.27255	0.003634	2.281871	390.3567	62.6433	1
4	0.796191309	1.662475039	0.458007578	34.36727	0.00992	2.057147	364.9208	88.07915	1
5	0.203340774	0.336201983	0.64545581	37.23848	0.000357	1.953411	345.0512	107.9488	1
6	0.701474968	1.42291793	0.689667771	37.96945	0.007177	1.932562	347.8469	105.1531	1
7	0.777502807	1.611029332	0.032910845	23.96218	0.009292	2.622918	436.742	16.25801	1
8	0.580844193	1.163242879	0.511064435	35.16643	0.00472	2.025766	358.4184	94.58163	1
9	0.781014188	1.62049839	0.062325547	25.78676	0.009406	2.490684	419.943	33.05703	1
10	0.067927076	-0.193127183	0.300795476	31.86732	0.000113	2.156078	368.2155	84.78454	1
11	0.643583664	1.29444352	0.851919479	41.26821	0.005895	1.837824	335.1328	117.8672	1
12	0.442938633	0.885181719	0.862659685	41.55408	0.002674	1.829266	331.9893	121.0107	1
13	0.02512377	-0.566280524	0.397990087	33.44868	0.001056	2.089941	357.9175	95.08246	1
14	0.574955694	1.151204291	0.553777188	35.81126	0.004619	2.002795	355.4315	97.56851	1

15	0.53747313	1.07525581	0.968009489	46.11387	0.004008	1.723124	319.4204	133.5796	1
16	0.795372661	1.660164756	0.635060667	37.07172	0.009892	1.96205	352.794	100.206	1
17	0.706777841	1.435196693	0.227395432	30.51529	0.007307	2.220794	384.6293	68.37067	1
1970	0.825217459	1.748346579	0.343677698	32.58532	0.011016	2.128796	374.4798	78.52021	1
1971	0.933644039	2.202794519	0.979255314	47.23164	0.017813	1.70481	322.7438	130.2562	1
1972	0.102818733	-0.012522124	0.770597474	39.4449	3.81E-07	1.886003	334.7139	118.2861	1
1973	0.364849447	0.723579122	0.496579017	34.94855	0.001758	2.032704	357.0966	95.90339	1
1974	0.330936466	0.650136982	0.810358109	40.2753	0.001407	1.863064	335.116	117.884	1
1975	0.710503808	1.443885708	0.947929711	44.75062	0.007399	1.753865	325.1861	127.8139	1
1976	0.254023422	0.470494394	0.544002171	35.66313	0.000718	2.00667	352.5102	100.4898	1
1977	0.574332876	1.149933036	0.989030401	48.74851	0.004608	1.670828	313.1325	139.8675	1
1978	0.220763941	0.38430743	0.109096061	27.6119	0.000471	2.372835	398.7272	54.27281	1
1979	0.807245058	1.694231153	0.996393932	51.12132	0.010318	1.63011	310.6757	142.3243	1
1980	0.750354615	1.540484877	0.626823323	36.94071	0.008466	1.965853	352.678	100.322	1
1981	0.972133542	2.530494594	0.182329327	29.56086	0.023769	2.273764	396.8726	56.12742	1
1982	0.123972355	0.075715272	0.023366696	23.06775	1.61E-05	2.692262	437.874	15.126	1
4340	0.907663806	2.061204222	0.406462693	33.58008	0.015514	2.089596	371.0552	81.94478	1
4341	0.880991737	1.943967194	0.489660698	34.84448	0.013735	2.040587	364.2234	88.77661	1
4342	0.640470187	1.287772694	0.687476803	37.93227	0.005832	1.933263	347.2583	105.7417	1
4343	0.822812099	1.740908037	0.426649077	33.89053	0.010918	2.07582	367.6933	85.30667	1
4344	0.925436797	2.154099237	0.79004679	39.8395	0.017004	1.880511	344.8839	108.1161	1
4345	0.656597376	1.322555489	0.110754913	27.66486	0.006164	2.371657	403.2841	49.71587	1
4346	0.064897177	-0.211930666	0.706988443	38.26765	0.000137	1.920985	338.1703	114.8297	1
4347	0.521688879	1.043514212	0.389978392	33.32375	0.003766	2.095879	366.7501	86.24986	1
4348	0.108346767	0.011705509	0.999681657	55.49291	3.31E-07	1.557588	292.9955	160.0045	1
4349	0.11931505	0.057265792	0.560472689	35.91301	8.99E-06	1.99769	349.2931	103.7069	1
4350	0.054366723	-0.283129617	0.624014565	36.89625	0.00025	1.964532	343.361	109.639	1

7050	0.637999228	1.28249273	0.856341987	41.38417	0.005782	1.834744	334.6805	118.3195	1
7051	0.21018629	0.355379978	0.817507199	40.43544	0.000401	1.858319	333.0327	119.9673	1
7052	0.476816668	0.953484207	0.813239183	40.33938	0.003121	1.861878	336.4867	116.5133	1
7053	0.153498176	0.182764086	0.809015994	40.24566	0.0001	1.863441	332.8193	120.1807	1
7054	0.052458896	-0.297172592	0.738204111	38.82691	0.000276	1.904171	335.6006	117.3994	1
7055	0.975202536	2.570752984	0.617422165	36.7923	0.024563	1.976194	359.1642	93.83585	1
7060	0.931675043	2.190706407	0.737418268	38.81244	0.01761	1.91047	348.8843	104.1157	1
9985	0.739785869	1.514148314	0.101942263	27.37663	0.008168	2.389383	406.5036	46.4964	1
9986	0.215110843	0.368950113	0.446022595	34.1857	0.000433	2.060858	358.9042	94.09578	1
9987	0.383690328	0.763357731	0.104036549	27.44671	0.001965	2.383105	401.9372	51.0628	1
9988	0.252343558	0.466293516	0.607073171	36.63019	0.000705	1.973505	348.2638	104.7362	1
9989	0.257561475	0.479294757	0.190705081	29.74819	0.000746	2.256426	384.3732	68.62677	1
9990	0.140859538	0.138827516	0.997789782	52.07893	5.67E-05	1.610524	300.3772	152.6228	1
9991	0.317891297	0.621117105	0.871381372	41.79767	0.00128	1.822511	329.804	123.196	1
9992	0.786073168	1.634295868	0.640660947	37.16136	0.009574	1.959028	352.2792	100.7208	1
9993	0.72479191	1.477709285	0.355647563	32.7793	0.007764	2.11956	371.9454	81.0546	1
9994	0.232445809	0.41534729	0.72395592	38.5678	0.000554	1.912016	340.1746	112.8254	1
9995	0.786926892	1.636642857	0.484611943	34.76851	0.009602	2.041997	362.8612	90.13878	1
9996	0.501546438	1.003101083	0.038870308	24.41631	0.003469	2.586177	429.0113	23.98872	1
9997	0.067549081	-0.195437131	0.522589766	35.33993	0.000116	2.017953	350.6068	102.3932	1
9998	0.658765176	1.327276325	0.94296889	44.48117	0.00621	1.759526	325.3223	127.6777	1
9999	0.213473822	0.364459436	0.029451842	23.66653	0.000422	2.643268	433.0808	19.91922	1
10000	0.627672906	1.260556993	0.025142508	23.25481	0.005579	2.678524	442.068	10.93197	1

Perhitungan Analisis Risiko Tubrukan Akibat Maneuver Tanpa Bantuan Tugboat dengan Mean V = 2 knot dan $\delta R = 25$

	Kecepatan (knot)	Sudut <i>Rudder</i> (°)
Mean	2	25
SD	0.8	6

Simulasi	10000
Gagal	3451
Berhasil	6549
Pof	34.51%

No.	Random Number	Vs	Random Number	δR	Trim	STD/L	TD	MK	Status
1	0.379826137	1.755250043	0.393015327	23.37119	0.011106	2.670804	443.5663	9.433744	1
2	0.417911622	1.834208834	0.344744392	22.60271	0.012171	2.736331	452.3105	0.68954	1
3	0.495072425	1.99011847	0.007316586	10.352	0.014422	5.082432	751.9859	-298.986	0
4	0.131250517	1.10360053	0.527017435	25.40665	0.004231	2.514921	420.4376	32.56244	1
5	0.731381765	2.493597885	0.291764996	21.71059	0.023054	2.821452	466.463	-13.463	0
6	0.30692054	1.596321446	0.112095735	17.70725	0.009117	3.283209	520.7893	-67.7893	0
7	0.792523259	2.652166089	0.903790874	32.82075	0.026208	2.124079	378.4131	74.58688	1
8	0.86834879	2.894895751	0.753261601	29.10874	0.031445	2.299899	402.0303	50.96965	1
9	0.42134803	1.841243127	0.416728669	23.73838	0.012268	2.64155	440.2706	12.72936	1
10	0.594464573	2.19123583	0.465291533	24.47733	0.017619	2.586394	434.9996	18.00039	1
11	0.895891317	3.006785882	0.852725895	31.28918	0.034025	2.193533	389.0406	63.95936	1
12	0.990069918	3.863183409	0.175840179	19.41199	0.057305	3.077364	505.9371	-52.9371	0
13	0.27894054	1.531206625	0.231185985	20.59032	0.00836	2.928735	475.3027	-22.3027	0
14	0.33368563	1.65619313	0.76386069	29.31266	0.009842	2.281879	393.5203	59.47972	1
15	0.18301084	1.276839647	0.872573037	31.83183	0.005729	2.159547	376.0319	76.96806	1

16	0.234860404	1.421653288	0.77728988	29.57843	0.007164	2.267241	390.4787	62.52126	1
2100	0.856437023	2.851558125	0.924224633	33.60445	0.030473	2.093693	375.5423	77.45771	1
2101	0.656316656	2.321944987	0.982653221	37.6715	0.019876	1.946192	354.0937	98.9063	1
2102	0.593378109	2.188994744	0.92621099	33.68884	0.017582	2.085989	371.2369	81.76314	1
2103	0.299426449	1.579159345	0.490822408	24.86196	0.008914	2.555134	427.9465	25.0535	1
2104	0.226665143	1.400100391	0.864485505	31.60418	0.00694	2.170093	377.994	75.00603	1
2105	0.499515952	1.999029336	0.556511555	25.85278	0.014556	2.487992	421.4989	31.50108	1
2106	0.873692138	2.915215263	0.45512333	24.32364	0.031905	2.602794	440.7212	12.27885	1
2107	0.065000799	0.788723531	0.166745365	19.19736	0.002104	3.084474	491.4188	-38.4188	0
2108	0.428676514	1.856204268	0.412664282	23.67582	0.012476	2.646607	440.99	12.01004	1
2109	0.176011992	1.255463522	0.313641723	22.08668	0.005532	2.780386	455.0197	-2.01968	0
2110	0.914029991	3.092797313	0.487201188	24.80748	0.036081	2.568289	437.2161	15.78387	1
2111	0.630738739	2.267048439	0.923325612	33.56681	0.018911	2.091273	372.3016	80.69842	1
2112	0.563682334	2.128249574	0.378169368	23.13825	0.016582	2.691954	448.132	4.867982	1
2113	0.895544716	3.005253387	0.911344937	33.0945	0.033989	2.115424	379.0818	73.91817	1
2114	0.927410361	3.16541774	0.368828793	22.99026	0.037866	2.711622	455.841	-2.84101	0
2115	0.912322883	3.084159021	0.638287148	27.1233	0.035872	2.414045	417.522	35.47799	1
2116	0.835239414	2.780063043	0.676265701	27.74369	0.028906	2.374756	410.991	42.009	1
2117	0.395569562	1.788134648	0.498513659	24.97765	0.011544	2.54768	428.0452	24.95483	1
2118	0.225683985	1.397490903	0.835272807	30.85128	0.006913	2.204674	382.3864	70.61356	1
5700	0.549989669	2.100508196	0.780608684	29.6455	0.016136	2.266852	393.8349	59.16509	1
5701	0.851847115	2.835510648	0.980115466	37.33684	0.030118	1.960318	358.4698	94.53017	1
5702	0.193786402	1.308778029	0.60316564	26.5693	0.006032	2.438378	411.7153	41.28467	1
5703	0.68379665	2.38267372	0.188959484	19.70958	0.020972	3.030221	492.5037	-39.5037	0
5704	0.766902398	2.58294691	0.345904747	22.6216	0.024806	2.738954	456.4009	-3.40091	0
5705	0.330782129	1.6497964	0.060771362	15.71002	0.009763	3.605039	562.0587	-109.059	0
5706	0.092562742	0.939889838	0.930305975	33.86844	0.003029	2.074011	363.4443	89.55572	1

5707	0.315823852	1.616472813	0.943314357	34.49932	0.009358	2.051967	364.0302	88.96978	1
5708	0.758193031	2.560401496	0.577991517	26.18055	0.024357	2.469618	421.9744	31.02561	1
5709	0.478398408	1.956661083	0.866416466	31.65766	0.013922	2.170063	380.7822	72.21777	1
5710	0.868977389	2.897256171	0.043529009	14.73325	0.031498	3.801434	593.3377	-140.338	0
7900	0.345248943	1.681456412	0.764676356	29.32856	0.010157	2.281158	393.5551	59.44493	1
7901	0.334652974	1.658319401	0.199078867	19.9305	0.009869	3.001269	485.1812	-32.1812	0
7902	0.657749667	2.325063433	0.99950549	44.76179	0.019931	1.757858	330.1155	122.8845	1
7903	0.058999733	0.749419264	0.178488539	19.47316	0.001891	3.051354	487.0022	-34.0022	0
7904	0.827316352	2.754890635	0.307150476	21.97634	0.028364	2.7983	464.8242	-11.8242	0
7905	0.467307124	1.934367339	0.549896651	25.7524	0.013594	2.49442	421.9935	31.00653	1
7906	0.75864376	2.561557263	0.041125349	14.57336	0.02438	3.832382	595.5964	-142.596	0
7907	0.602003687	2.206829466	0.785846794	29.75256	0.017881	2.262006	393.7509	59.24908	1
7908	0.449132066	1.897716414	0.991804619	39.40058	0.013064	1.891703	345.0235	107.9765	1
7909	0.856994541	2.853530765	0.725077209	28.58795	0.030517	2.327619	405.3543	47.64565	1
7910	0.141813795	1.142235333	0.020911973	12.78839	0.004544	4.254692	642.2781	-189.278	0
9990	0.886141332	2.965007831	0.890789816	32.38444	0.033049	2.144783	382.6204	70.37963	1
9991	0.979877498	3.640980299	0.481595811	24.72311	0.050662	2.579388	441.3803	11.61974	1
9992	0.982455108	3.685856622	0.636074577	27.08791	0.05197	2.421653	421.5099	31.49012	1
9993	0.535213883	2.070706438	0.352120979	22.7224	0.015663	2.727074	452.3176	0.682415	1
9994	0.418525201	1.835465748	0.203266041	20.01993	0.012188	2.992015	484.8909	-31.8909	0
9995	0.53005434	2.060325167	0.374678202	23.08307	0.0155	2.696215	448.3341	4.665863	1
9996	0.633573161	2.273065581	0.792644596	29.89379	0.019015	2.255277	393.2259	59.77405	1
9997	0.373712243	1.742370212	0.022391984	12.95993	0.010938	4.210493	639.658	-186.658	0
9998	0.685035551	2.385461543	0.05205335	15.24843	0.021023	3.695166	577.2316	-124.232	0
9999	0.671283049	2.354767053	0.628905259	26.97373	0.020464	2.417986	414.3649	38.63508	1
10000	0.688593285	2.393493531	0.88407378	32.1736	0.021171	2.149826	380.3956	72.60441	1

Perhitungan Analisis Risiko Tubrukan Akibat Maneuver Tanpa Bantuan Tugboat dengan Mean V = 2 knot dan $\delta R = 30^\circ$

	Kecepatan (knot)	Sudut <i>Rudder</i> ($^\circ$)
Mean	2	30
SD	0.8	6

Simulasi	10000
Gagal	1079
Berhasil	8921
Pof	10.79%

No.	Random Number	Vs	Random Number	δR	Trim	STD/L	TD	MK	Status
1	0.006458634	0.011166315	0.949031757	39.81322	3E-07	1.875497	333.4943	119.5057	1
2	0.420574642	1.8396611	0.751655624	34.07825	0.012246	2.068989	367.3184	85.68158	1
3	0.013491675	0.230593123	0.640626239	32.1608	0.000163	2.143268	368.7091	84.29086	1
4	0.416463038	1.831239783	0.09786452	22.2371	0.01213	2.7689	456.4449	-3.44495	0
5	0.923112721	3.141059984	0.818636366	35.46108	0.037262	2.026199	368.396	84.60402	1
6	0.522263965	2.044669187	0.897496026	37.60447	0.015256	1.946748	352.7734	100.2266	1
7	0.312224425	1.608356027	0.136023372	23.40983	0.00926	2.667015	442.3466	10.6534	1
8	0.205951848	1.343561486	0.693934417	33.0422	0.00637	2.108215	369.827	83.173	1
9	0.832036783	2.769796185	0.7385981	33.83418	0.028684	2.084036	373.9019	79.09814	1
10	0.270327669	1.510542165	0.897248103	37.59616	0.008127	1.944598	349.8199	103.1801	1
11	0.268526934	1.506180624	0.011129493	16.28448	0.008079	3.503881	548.4507	-95.4507	0
12	0.995017618	4.061639712	0.39441195	28.39297	0.063599	2.34958	414.213	38.78698	1
13	0.853068944	2.839749478	0.183778345	24.59364	0.030211	2.582002	437.6936	15.30638	1
14	0.897617954	3.014475855	0.764730379	34.32961	0.034207	2.066799	372.9334	80.06664	1
15	0.438101274	1.875372053	0.514911197	30.22431	0.012746	2.236768	388.8727	64.12731	1

2270	0.764935367	2.577814993	0.529250511	30.44032	0.024703	2.2303	391.5727	61.42735	1
2271	0.093123526	0.942589526	0.665080418	32.55821	0.003047	2.127243	370.2396	82.76045	1
2272	0.238066267	1.429970692	0.970391272	41.31945	0.007252	1.836937	335.6997	117.3003	1
2273	0.331418955	1.651201302	0.179232947	24.49025	0.009781	2.582775	431.8293	21.1707	1
2274	0.823105292	2.741811301	0.678415949	32.77964	0.028085	2.126426	379.1618	73.83815	1
2275	0.374160292	1.743316323	0.472292422	29.58295	0.01095	2.268292	392.2263	60.77368	1
2276	0.611080386	2.225708803	0.345772052	27.61944	0.018201	2.378395	408.6735	44.32647	1
2277	0.409752654	1.817454969	0.768477891	34.40306	0.011941	2.056475	365.6128	87.38722	1
2278	0.053405949	0.709848085	0.698600666	33.12228	0.00169	2.103353	366.0283	86.97168	1
2279	0.448664455	1.896770945	0.651730691	32.33998	0.01305	2.139914	376.6408	76.35921	1
2280	0.590462651	2.182988197	0.199595732	24.9416	0.017481	2.552282	430.6124	22.38763	1
2281	0.50960614	2.01926508	0.6394337	32.14167	0.014865	2.149074	378.4223	74.57765	1
2282	0.009524667	0.124348697	0.605340087	31.60316	4.51E-05	2.167804	371.3021	81.69789	1
2283	0.740320697	2.515467528	0.583618566	31.26696	0.023477	2.190979	386.2504	66.74961	1
2284	0.225067327	1.395847555	0.250707589	25.96641	0.006896	2.477816	417.1765	35.82353	1
2285	0.511791608	2.023649186	0.560928259	30.91994	0.014932	2.204165	385.4629	67.5371	1
5440	0.264741562	1.496963817	0.510200723	30.15343	0.007976	2.238637	387.2124	65.78763	1
5441	0.657917699	2.325429418	0.597108497	31.47522	0.019938	2.180301	383.9367	69.06333	1
5442	0.451568522	1.902640436	0.769775421	34.42864	0.013134	2.055911	365.9684	87.03164	1
5443	0.0198657	0.354775513	0.062966409	20.81797	0.000399	2.90225	466.0265	-13.0265	0
5444	0.416760269	1.831849182	0.030405356	18.75078	0.012138	3.143444	504.1649	-51.1649	0
5445	0.767496197	2.584500827	0.38818663	28.29571	0.024837	2.341879	405.8214	47.17861	1
5446	0.004395115	-0.096085205	0.486495138	29.79685	2.64E-05	2.253723	381.1423	71.85768	1
5447	0.576483164	2.154323691	0.278443605	26.47517	0.017007	2.448088	417.1944	35.80564	1
5448	0.692105613	2.401462106	0.013367918	16.70788	0.021318	3.438655	544.6324	-91.6324	0
5449	0.146356956	1.158250661	0.634101938	32.05642	0.004678	2.149331	374.1356	78.86443	1
5450	0.977207228	3.59936869	0.428300215	28.91578	0.049465	2.316269	407.6502	45.34984	1

5451	0.582432671	2.166496629	0.416839308	28.74008	0.017208	2.314818	400.2768	52.72319	1
5452	0.952694534	3.337248754	0.750465008	34.05572	0.042267	2.080022	376.2373	76.76274	1
5453	0.660718504	2.331539881	0.541960516	30.63224	0.020047	2.219503	388.9616	64.03837	1
5454	0.804820592	2.687173466	0.821458485	35.52563	0.026933	2.020407	365.381	87.61901	1
5455	0.086155755	0.908148782	0.3497391	27.68385	0.00282	2.369414	400.9194	52.08062	1
9000	0.429560833	1.858006113	0.278634816	26.47859	0.012502	2.446345	415.4856	37.51438	1
9001	0.9987486	4.418402257	0.22121571	25.39144	0.075771	2.540199	440.2877	12.71226	1
9002	0.777563913	2.61119338	0.135983858	23.40875	0.025373	2.672559	448.084	4.916008	1
9003	0.979025447	3.627219759	0.35837634	27.82319	0.050265	2.377374	415.5746	37.42539	1
9004	0.101157732	0.980014063	0.47138674	29.56929	0.003305	2.266403	388.1563	64.84373	1
9005	0.662663227	2.33579403	0.958095295	40.37399	0.020123	1.866682	344.0336	108.9664	1
9006	0.386346667	1.768917037	0.854876464	36.34548	0.011287	1.986667	356.4758	96.52424	1
9007	0.536152073	2.072595355	0.456520309	29.34478	0.015693	2.282188	395.6486	57.35142	1
9008	0.374262982	1.743533117	0.165639931	24.17077	0.010953	2.607348	435.4231	17.57686	1
9009	0.66482049	2.340524261	0.953445972	40.07535	0.020208	1.874979	345.1143	107.8857	1
9010	0.660286055	2.330595162	0.190153088	24.73601	0.02003	2.568072	433.3646	19.63539	1
9995	0.932677423	3.196826096	0.938643081	39.26089	0.038651	1.904411	353.1599	99.84006	1
9996	0.090778854	0.931220645	0.672940181	32.68828	0.002972	2.121743	369.4818	83.51821	1
9997	0.776304762	2.607818143	0.978997092	42.20078	0.025305	1.820409	339.5031	113.4969	1
9998	0.246519924	1.451614441	0.465353591	29.47827	0.007482	2.272495	391.2983	61.70166	1
9999	0.877597865	2.930449754	0.847055667	36.14332	0.032253	2.000659	364.0856	88.91444	1
10000	0.770717202	2.592968692	0.746146989	33.97448	0.025006	2.077324	372.1595	80.84047	1

Perhitungan Analisis Risiko Tubrukan Akibat Maneuver Tanpa Bantuan Tugboat dengan Mean $V = 2$ knot dan $\delta R = 35$

	Kecepatan (knot)	Sudut <i>Rudder</i> (°)
Mean	2	35
SD	0.8	6

Simulasi	10000
Gagal	199
Berhasil	9801
Pof	1.99%

No.	Random Number	Vs	Random Number	δR	Trim	STD/L	TD	MK	Status
1	0.86731475	2.891029739	0.25763748	31.09612	0.031357	2.201518	389.4772	63.52283	1
2	0.71907003	2.464064867	0.442864356	34.13773	0.02249	2.070166	370.601	82.39899	1
3	0.820692448	2.734405748	0.984007824	47.86764	0.027927	1.695633	324.2417	128.7583	1
4	0.018021624	0.32284864	0.454707164	34.31734	0.000328	2.055796	358.0281	94.97194	1
5	0.91951623	3.121459924	0.863940305	41.58917	0.03678	1.839904	344.5636	108.4364	1
6	0.110806149	1.022198301	0.782201159	39.67789	0.003607	1.880555	339.2109	113.7891	1
7	0.084511202	0.899718558	0.381427104	33.18959	0.002766	2.100974	366.6779	86.32212	1
8	0.57408546	2.149428131	0.437439669	34.05522	0.016927	2.071463	369.1877	83.81235	1
9	0.055269454	0.723379542	0.866850536	41.66976	0.001757	1.825963	330.7568	122.2432	1
10	0.983723717	3.710047072	0.961594831	45.617	0.052682	1.750184	336.0862	116.9138	1
11	0.165210503	1.221387022	0.237288262	30.70968	0.005224	2.210797	382.283	70.71699	1
12	0.55239596	2.105373659	0.686012202	37.90747	0.016213	1.93755	351.9062	101.0938	1
13	0.034084376	0.540888259	0.764230984	39.31987	0.00096	1.889938	337.9917	115.0083	1
14	0.263585852	1.494136538	0.379232148	33.15501	0.007945	2.104135	370.0627	82.93732	1

15	0.298516559	1.577062532	0.152466612	28.84453	0.008889	2.306358	396.2419	56.7581	1
2720	0.925645712	3.155286465	0.988202875	48.58204	0.037614	1.685151	325.0178	127.9822	1
2721	0.062464775	0.772474378	0.527547954	35.41464	0.002014	2.015922	355.2038	97.79617	1
2722	0.343881275	1.678485356	0.7664402	39.36304	0.01012	1.89179	343.9348	109.0652	1
2723	0.025028072	0.432412885	0.150183477	28.78612	0.000603	2.306704	390.5434	62.45661	1
2724	0.85939035	2.862067461	0.149138608	28.75919	0.030707	2.318353	404.2167	48.78325	1
2725	0.12584242	1.082986686	0.903619146	42.81472	0.004068	1.797997	328.998	124.002	1
2726	0.572171335	2.145523949	0.14920738	28.76097	0.016863	2.31357	400.0126	52.98745	1
2727	0.783849402	2.628207928	0.515722224	35.23652	0.025718	2.030341	366.3508	86.64921	1
2728	0.364649985	1.723154497	0.818333772	40.4542	0.010688	1.861288	340.2729	112.7271	1
2729	0.360839902	1.715028262	0.18089168	29.52817	0.010584	2.270977	392.4265	60.5735	1
2730	0.023054596	0.404486102	0.671158278	37.65868	0.000524	1.940045	343.691	109.309	1
2731	0.307186781	1.59692771	0.260675995	31.15242	0.009124	2.191387	381.6942	71.30581	1
2732	0.126713082	1.086346386	0.087727987	26.87072	0.004094	2.41881	408.1064	44.8936	1
2733	0.828827495	2.759633617	0.330722101	32.37248	0.028466	2.143742	381.4574	71.54259	1
2734	0.071223128	0.826606408	0.76756016	39.38501	0.002319	1.888514	339.2437	113.7563	1
2735	0.085828423	0.906480493	0.112982696	27.7351	0.00281	2.366421	400.5297	52.47034	1
5030	0.253705249	1.469699854	0.801981029	40.09231	0.007677	1.870263	340.1448	112.8552	1
5031	0.914143238	3.093374885	0.892398834	42.43632	0.036095	1.81817	341.6538	111.3462	1
5032	0.581487761	2.1645608	0.634721909	37.06631	0.017176	1.964693	355.6611	97.33891	1
5033	0.784109996	2.628919462	0.891492932	42.40704	0.025733	1.815391	338.9696	114.0304	1
5034	0.201945901	1.33224733	0.290718039	31.69227	0.006259	2.165923	377.1222	75.87776	1
5035	0.635158264	2.276437292	0.43582264	34.03059	0.019074	2.073141	370.0387	82.96127	1
5036	0.515322466	2.03073374	0.834072734	40.82231	0.015041	1.852777	340.7316	112.2684	1
5037	0.562681863	2.126217793	0.418224899	33.76138	0.016549	2.082783	370.5134	82.48661	1
5038	0.950392082	3.318933749	0.870533535	41.7735	0.041786	1.836846	345.1647	107.8353	1
5039	0.06149052	0.766095216	0.048456964	25.03998	0.00198	2.539977	421.9364	31.06357	1

5040	0.894031801	2.998606817	0.603854564	36.58002	0.033833	1.986398	362.6106	90.38936	1
7530	0.300807719	1.582336927	0.313630993	32.08649	0.008951	2.149469	376.2806	76.71937	1
7531	0.979215644	3.630249812	0.576016536	36.15028	0.050352	2.006548	368.3466	84.65337	1
7532	0.804148864	2.685227492	0.61924014	36.82091	0.026892	1.976037	359.7184	93.28157	1
7533	0.963366357	3.432929676	0.720761045	38.51062	0.044826	1.92873	357.4427	95.55734	1
7534	0.672188592	2.356771681	0.027138924	23.45232	0.020501	2.667354	446.1444	6.855581	1
7535	0.94331574	3.266585866	0.116861661	27.85507	0.040426	2.3722	413.1063	39.89373	1
7536	0.147850055	1.163440948	0.581977027	36.24172	0.004722	1.987973	353.6045	99.39549	1
7537	0.965583702	3.455613581	0.460705678	34.40806	0.045445	2.067629	375.2522	77.74782	1
7538	0.851628602	2.834755041	0.127576716	28.17247	0.030101	2.350586	408.1862	44.81381	1
7539	0.736579825	2.506269283	0.11125431	27.68069	0.023298	2.376532	409.8437	43.1563	1
7540	0.473014571	1.945844716	0.776541855	39.5634	0.013762	1.887261	344.699	108.301	1
9990	0.735927823	2.504672968	0.344625652	32.60077	0.023268	2.132293	378.7196	74.28038	1
9991	0.084068892	0.897430246	0.121285189	27.98848	0.002752	2.351779	398.6189	54.38108	1
9992	0.617281183	2.238678336	0.638490139	37.12656	0.018422	1.963154	355.8368	97.16315	1
9993	0.839210361	2.79297418	0.224201118	30.45151	0.029186	2.231276	392.7765	60.22351	1
9994	0.951219072	3.325432327	0.484802672	34.77138	0.041956	2.052845	372.7156	80.28441	1
9995	0.751409853	2.543146428	0.046246417	24.90565	0.024017	2.557087	433.0315	19.96853	1
9996	0.433325017	1.865667882	0.491455222	34.87148	0.012609	2.039211	363.6552	89.34478	1
9997	0.682124018	2.378917251	0.480746969	34.71033	0.020903	2.047983	367.3477	85.65231	1
9998	0.021846306	0.386377762	0.780407569	39.64142	0.000477	1.880534	336.0184	116.9816	1
9999	0.34664758	1.684490204	0.294175445	31.75264	0.010195	2.164569	378.7168	74.28315	1
10000	0.541979601	2.084337764	0.900221902	42.6969	0.015878	1.804883	334.8989	118.1011	1

Perhitungan Analisis Risiko Tubrukan Akibat Maneuver Tanpa Bantuan Tugboat dengan Mean V = 3 knot dan $\delta R = 25$

	Kecepatan (knot)	Sudut <i>Rudder</i> (°)
Mean	3	25
SD	0.8	6

Simulasi	10000
Gagal	3786
Berhasil	6214
Pof	37.86%

No.	Random Number	Vs	Random Number	δR	Trim	STD/L	TD	MK	Status
1	0.314860847	2.614305116	0.634111056	27.05657	0.025436	2.414585	415.2337	37.76634	1
2	0.559816649	3.120403497	0.796877935	29.98313	0.036754	2.256819	397.6732	55.32676	1
3	0.423384112	2.84540515	0.484695232	24.76976	0.030337	2.569094	436.0775	16.92252	1
4	0.125390144	2.081235046	0.27911042	21.48708	0.015829	2.840468	466.8168	-13.8168	0
5	0.689261123	3.395005657	0.856805699	31.39647	0.043802	2.191951	390.7867	62.21327	1
6	0.99877235	5.423037252	0.955216104	35.18609	0.116031	2.062741	384.4997	68.50035	1
7	0.021025303	1.373584818	0.592168538	26.39876	0.006669	2.449486	413.4555	39.54447	1
8	0.640688625	3.288240054	0.676403483	27.74599	0.040986	2.378712	414.0444	38.95556	1
9	0.763486339	3.574049695	0.768234922	29.39828	0.048744	2.2906	404.2528	48.74716	1
10	0.270948296	2.512042008	0.894470885	32.50397	0.02341	2.136433	379.2841	73.7159	1
11	0.394805304	2.786546964	0.694843581	28.05776	0.029046	2.35673	408.727	44.27298	1
12	0.151228292	2.175056282	0.639483345	27.14247	0.01735	2.406607	412.0137	40.98631	1
13	0.233766531	2.418800985	0.951337189	34.94776	0.021639	2.039464	366.4625	86.5375	1
14	0.739368758	3.51312043	0.835096812	30.84702	0.047032	2.218457	394.7562	58.24379	1
15	0.750362791	3.540505476	0.21904136	20.34739	0.047797	2.968061	490.3932	-37.3932	0

2250	0.026004982	1.445558978	0.646228593	27.25095	0.007417	2.396675	407.0885	45.9115	1
2251	0.87174202	3.907731517	0.387434941	23.28394	0.058688	2.694097	457.3323	-4.33235	0
2252	0.677493787	3.368561593	0.945464224	34.61428	0.043096	2.059078	373.726	79.27398	1
2253	0.784090942	3.62886742	0.050234629	15.1445	0.050312	3.725241	587.3011	-134.301	0
2254	0.745376188	3.528007737	0.378013321	23.13578	0.047447	2.70261	456.512	-3.51197	0
2255	0.514577757	3.029239323	0.129405818	18.22477	0.034556	3.219985	519.9233	-66.9233	0
2256	0.473984381	2.947793781	0.304232637	21.92641	0.032652	2.804393	466.5683	-13.5683	0
2257	0.205430194	2.34209562	0.054870128	15.40383	0.020236	3.665262	573.2043	-120.204	0
2258	0.594096966	3.190477387	0.677301546	27.761	0.038492	2.376995	413.3352	39.66477	1
2259	0.023968067	1.417652663	0.735325198	28.77399	0.007122	2.309567	395.8509	57.14907	1
2260	0.752446997	3.545768211	0.160735167	19.05135	0.047945	3.117877	509.5061	-56.5061	0
2261	0.769650541	3.590157176	0.667480372	27.5978	0.049202	2.390163	417.018	35.98201	1
2262	0.537155329	3.07461572	0.468325231	24.52312	0.035641	2.589079	439.7735	13.22654	1
2263	0.542590988	3.085570712	0.556666175	25.85513	0.035906	2.495062	427.8508	25.14924	1
2264	0.72666022	3.482194534	0.700218603	28.15018	0.046175	2.357288	412.2881	40.71194	1
2265	0.381943175	2.759694985	0.046223371	14.90422	0.028467	3.76553	588.0735	-135.074	0
4660	0.178592007	2.263404671	0.726805405	28.61908	0.018848	2.321964	401.6733	51.32671	1
4661	0.61424823	3.232327012	0.125486342	18.11206	0.039549	3.236972	523.1063	-70.1063	0
4662	0.211603637	2.359304504	0.019473376	12.61151	0.020547	4.309239	655.3334	-202.333	0
4663	0.188966312	2.29463048	0.898565741	32.64053	0.019392	2.129307	377.2855	75.7145	1
4664	0.52167054	3.043477383	0.396548329	23.42625	0.034895	2.674353	450.4812	2.51878	1
4665	0.760194461	3.565542587	0.121134433	17.98399	0.048503	3.257616	527.408	-74.408	0
4666	0.212658393	2.362215064	0.204248688	20.04076	0.020599	2.992537	487.6001	-34.6001	0
4667	0.901396079	4.031637935	0.382361538	23.20429	0.062625	2.702033	458.965	-5.96502	0
4668	0.375137509	2.7453786	0.909434025	33.02367	0.028161	2.116353	377.8965	75.10345	1
4669	0.319541358	2.624814638	0.449005203	24.23095	0.025649	2.607721	439.8919	13.10813	1
4670	0.598367149	3.199298334	0.179692515	19.50077	0.038714	3.060563	500.4661	-47.4661	0

6700	0.472258582	2.944325153	0.438462849	24.07079	0.032572	2.622364	443.3604	9.639574	1
6701	0.446955075	2.893313488	0.64026208	27.15496	0.031409	2.410609	416.1268	36.87318	1
6702	0.045786016	1.650269676	0.940059813	34.33166	0.009769	2.058448	365.0254	87.97462	1
6703	0.130961259	2.10251303	0.461268148	24.41656	0.016168	2.590457	435.0722	17.92784	1
6704	0.716842335	3.458789209	0.113176215	17.74115	0.045531	3.290704	531.0879	-78.0879	0
6705	0.216160813	2.371819952	0.2951514	21.76962	0.020774	2.815086	465.0409	-12.0409	0
6706	0.08133618	1.883088052	0.06625653	15.97441	0.012855	3.558893	557.3501	-104.35	0
6707	0.424661662	2.84801449	0.872413703	31.82725	0.030395	2.1681	385.004	67.99602	1
6708	0.665793467	3.342661597	0.185482613	19.632	0.042409	3.04646	499.3886	-46.3886	0
6709	0.781998426	3.623168176	0.383711534	23.22552	0.050148	2.696044	456.1529	-3.15286	0
6710	0.794968385	3.659025891	0.602691793	26.56192	0.051186	2.454134	425.5134	27.48656	1
9985	0.211649153	2.359430278	0.707250038	28.27221	0.020549	2.341743	404.6749	48.32508	1
9986	0.314272996	2.612980487	0.73301764	28.73179	0.025409	2.318045	402.9278	50.07218	1
9987	0.830571409	3.765140597	0.367916592	22.97574	0.054322	2.718425	459.7164	-6.71638	0
9988	0.56618718	3.133340139	0.438511464	24.07153	0.037072	2.623831	444.4955	8.504491	1
9989	0.338014703	2.665690037	0.785070737	29.7366	0.026487	2.265728	396.5271	56.47291	1
9990	0.053348304	1.709423588	0.520060451	25.30183	0.010512	2.524352	424.6783	28.32167	1
9991	0.032547726	1.524318381	0.726326088	28.61043	0.008282	2.318859	397.5699	55.43007	1
9992	0.570225215	3.141558058	0.40541534	23.56387	0.037274	2.663991	449.6531	3.346857	1
9993	0.546453444	3.093364722	0.642354446	27.18856	0.036095	2.410157	417.0729	35.92714	1
9994	0.779551171	3.616542611	0.977214408	36.99606	0.049957	1.978086	364.6518	88.34819	1
9995	0.11080815	2.022206768	0.088307661	16.8925	0.01491	3.407184	538.7204	-85.7204	0
9996	0.0961458	1.956936114	0.252721476	21.0043	0.013926	2.887741	472.2159	-19.2159	0
9997	0.237872253	2.429469091	0.889174099	32.33289	0.021838	2.143193	379.731	73.26897	1
9998	0.605085997	3.213227171	0.65695663	27.42503	0.039065	2.396956	415.9924	37.00757	1
9999	0.642914194	3.293007424	0.810611235	30.28091	0.041109	2.243601	396.8553	56.14472	1
10000	0.838803968	3.791643363	0.989212969	38.78671	0.05512	1.923936	358.6315	94.36853	1

Perhitungan Analisis Risiko Tubrukan Akibat Maneuver Tanpa Bantuan Tugboat dengan Mean V = 3 knot dan $\delta R = 30^\circ$

	Kecepatan (knot)	Sudut <i>Rudder</i> ($^\circ$)
Mean	3	30
SD	0.8	6

Simulasi	10000
Gagal	1229
Berhasil	8771
Pof	12.29%

No.	Random Number	Vs	Random Number	δR	Trim	STD/L	TD	MK	Status
1	0.029989505	1.495241698	0.292228787	26.71869	0.007957	2.429604	411.5329	41.46712	1
2	0.261154155	2.488166986	0.874158571	36.87763	0.02295	1.972831	358.3214	94.67862	1
3	0.327268204	2.642024736	0.262981686	26.19492	0.026	2.469235	422.3351	30.66485	1
4	0.144122704	2.150417135	0.14989496	23.7787	0.016943	2.639933	441.6158	11.3842	1
5	0.093429744	1.94405863	0.923956829	38.59321	0.013736	1.915715	348.3151	104.6849	1
6	0.518666382	3.037445413	0.253845236	26.02537	0.034751	2.483338	426.1157	26.88432	1
7	0.374554821	2.744149126	0.450866008	29.25916	0.028134	2.290867	400.1234	52.87662	1
8	0.199262277	2.324592603	0.963304581	40.74235	0.019923	1.856583	342.6908	110.3092	1
9	0.656118711	3.321514613	0.926221822	38.6893	0.041853	1.922352	356.0711	96.92891	1
10	0.028447218	1.476703248	0.522567429	30.33959	0.007753	2.229446	385.9398	67.06015	1
11	0.496018366	2.992015486	0.398647574	28.4589	0.033679	2.335794	407.0907	45.90935	1
12	0.268780853	2.506796525	0.29682378	26.79865	0.023309	2.429799	416.6325	36.36748	1
13	0.52131391	3.042761193	0.472416122	29.58481	0.034878	2.276298	399.7654	53.23464	1
14	0.609625628	3.222674741	0.399081639	28.46565	0.039304	2.337326	408.443	44.55704	1
15	0.862984078	3.875059804	0.395543331	28.4106	0.057672	2.346594	412.8966	40.10337	1

1500	0.606974547	3.217153806	0.680909613	32.82146	0.039164	2.128436	381.8026	71.19735	1
1501	0.504380038	3.008783477	0.353386182	27.74283	0.034072	2.376555	412.3677	40.63234	1
1502	0.906234221	4.054333306	0.3650279	27.92969	0.063361	2.375669	417.5001	35.4999	1
1503	0.258845217	2.482472298	0.298192915	26.82237	0.022841	2.428162	416.302	36.69799	1
1504	0.161137869	2.208166305	0.922427532	38.52955	0.017903	1.919044	350.0641	102.9359	1
1505	0.679507538	3.373057722	0.009150149	15.84309	0.043215	3.592415	569.0958	-116.096	0
1506	0.471256606	2.942310838	0.598104675	31.49067	0.032525	2.183865	387.4855	65.51453	1
1507	0.074295258	1.844377618	0.945862676	39.63598	0.012312	1.884696	343.8632	109.1368	1
1508	0.607674948	3.218611389	0.292046725	26.71551	0.039201	2.440382	421.5519	31.44814	1
1509	0.309357361	2.601861805	0.859150409	36.45906	0.025185	1.987533	360.7648	92.23519	1
1510	0.159099308	2.201466781	0.093782928	22.09311	0.017791	2.783946	460.2191	-7.2191	0
4850	0.532728447	3.065704233	0.316932249	27.14223	0.035427	2.412742	417.2635	35.73649	1
4851	0.26472457	2.496922294	0.062276204	20.78434	0.023118	2.913423	478.1967	-25.1967	0
4852	0.423357542	2.845350866	0.861276303	36.51643	0.030336	1.987347	361.9626	91.03739	1
4853	0.308073025	2.598944135	0.08506241	21.76918	0.025126	2.8166	466.3733	-13.3733	0
4854	0.97389108	4.553066789	0.665292931	32.56171	0.080653	2.15337	391.6813	61.31867	1
4855	0.448526106	2.896491187	0.307832476	26.98798	0.031481	2.420839	417.4461	35.55386	1
4856	0.792614911	3.652422352	0.043041546	19.70141	0.050994	3.041328	500.2888	-47.2888	0
4857	0.745036438	3.527160938	0.636081398	32.08802	0.047424	2.162428	387.6885	65.31153	1
4858	0.794308069	3.657168613	0.600687694	31.53077	0.051132	2.188355	391.6439	61.35611	1
4859	0.017914218	1.320904662	0.802169339	35.09637	0.006148	2.028792	359.5949	93.40512	1
4860	0.53312782	3.066507835	0.524409217	30.36734	0.035446	2.237473	394.9383	58.06173	1
5700	0.75652017	3.556122097	0.060509692	20.69695	0.048237	2.931028	485.7535	-32.7535	0
5701	0.627262343	3.259688997	0.166442906	24.19009	0.040249	2.615786	444.1044	8.895553	1
5702	0.451952637	2.903416381	0.695439428	33.06797	0.031637	2.115713	378.6078	74.39216	1
5703	0.848033281	3.822427873	0.701750298	33.17665	0.056055	2.119543	383.7063	69.29372	1
5704	0.029687317	1.491672764	0.092495679	22.04675	0.007918	2.784867	456.7756	-3.77559	0

5705	0.650466361	3.309263881	0.217121965	25.3083	0.041533	2.534402	433.9849	19.01512	1
5706	0.643122035	3.293453167	0.340095338	27.52678	0.041121	2.391614	415.7144	37.28562	1
5707	0.802771348	3.681249505	0.26459487	26.22454	0.051835	2.47605	428.417	24.58296	1
5708	0.707719926	3.437388765	0.133756716	23.34716	0.044947	2.684235	453.7163	-0.7163	0
5709	0.294414229	2.56757238	0.650652207	32.32249	0.024499	2.14454	380.5954	72.40457	1
5710	0.91344654	4.089830637	0.802370009	35.1007	0.06452	2.048398	375.9839	77.01612	1
7130	0.968424827	4.486505179	0.976329155	41.89938	0.07822	1.84596	352.1833	100.8167	1
7131	0.864045294	3.878940805	0.234278568	25.65103	0.057793	2.516258	434.5313	18.46867	1
7132	0.873131004	3.913053672	0.807168462	35.20506	0.058855	2.042697	374.3707	78.62928	1
7133	0.770802102	3.593192788	0.716520816	33.43522	0.049289	2.10681	380.9341	72.0659	1
7134	0.740682867	3.51636166	0.742303535	33.90278	0.047122	2.0876	378.1012	74.89876	1
7135	0.519725021	3.039570766	0.295051112	26.76787	0.034802	2.435612	420.046	32.95402	1
7136	0.993226595	4.97524887	0.700370842	33.1528	0.096989	2.134373	391.3792	61.62084	1
7137	0.216478571	2.372686875	0.773697061	34.50647	0.02079	2.055569	368.2829	84.71713	1
7138	0.71997685	3.46621819	0.032711062	18.94582	0.045735	3.130226	510.6802	-57.6802	0
7139	0.885693208	3.963150317	0.766066108	34.35572	0.060433	2.074687	378.6976	74.30237	1
7140	0.992211227	4.934932616	0.421191005	28.80691	0.095362	2.337663	417.076	35.92398	1
7141	0.717196171	3.45962583	0.045035462	19.82986	0.045554	3.024758	497.2106	-44.2106	0
7142	0.71221181	3.447886304	0.35521213	27.77228	0.045233	2.378622	414.8339	38.16613	1
7143	0.613411173	3.230576716	0.33639067	27.466	0.039505	2.394669	415.7881	37.21194	1
7144	0.764359089	3.576316007	0.448833528	29.22835	0.048809	2.29948	405.3956	47.6044	1
9995	0.745237942	3.527663097	0.206704528	25.09255	0.047438	2.55162	437.2741	15.72587	1
9996	0.2838461	2.542837115	0.674797334	32.71919	0.024011	2.127571	378.3096	74.69043	1
9997	0.091562448	1.935044096	0.264343395	26.21993	0.013604	2.463407	418.0458	34.95415	1
9998	0.224096315	2.393254698	0.662171032	32.51037	0.021166	2.135402	378.5568	74.44323	1
9999	0.263567072	2.494090545	0.245013402	25.8584	0.023064	2.490495	424.3015	28.69846	1
10000	0.483369071	2.966640289	0.836042842	35.86994	0.033087	2.010387	365.5065	87.49351	1

Perhitungan Analisis Risiko Tubrukan Akibat Maneuver Tanpa Bantuan Tugboat dengan Mean V = 3 knot dan $\delta R = 35^\circ$

	Kecepatan (knot)	Sudut <i>Rudder</i> ($^\circ$)
Mean	3	35
SD	0.8	6

Simulasi	10000
Gagal	248
Berhasil	9752
Pof	2.48%

No.	Random Number	Vs	Random Number	δR	Trim	STD/L	TD	MK	Status
1	0.49349426	2.986953444	0.216206757	30.28959	0.03356	2.240621	394.9402	58.05981	1
2	0.578651661	3.158756239	0.043432607	24.72698	0.0377	2.574716	438.3658	14.6342	1
3	0.422294891	2.843179166	0.043964117	24.76143	0.030287	2.569686	436.1418	16.85824	1
4	0.937360334	4.226388709	0.512605681	35.18962	0.069082	2.046718	376.4549	76.54508	1
5	0.164490857	2.219066402	0.013451131	21.7224	0.018088	2.818649	464.7285	-11.7285	0
6	0.110795555	2.022153462	0.734493147	38.75876	0.014909	1.911154	348.1259	104.8741	1
7	0.310582438	2.604639929	0.94758605	44.73131	0.025241	1.760337	331.834	121.166	1
8	0.82785498	3.756578162	0.993537877	49.9151	0.054065	1.666096	325.6068	127.3932	1
9	0.040730504	1.606183078	0.054855918	25.40306	0.009234	2.516864	423.2065	29.79353	1
10	0.499594828	2.999187507	0.277074282	31.45067	0.033847	2.186121	388.0583	64.94172	1
11	0.809636495	3.701246033	0.731867104	38.71082	0.052422	1.925286	358.35	94.64998	1
12	0.623547702	3.251849393	0.648941775	37.29479	0.040048	1.965033	361.1592	91.84081	1
13	0.466366836	2.932475235	0.91343267	43.1732	0.0323	1.798868	338.3876	114.6124	1
14	0.200156613	2.327150433	0.6190677	36.8182	0.019968	1.973782	357.6348	95.36522	1
15	0.390082332	2.776716436	0.068652237	26.08458	0.028833	2.477428	424.0547	28.94531	1
2200	0.350064488	2.691882905	0.389709662	33.31954	0.027031	2.103926	376.0449	76.95512	1

2201	0.849064664	3.825944088	0.637398764	37.10909	0.056162	1.976499	365.5002	87.49984	1
2202	0.347110065	2.685492384	0.49740361	34.96095	0.026898	2.040761	367.9657	85.03434	1
2203	0.351374698	2.694710632	0.346367523	32.62912	0.02709	2.132393	379.6858	73.31421	1
2204	0.957660974	4.379332042	0.008205376	20.6021	0.074384	2.949845	492.2806	-39.2806	0
2205	0.81575176	3.719434601	0.199986166	29.94998	0.052959	2.263959	401.5881	51.41186	1
2206	0.328487743	2.644725753	0.532926342	35.49577	0.026056	2.021171	365.2653	87.73468	1
2207	0.410191793	2.818358687	0.865831334	41.6414	0.02974	1.836169	342.5672	110.4328	1
2208	0.537992347	3.076301679	0.728654558	38.65249	0.035682	1.921365	354.7152	98.28482	1
2209	0.759451975	3.56363264	0.630057865	36.99204	0.048449	1.977707	364.3381	88.66192	1
2210	0.566419901	3.133813366	0.822338187	40.54588	0.037084	1.867721	348.1695	104.8305	1
4140	0.64039091	3.287603099	0.996885974	51.41316	0.040969	1.635514	319.3578	133.6422	1
4141	0.862530847	3.873408542	0.551891668	35.78265	0.057621	2.02174	371.502	81.49804	1
4142	0.316152382	2.617211682	0.588584643	36.34343	0.025495	1.991547	361.3532	91.64681	1
4143	0.516934544	3.033969089	0.638225747	37.12232	0.034668	1.968792	360.545	92.455	1
4144	0.591279995	3.184671069	0.967799906	46.0964	0.038346	1.735119	331.5311	121.4689	1
4145	0.126690127	2.086258016	0.087736071	26.87103	0.015909	2.422791	413.63	39.37001	1
4146	0.603890657	3.210744503	0.48351984	34.75207	0.039002	2.052561	372.104	80.896	1
4147	0.986869409	4.777861993	0.236636197	30.69701	0.089157	2.239816	403.8223	49.17766	1
4148	0.310612122	2.604707184	0.683306058	37.86178	0.025242	1.942033	354.9824	98.01759	1
4149	0.148722211	2.166456496	0.611477429	36.69903	0.017207	1.976798	357.2128	95.78718	1
4150	0.186448329	2.287151516	0.9086653	42.99548	0.019261	1.798743	335.1341	117.8659	1
6000	0.95587732	4.363781563	0.618849417	36.81476	0.073835	1.992134	370.1902	82.80981	1
6001	0.679003409	3.371931047	0.322935029	32.24296	0.043185	2.154285	385.8723	67.12771	1
6002	0.855535951	3.84838081	0.426667914	33.89082	0.05685	2.09136	380.2459	72.75406	1
6003	0.718446888	3.46258711	0.156662798	28.95039	0.045635	2.313121	406.5628	46.43719	1
6004	0.985577701	4.748483103	0.119427941	27.93289	0.08802	2.383834	422.0228	30.97721	1
6005	0.422229065	2.843044602	0.090798328	26.98487	0.030284	2.420625	417.1508	35.84923	1

6006	0.137059662	2.125099716	0.303232477	31.90924	0.016531	2.15979	380.3185	72.6815	1
6007	0.942780202	4.262839006	0.817418867	40.43343	0.070327	1.882049	355.659	97.34103	1
6008	0.064682048	1.786708571	0.827161755	40.65805	0.011524	1.856019	339.9205	113.0795	1
6009	0.613937543	3.231677232	0.081714082	26.6382	0.039533	2.44536	422.2517	30.7483	1
6010	0.633567097	3.273052691	0.064531817	25.89317	0.040593	2.494104	428.6692	24.33077	1
6011	0.053738529	1.712290155	0.376375239	33.10991	0.010548	2.106857	371.5039	81.49611	1
6012	0.071649128	1.829105321	0.237629401	30.71631	0.012101	2.212811	385.5884	67.41162	1
6013	0.795938538	3.661761112	0.349878527	32.68611	0.051265	2.138185	385.2752	67.72484	1
6014	0.125403167	2.081285546	0.678702312	37.78444	0.01583	1.941268	352.259	100.741	1
6015	0.465398028	2.930525346	0.991734874	49.38196	0.032255	1.668401	321.7563	131.2437	1
8020	0.520070875	3.040265172	0.131021469	28.27055	0.034818	2.346667	408.7179	44.28206	1
8021	0.867721816	3.892549167	0.287924287	31.64325	0.058215	2.185704	392.4869	60.51308	1
8022	0.066271397	1.79668014	0.699276335	38.13392	0.011659	1.928991	349.2671	103.7329	1
8023	0.602604238	3.208074932	0.116026045	27.82946	0.038935	2.373175	412.9369	40.06313	1
8024	0.949204834	4.309753697	0.460237188	34.40098	0.071947	2.07687	380.7145	72.28546	1
8025	0.022426899	1.395181625	0.394620759	33.39623	0.006889	2.094019	368.2775	84.72252	1
9990	0.824951982	3.747522421	0.651296444	37.33294	0.053794	1.96846	364.0825	88.91752	1
9991	0.431932464	2.862834898	0.651513516	37.33646	0.030725	1.960536	358.6346	94.36537	1
9992	0.891063231	3.98576181	0.817752003	40.44099	0.061152	1.878735	353.8468	99.15319	1
9993	0.800684197	3.675254117	0.099388628	27.28974	0.051659	2.409317	419.8852	33.11483	1
9994	0.108157021	2.010888885	0.175829281	29.41174	0.014737	2.278388	394.855	58.14501	1
9995	0.902659694	4.037485093	0.164562134	29.14472	0.062815	2.30862	408.8736	44.12644	1
9996	0.203461814	2.336544383	0.996477741	51.16839	0.020136	1.632628	314.2189	138.7811	1
9997	0.523922191	3.048000016	0.216971438	30.30523	0.035003	2.240347	395.2115	57.78854	1
9998	0.153622202	2.183183055	0.86745452	41.68663	0.017485	1.830853	338.7033	114.2967	1
9999	0.789833279	3.644674315	0.192787998	29.79399	0.050769	2.271048	402.1162	50.88378	1
10000	0.079930291	1.875567512	0.286805441	31.62355	0.012749	2.171192	380.5192	72.48077	1

Perhitungan Analisis Risiko Tubrukan Akibat Maneuver dengan Bantuan Tugboat dengan Mean V = 1 knot dan $\delta R = 25^\circ$

	Kecepatan (knot)	Sudut <i>Rudder</i> ($^\circ$)
Mean	1	25
SD	0.8	6

Simulasi	10000
Gagal	795
Berhasil	9205
Pof	7.95%

No.	Random Number	Vs	Random Number	δR	Trim	STD/L	TD	MK	Status
1	0.110517453	0.02097531	0.219516663	20.35704	1.11E-06	1.081671	232.4101	69.58992	1
2	0.518341222	1.036792668	0.447963724	24.21515	0.003715	0.732336	193.001	108.999	1
3	0.86193197	1.871232341	0.870780152	31.78052	0.012687	0.29501	141.4719	160.5281	1
4	0.214894625	0.368358127	0.543941936	25.66222	0.000432	0.626912	176.2165	125.7835	1
5	0.994438312	3.031039083	0.928561702	33.79097	0.034599	0.218567	137.5517	164.4483	1
6	0.33216303	0.652841443	0.979508987	37.26227	0.00142	0.083838	108.4562	193.5438	1
7	0.724338891	1.476623987	0.742508404	28.90659	0.007752	0.433475	157.1326	144.8674	1
8	0.879979905	1.939909075	0.889306239	32.33708	0.013675	0.271085	138.7684	163.2316	1
9	0.716613513	1.45824844	0.772166211	29.476	0.007553	0.403471	153.218	148.782	1
10	0.031300774	-0.489608756	0.839677309	30.9588	0.00078	0.328391	133.8807	168.1193	1
11	0.229999992	0.4089225	0.041582747	14.60436	0.000536	1.94862	344.8057	-42.8057	0
12	0.811587806	1.707010068	0.47367761	24.60383	0.010481	0.705403	192.9322	109.0678	1
13	0.780781343	1.619867799	0.757256762	29.18503	0.009399	0.419247	156.0387	145.9613	1
14	0.593436532	1.189115216	0.886937232	32.2624	0.004941	0.271334	135.0336	166.9664	1
15	0.448629257	0.896699772	0.998571613	42.89646	0.002747	-0.07361	89.62091	212.3791	1
1995	0.573812437	1.148871039	0.645491451	27.23906	0.0046	0.527274	167.4384	134.5616	1

1996	0.043719186	-0.367254321	0.54076704	25.6142	0.000429	0.630183	172.9429	129.0571	1
1997	0.47022738	0.940241359	0.283646792	21.56775	0.003032	0.959173	221.4157	80.58429	1
1998	0.149990842	0.170821864	0.414861596	23.70966	8.73E-05	0.770547	193.5247	108.4753	1
1999	0.039974951	-0.400781464	0.672433864	27.67986	0.000515	0.499702	156.1514	145.8486	1
2000	0.138052143	0.128710014	0.721363599	28.52138	4.85E-05	0.451796	152.7045	149.2955	1
2001	0.804825143	1.687186663	0.305248743	21.94382	0.010229	0.926016	220.9387	81.06125	1
2002	0.527530929	1.055251738	0.912150804	33.12471	0.003854	0.234822	129.7103	172.2897	1
2003	0.502763962	1.005542625	0.281706262	21.53332	0.003486	0.962648	222.186	79.814	1
2004	0.0550296	-0.278341686	0.317087137	22.14484	0.000241	0.904103	208.2864	93.71361	1
2005	0.937754386	2.228953825	0.736197264	28.78999	0.018256	0.443307	162.1596	139.8404	1
2006	0.55693593	1.114564143	0.035980349	14.2038	0.004318	2.036399	359.5288	-57.5288	0
2007	0.71259468	1.448784623	0.738673482	28.83557	0.007451	0.437189	157.4662	144.5338	1
2008	0.662308165	1.335016615	0.380944467	23.18199	0.006286	0.81565	205.1114	96.88862	1
2009	0.461541763	0.922759759	0.79402276	29.92275	0.002916	0.379212	147.4409	154.5591	1
2010	0.331346063	0.651040549	0.3374524	22.48344	0.001411	0.874036	209.1183	92.88166	1
5150	0.42905199	0.856969409	0.590432148	26.37194	0.0025	0.580635	172.7722	129.2278	1
5151	0.396572845	0.790217624	0.851205051	31.24969	0.002112	0.315372	138.6428	163.3572	1
5152	0.397705994	0.792568511	0.207730482	20.11407	0.002125	1.10897	239.759	62.241	1
5153	0.165881006	0.223543294	0.873132126	31.84793	0.000153	0.287782	132.285	169.715	1
5154	0.20432402	0.338979898	0.198060636	19.90859	0.000363	1.13136	240.3359	61.66411	1
5155	0.704344183	1.429549018	0.745534819	28.96302	0.007247	0.430284	156.49	145.51	1
5156	0.068076326	-0.192217839	0.124830403	18.09296	0.000112	1.357066	266.4259	35.57412	1
5157	0.3720366	0.738828671	0.814577823	30.36936	0.001836	0.356831	143.6669	158.3331	1
5158	0.876918066	1.927773951	0.329619014	22.35421	0.013498	0.889646	217.5123	84.48772	1
5159	0.571096073	1.143332297	0.027260862	13.46399	0.004554	2.209767	381.7603	-79.7603	0
5160	0.934145577	2.205917855	0.765822353	29.35095	0.017865	0.413438	158.2387	143.7613	1
6900	0.182357548	0.274866276	0.880978756	32.07936	0.000235	0.277663	131.2533	170.7467	1

6901	0.987859018	2.80211064	0.453317161	24.29629	0.029385	0.734849	202.1775	99.82252	1
6902	0.649472116	1.307116545	0.482734145	24.74024	0.006016	0.693853	189.4544	112.5456	1
6903	0.687335338	1.390649079	0.355566957	22.778	0.006843	0.850111	209.7808	92.21924	1
6904	0.549233736	1.098980494	0.038118295	14.36229	0.004194	2.001556	355.0116	-53.0116	0
6905	0.864696193	1.881331494	0.218468005	20.33573	0.01283	1.08832	242.5903	59.40973	1
6906	0.166137997	0.22436826	0.956278157	35.25424	0.000154	0.151883	114.9755	187.0245	1
6907	0.500945978	1.001896974	0.490999486	24.86462	0.00346	0.68393	186.659	115.341	1
6908	0.178209811	0.262232879	0.212632899	20.21609	0.000213	1.097085	235.5842	66.4158	1
6909	0.240324071	0.435791605	9.95689E-05	2.679353	0.000612	15.6	2084.126	-1782.13	0
6910	0.10540316	-0.001081076	0.149905573	18.77897	2.33E-09	1.266584	255.8574	46.14258	1
8695	0.904062795	2.044043317	0.550657132	25.76393	0.015246	0.625036	184.3842	117.6158	1
8696	0.463573587	0.926852223	0.876177304	31.93652	0.002943	0.284825	135.4366	166.5634	1
8697	0.555640474	1.111940199	0.081292394	16.62141	0.004297	1.577675	301.0743	0.925741	1
8698	0.783973425	1.628546502	0.334975599	22.44271	0.009504	0.880392	214.8321	87.16792	1
8699	0.932480644	2.195619202	0.564712293	25.97757	0.017692	0.611566	183.4285	118.5715	1
8700	0.80407765	1.685021425	0.922518148	33.53329	0.010202	0.220494	131.0444	170.9556	1
9995	0.715524143	1.455676833	0.704509699	28.22449	0.007525	0.470848	161.7889	140.2111	1
9996	0.959990054	2.400456529	0.098314565	17.25271	0.021299	1.484818	295.7085	6.291481	1
9997	0.995855921	3.112079947	0.467768615	24.51472	0.036551	0.720848	201.9488	100.0512	1
9998	0.765015824	1.578024438	0.457558478	24.36048	0.008901	0.723056	194.534	107.466	1
9999	0.866948577	1.889665693	0.656921825	27.42446	0.012949	0.518983	170.0986	131.9014	1
10000	0.302843527	0.587008295	0.403242753	23.53023	0.001138	0.78531	197.4934	104.5066	1

Perhitungan Analisis Risiko Tubrukan Akibat Maneuver dengan Bantuan Tugboat dengan Mean V = 1 knot dan $\delta R = 30^\circ$

	Kecepatan (knot)	Sudut <i>Rudder</i> ($^\circ$)
Mean	1	30
SD	0.8	6

Simulasi	10000
Gagal	109
Berhasil	9891
Pof	1.09%

No.	Random Number	Vs	Random Number	δR	Trim	STD/L	TD	MK	Status
1	0.746712434	1.531343976	0.512071339	30.18158	0.008362	0.368218	149.0934	152.9066	1
2	0.75674443	1.556694858	0.444110739	29.15667	0.008652	0.420488	155.8798	146.1202	1
3	0.091486413	-0.065325839	0.666203349	32.57672	1.18E-05	0.256269	126.8209	175.1791	1
4	0.518508254	1.037127974	0.011184774	16.2958	0.003718	1.63133	307.5346	-5.53455	0
5	0.180269441	0.268529011	0.183620847	24.59009	0.000224	0.702948	185.4027	116.5973	1
6	0.683828173	1.382744598	0.781405151	34.66169	0.006762	0.175842	123.8392	178.1608	1
7	0.051431394	-0.304904396	0.4737716	29.60525	0.000291	0.394378	143.2141	158.7859	1
8	0.832256741	1.770497257	0.673796221	32.70252	0.011308	0.254804	135.8443	166.1557	1
9	0.04417486	-0.363334341	0.683508617	32.8652	0.00042	0.244337	123.8058	178.1942	1
10	0.350649168	0.693145249	0.979732751	42.28956	0.001608	-0.05901	90.45982	211.5402	1
11	0.36823514	0.730774989	0.948697693	39.79413	0.001795	0.007479	99.11903	202.881	1
12	0.605651436	1.214402276	0.23553007	25.67547	0.005162	0.627612	180.5503	121.4497	1
13	0.560583318	1.121958639	0.294862154	26.76459	0.004378	0.556352	171.008	130.992	1
14	0.50563178	1.011293799	0.966115296	40.95922	0.003528	-0.02395	96.52178	205.4782	1
15	0.137048089	0.12505751	0.828777505	35.69607	4.56E-05	0.136119	112.4689	189.5311	1
1950	0.663431674	1.337477651	0.251645048	25.98407	0.00631	0.60728	178.5774	123.4226	1

1951	0.548815968	1.098136361	0.662045916	32.50832	0.004187	0.260576	133.2065	168.7935	1
1952	0.137458236	0.126551726	0.956660731	40.27911	4.68E-05	-0.00667	94.28563	207.7144	1
1953	0.219418144	0.380672146	0.758725847	34.21326	0.000462	0.190647	120.6982	181.3018	1
1954	0.105646316	-1.51437E-05	0.917994081	38.35023	3.25E-13	0.049254	100.7748	201.2252	1
1955	0.304977248	0.59188927	0.528833367	30.43403	0.001158	0.353467	142.5012	159.4988	1
1956	0.259623851	0.484395611	0.295086783	26.76849	0.000763	0.554884	167.6224	134.3776	1
1957	0.040054656	-0.400041738	0.255021394	26.04737	0.000513	0.601128	169.0767	132.9233	1
1958	0.785420596	1.632505544	0.173314777	24.35312	0.009552	0.723832	194.9062	107.0938	1
1959	0.459269265	0.918180134	0.822103836	35.54047	0.002886	0.142574	117.2703	184.7297	1
1960	0.494900047	0.989772773	0.961067641	40.57927	0.003373	-0.01377	97.71173	204.2883	1
4860	0.857039131	1.85368876	0.242331743	25.80707	0.012441	0.62118	182.938	119.062	1
4861	0.301358085	0.583601196	0.571070264	31.0746	0.001124	0.323115	138.5927	163.4073	1
4862	0.445848728	0.891074692	0.627998457	31.95934	0.002711	0.283746	135.1196	166.8804	1
4863	0.2712647	0.512805988	0.228484321	25.53691	0.000859	0.635621	178.0508	123.9492	1
4864	0.758081362	1.560115333	0.771966666	34.47204	0.008692	0.183605	125.7181	176.2819	1
4865	0.834098432	1.776390671	0.486275132	29.79354	0.011386	0.388572	152.9159	149.0841	1
4866	0.108014599	0.010275253	0.44205533	29.12544	2.52E-07	0.419206	147.9584	154.0416	1
4867	0.95331435	2.342300834	0.191963546	24.7759	0.02024	0.696063	194.9293	107.0707	1
4868	0.287976689	0.552555758	0.64786275	32.27734	0.001003	0.269359	131.5884	170.4116	1
4869	0.603979083	1.21092809	0.007978563	15.54063	0.005131	1.765384	325.485	-23.485	0
4870	0.299309135	0.578889162	0.58565895	31.29835	0.001105	0.312803	137.2553	164.7447	1
6570	0.757888847	1.559622162	0.021840725	17.89719	0.008686	1.387051	279.0346	22.96537	1
6571	0.905313464	2.049948787	0.768687243	34.40718	0.015338	0.188305	128.7743	173.2257	1
6572	0.29283183	0.563895475	0.091128455	21.99697	0.001047	0.917974	214.2789	87.72111	1
6573	0.795703525	1.661097814	0.791068662	34.86081	0.009903	0.169523	124.4307	177.5693	1
6574	0.507016749	1.014071432	0.910667076	38.06925	0.003548	0.059076	107.1137	194.8863	1
6575	0.377663143	0.750700793	0.656971321	32.42527	0.001898	0.26333	131.8144	170.1856	1

6576	0.666210202	1.343577787	0.043368864	19.72282	0.00637	1.154587	248.3348	53.66516	1
6577	0.821634993	1.737291107	0.351098238	27.70586	0.010871	0.50169	167.131	134.869	1
6578	0.745710657	1.52884195	0.97112994	41.38599	0.008333	-0.0336	97.88874	204.1113	1
6579	0.029495916	-0.510603359	0.543567433	30.65655	0.000851	0.34268	135.5958	166.4042	1
6580	0.776721541	1.608934148	0.724477037	33.57716	0.009267	0.218432	130.4	171.6	1
8070	0.63134497	1.268334116	0.311166299	27.04472	0.00565	0.539447	169.5886	132.4114	1
8071	0.303123283	0.587649122	0.512498822	30.18801	0.001141	0.365457	144.0073	157.9927	1
8072	0.343061824	0.676703096	0.820741096	35.50916	0.00153	0.143227	116.142	185.858	1
8073	0.52395074	1.04805737	0.661368603	32.49721	0.0038	0.260916	132.9986	169.0014	1
8074	0.763047978	1.572913118	0.639682459	32.14566	0.008841	0.277697	137.7697	164.2303	1
8075	0.619464273	1.243259263	0.063809254	20.85864	0.00542	1.03059	232.0344	69.9656	1
8076	0.96182312	2.417796655	0.315820084	27.12348	0.02162	0.540044	175.4313	126.5687	1
8077	0.854105359	1.843363633	0.70412986	33.2179	0.012298	0.233887	133.545	168.455	1
8078	0.408069545	0.813989084	0.512027139	30.18091	0.002246	0.36618	145.235	156.765	1
8079	0.242096113	0.440339318	0.831189027	35.75325	0.000626	0.134308	113.82	188.18	1
8080	0.61079663	1.225116744	0.50982147	30.14773	0.005257	0.368833	147.6355	154.3645	1
9990	0.723572617	1.474790215	0.874413997	36.88504	0.007732	0.09827	114.4184	187.5816	1
9991	0.616678695	1.237415476	0.330086171	27.36195	0.005368	0.520148	166.9748	135.0252	1
9992	0.258305941	0.481138468	0.348610573	27.66555	0.000752	0.500619	160.6927	141.3073	1
9993	0.560923139	1.122648095	0.206978127	25.09829	0.004384	0.66747	185.1678	116.8322	1
9994	0.714341085	1.452889385	0.745448484	33.96141	0.007495	0.202738	127.6177	174.3823	1
9995	0.122702335	0.070733164	0.585466388	31.29539	1.39E-05	0.312569	134.6761	167.3239	1
9996	0.82549038	1.749194672	0.122340044	23.01979	0.011027	0.830871	209.1284	92.87163	1
9997	0.093906756	-0.053659936	0.658401061	32.44862	7.85E-06	0.261696	127.5709	174.4291	1
9998	0.060934991	-0.237577653	0.976384566	41.90534	0.000173	-0.04978	86.96596	215.034	1
9999	0.087494673	-0.085076197	0.894087744	37.49139	2.05E-05	0.076018	103.7579	198.2421	1
10000	0.880141199	1.94055435	0.228853734	25.54424	0.013685	0.639461	185.7028	116.2972	1

Perhitungan Analisis Risiko Tubrukan Akibat Maneuver dengan Bantuan Tugboat dengan Mean V = 1 knot dan $\delta R = 35^\circ$

	Kecepatan (knot)	Sudut <i>Rudder</i> ($^\circ$)
Mean	1	35
SD	0.8	6

Simulasi	10000
Gagal	11
Berhasil	9989
Pof	0.11%

No.	Random Number	Vs	Random Number	δR	Trim	STD/L	TD	MK	Status
1	0.512148855	1.024365898	0.384599327	33.23946	0.003623	0.230075	128.9506	173.0494	1
2	0.254806874	0.472448604	0.1196914	27.94081	0.000724	0.484659	158.6157	143.3843	1
3	0.773541396	1.60044839	0.23557017	30.67625	0.009166	0.344557	146.4257	155.5743	1
4	0.982081282	2.679013687	0.821130245	40.51809	0.026763	-0.00418	107.4076	194.5924	1
5	0.988138015	2.809256177	0.52815712	35.42383	0.029541	0.155749	128.436	173.564	1
6	0.408549011	0.814976761	0.027236751	23.46169	0.002252	0.791248	199.3937	102.6063	1
7	0.367233371	0.728648149	0.120168832	27.95514	0.001784	0.484196	159.842	142.158	1
8	0.643543934	1.294358268	0.692402781	38.01604	0.005894	0.061517	108.8309	193.1691	1
9	0.88884113	1.97631058	0.020870268	22.78341	0.014214	0.852139	212.9773	89.02266	1
10	0.817061615	1.723378998	0.632356173	37.0286	0.010691	0.094563	115.1933	186.8067	1
11	0.021528013	-0.618532874	0.476515698	34.6466	0.001269	0.174545	113.6339	188.3661	1
12	0.642305772	1.291703101	0.274670553	31.40751	0.005869	0.309441	140.4031	161.5969	1
13	0.661880856	1.334081432	0.429601337	33.93566	0.006277	0.203326	127.0966	174.9034	1
14	0.532581921	1.065409415	0.178170874	29.46585	0.003932	0.402769	151.1577	150.8423	1
15	0.17453991	0.250899493	0.719082618	38.48071	0.000194	0.045359	101.5374	200.4626	1

1830	0.595560856	1.193498692	0.237384432	30.71155	0.004979	0.341461	143.9897	158.0103	1
1831	0.88116803	1.944676733	0.242945503	30.81885	0.013745	0.339351	147.4894	154.5106	1
1832	0.802101874	1.679322271	0.074987062	26.36226	0.01013	0.583842	177.3064	124.6936	1
1833	0.613181358	1.230096365	0.431803734	33.9693	0.005302	0.201689	126.3664	175.6336	1
1834	0.629746497	1.264945609	0.458180017	34.36988	0.005619	0.186427	124.5968	177.4032	1
1835	0.223793384	0.392444489	0.114810219	27.79198	0.000493	0.493166	159.2982	142.7018	1
1836	0.242836411	0.442233843	0.273460013	31.38571	0.000631	0.308659	136.0417	165.9583	1
1837	0.180380721	0.268867894	0.083601271	26.71251	0.000224	0.558209	166.9647	135.0353	1
1838	0.914837416	2.096927785	0.241227293	30.78584	0.016078	0.341699	148.5524	153.4476	1
1839	0.46770325	0.935164336	0.763845718	39.31237	0.002998	0.021681	101.9538	200.0462	1
1840	0.820618536	1.73417989	0.408423362	33.61038	0.010831	0.217643	130.9278	171.0722	1
4270	0.436265723	0.871644917	0.789399662	39.82604	0.00259	0.006847	99.74515	202.2548	1
4271	0.248013346	0.455396208	0.934445513	44.05846	0.000671	-0.10185	83.80867	218.1913	1
4272	0.23925198	0.433031358	0.201741051	29.98749	0.000604	0.375197	144.4726	157.5274	1
4273	0.683976899	1.383079034	0.515489067	35.23301	0.006766	0.154887	121.1712	180.8288	1
4274	0.173261314	0.246915473	0.996610774	51.24522	0.000188	-0.2446	64.57631	237.4237	1
4275	0.939325371	2.239308045	0.065085938	25.91945	0.018433	0.615682	184.1722	117.8278	1
4276	0.695541977	1.409297074	0.960759872	45.55744	0.007035	-0.13315	84.60681	217.3932	1
4277	0.152318826	0.178768904	0.808877144	40.2426	9.6E-05	-0.00564	94.67827	207.3217	1
4278	0.938890548	2.236421396	0.831517958	40.76109	0.018383	-0.01361	103.9861	198.0139	1
4279	0.195257774	0.313053768	0.643771875	37.21136	0.000308	0.085107	106.9131	195.0869	1
4280	0.333718001	0.656264322	0.56096888	35.92056	0.001435	0.128747	114.1947	187.8053	1
6150	0.617605275	1.239357902	0.359542232	32.8419	0.005385	0.246985	132.1836	169.8164	1
6151	0.687110695	1.39014164	0.194140373	29.82356	0.006838	0.385518	150.5892	151.4108	1
6152	0.937371835	2.226463396	0.782612398	39.68628	0.018213	0.016097	107.7206	194.2794	1
6153	0.936373177	2.220017485	0.03982732	24.48384	0.018104	0.716907	196.9714	105.0286	1
6154	0.907582565	2.060811657	0.56366302	35.96158	0.015508	0.132089	121.6668	180.3332	1

6155	0.162665648	0.213151017	0.076437653	26.42331	0.000138	0.576534	169.0197	132.9803	1
6156	0.611351347	1.22627428	0.168966095	29.25045	0.005268	0.414416	153.4486	148.5514	1
6157	0.718658396	1.463088515	0.864819826	41.6134	0.007605	-0.03977	96.77391	205.2261	1
6158	0.762042613	1.570310777	0.318649468	32.17113	0.00881	0.276584	137.6147	164.3853	1
6159	0.371401113	0.737484206	0.604398322	36.58849	0.001829	0.106115	111.7188	190.2812	1
6160	0.769232554	1.589057428	0.979242163	47.23006	0.009031	-0.1673	81.15844	220.8416	1
8250	0.048924064	-0.324301286	0.530769174	35.46322	0.000331	0.144455	111.2766	190.7234	1
8251	0.428587656	0.856023176	0.932394664	43.9632	0.002494	-0.09903	86.17786	215.8221	1
8252	0.593839999	1.189947318	0.291338378	31.70313	0.004948	0.295831	138.1586	163.8414	1
8253	0.339894952	0.669800127	0.748189844	39.01283	0.001497	0.029922	101.6724	200.3276	1
8254	0.965152843	2.451113808	0.925106705	43.64171	0.022245	-0.08484	95.98831	206.0117	1
8255	0.316357336	0.617672458	0.388015859	33.29304	0.001265	0.227108	126.5323	175.4677	1
8256	0.156767885	0.193735481	0.861576234	41.52457	0.000113	-0.04	90.37599	211.624	1
8257	0.174456164	0.250639116	0.132186911	28.30332	0.000194	0.463945	154.864	147.136	1
8258	0.867529766	1.891831915	0.84039855	40.97658	0.01298	-0.02122	101.288	200.712	1
8259	0.554445009	1.109519855	0.318690828	32.17182	0.004278	0.275019	135.1037	166.8963	1
9990	0.020309974	-0.637910854	0.616539717	36.77843	0.001353	0.09963	103.9926	198.0074	1
9991	0.715736734	1.456178312	0.657616506	37.4358	0.007531	0.080335	112.04	189.96	1
9992	0.507338701	1.014717147	0.325242398	32.28147	0.003553	0.270044	133.9943	168.0057	1
9993	0.281427635	0.537115455	0.989358889	48.81764	0.000946	-0.20088	71.60277	230.3972	1
9994	0.891388392	1.987156394	0.440182163	34.09696	0.014377	0.199824	129.9269	172.0731	1
9995	0.742821081	1.521653741	0.369695752	33.00404	0.008252	0.241255	132.8698	169.1302	1
9996	0.07850357	-0.132167434	0.928601553	43.79273	5.12E-05	-0.09589	81.62019	220.3798	1
9997	0.586649347	1.175147359	0.332828822	32.40731	0.004821	0.265085	134.1674	167.8326	1
9998	0.159334136	0.20224137	0.599157493	36.507	0.000124	0.10827	109.3082	192.6918	1
9999	0.164873363	0.220300672	0.47959282	34.69295	0.000148	0.172438	117.5738	184.4262	1
10000	0.391685535	0.780057095	0.792533397	39.89146	0.002056	0.004821	99.02764	202.9724	1

Perhitungan Analisis Risiko Tubrukan Akibat Maneuver dengan Bantuan Tugboat dengan Mean $V = 2$ knot dan $\delta R = 25$

	Kecepatan (knot)	Sudut <i>Rudder</i> (°)
Mean	2	25
SD	0.8	6

Simulasi	10000
Gagal	898
Berhasil	9102
Pof	8.98%

No.	Random Number	Vs	Random Number	δR	Trim	STD/L	TD	MK	Status
1	0.517519957	2.035144117	0.685099089	27.89203	0.015109	0.492333	167.4332	134.5668	1
2	0.929681054	3.178735791	0.666635561	27.58385	0.038198	0.518093	176.4523	125.5477	1
3	0.942572111	3.261390556	0.533860096	25.50986	0.040293	0.650833	193.7779	108.2221	1
4	0.633843732	2.273640775	0.090082631	16.95852	0.019025	1.529089	300.7125	1.287531	1
5	0.477531379	1.954919769	0.158345281	18.99231	0.013896	1.244494	262.8561	39.14391	1
6	0.99365355	3.99381713	0.551946543	25.78348	0.06141	0.639347	195.9891	106.0109	1
7	0.142610441	1.145068416	0.362024049	22.88168	0.004568	0.84043	207.3154	94.68465	1
8	0.408740658	1.815371465	0.007516197	10.41041	0.011912	3.188139	509.7764	-207.776	0
9	0.928592612	3.17231132	0.535106267	25.52867	0.038037	0.648775	193.0689	108.9311	1
10	0.363360296	1.720407057	0.476875106	24.65201	0.010653	0.701903	192.5534	109.4466	1
11	0.320134556	1.626141945	0.596329919	26.46315	0.009475	0.577142	176.186	125.814	1
12	0.682186544	2.379057524	0.929408905	33.82842	0.020906	0.212464	133.5032	168.4968	1
13	0.248328417	1.456192501	0.60981486	26.67302	0.007531	0.563165	173.5527	128.4473	1
14	0.36635021	1.726771532	0.972352304	36.49929	0.010735	0.112122	117.4473	184.5527	1
15	0.456020453	1.911628303	0.48382198	24.75662	0.013264	0.695109	192.6472	109.3528	1

2500	0.855952708	2.849848692	0.237149792	20.70699	0.030435	1.054786	243.177	58.823	1
2501	0.261976586	1.490189138	0.675551304	27.73177	0.007901	0.499174	165.5708	136.4292	1
2502	0.879801452	2.939195866	0.21505427	20.26596	0.032454	1.102547	249.71	52.29002	1
2503	0.559843621	2.1204582	0.013715875	11.76809	0.016456	2.693255	448.2587	-146.259	0
2504	0.624308098	2.253452188	0.117597506	17.8775	0.018676	1.393189	283.2975	18.70251	1
2505	0.854735852	2.845570712	0.339329748	22.51424	0.03034	0.881105	221.0285	80.97146	1
2506	0.042104167	0.618581127	0.490377919	24.85527	0.001269	0.683866	184.7279	117.2721	1
2507	0.719317001	2.464650987	0.382458113	23.20581	0.022501	0.819157	211.2253	90.7747	1
2508	0.86808346	2.89390176	0.163803536	19.12633	0.031422	1.233901	266.2172	35.78275	1
2509	0.718837852	2.46351408	0.230476186	20.57632	0.022479	1.065831	242.6459	59.35411	1
2510	0.464940184	1.929603717	0.723669796	28.56267	0.013525	0.454088	162.0313	139.9687	1
2511	0.139305529	1.133244194	0.749291265	29.03357	0.00447	0.425586	154.405	147.595	1
2512	0.094931028	0.951210163	0.561575445	25.92979	0.003106	0.609804	176.9611	125.0389	1
2513	0.980626517	3.653491239	0.027989869	13.53284	0.051025	2.208575	394.2014	-92.2014	0
2514	0.29250471	1.563134223	0.59565707	26.45273	0.008727	0.577556	175.9226	126.0774	1
2515	0.749289	2.53780321	0.913492744	33.17549	0.023912	0.239543	137.7495	164.2505	1
4320	0.22151075	1.386319244	0.917689567	33.33818	0.006799	0.227159	130.3951	171.6049	1
4321	0.673312158	2.359262073	0.427905747	23.90975	0.020546	0.761663	203.3719	98.62811	1
4322	0.627352823	2.25988026	0.127050146	18.15732	0.018787	1.354613	278.4151	23.58489	1
4323	0.250239245	1.461010345	0.51214534	25.18269	0.007583	0.662572	186.2413	115.7587	1
4324	0.034146027	0.541540119	0.680735038	27.81853	0.000962	0.491786	159.8704	142.1296	1
4325	0.996154134	4.132248248	0.448531122	24.22376	0.06592	0.752739	211.1298	90.87022	1
4326	0.82630239	2.751722964	0.358669373	22.82789	0.028296	0.853076	216.9868	85.01321	1
4327	0.249297516	1.458638382	0.706722105	28.263	0.007557	0.468696	161.5296	140.4704	1
4328	0.548282152	2.097057903	0.538857895	25.58534	0.01608	0.637455	186.2323	115.7677	1
4329	0.164185839	1.218080833	0.209691271	20.15504	0.005195	1.105483	241.4494	60.5506	1
4330	0.368029952	1.730339513	0.060830218	15.71295	0.010781	1.735686	324.3073	-22.3073	0

6000	0.182120987	1.274150617	0.317914154	22.15876	0.005704	0.904682	216.1487	85.85127	1
6001	0.831949035	2.76951667	0.045025988	14.82926	0.028678	1.91163	351.9359	-49.9359	0
6002	0.655408428	2.31997108	0.539989127	25.60244	0.019841	0.637559	187.3639	114.6361	1
6003	0.806263323	2.691366814	0.61069284	26.68675	0.02702	0.5689	180.48	121.52	1
6004	0.016088612	0.286238331	0.197896675	19.90505	0.000255	1.131723	240.1176	61.88243	1
6005	0.918893666	3.11813472	0.304131446	21.92467	0.036699	0.93676	229.4864	72.51357	1
6006	0.115853709	1.043222261	0.583855946	26.27061	0.003763	0.587615	174.5958	127.4042	1
6007	0.192242611	1.304270512	0.749759901	29.04241	0.005988	0.42563	155.2686	146.7314	1
6008	0.859401474	2.862107328	0.955562165	35.20815	0.030708	0.163891	129.7384	172.2616	1
6009	0.195585285	1.314002831	0.820902214	30.51285	0.006082	0.351332	145.8518	156.1482	1
6010	0.386147633	1.76850088	0.256569849	21.07626	0.011282	1.0104	232.0972	69.90278	1
8090	0.102758543	0.987208947	0.53302205	25.49721	0.003355	0.639198	180.8865	121.1135	1
8091	0.957348794	3.376572625	0.842117884	31.0192	0.043309	0.339972	154.7521	147.2479	1
8092	0.604303501	2.211601731	0.337717587	22.4878	0.017961	0.879253	217.6121	84.38787	1
8093	0.894756636	3.001782549	0.007361763	10.36535	0.033908	3.214295	519.0606	-217.061	0
8094	0.458559441	1.916749125	0.192228253	19.78171	0.013338	1.150184	250.6495	51.35054	1
8095	0.950387067	3.318894605	0.825157764	30.61121	0.041785	0.358703	156.8491	145.1509	1
8096	0.007846257	0.067208385	0.102829104	17.40643	1.25E-05	1.454681	280.1636	21.83641	1
8097	0.041296257	0.61132974	0.943964817	34.53373	0.001238	0.17876	120.3409	181.6591	1
8098	0.131158829	1.103255997	0.282993684	21.55617	0.004228	0.960694	222.4272	79.57279	1
8099	0.676801684	2.367019016	0.79282385	29.89755	0.020687	0.38649	155.6138	146.3862	1
8100	0.208598806	1.350965856	0.933574078	34.0177	0.006443	0.200199	126.7829	175.2171	1
9996	0.265967262	1.499955466	0.799416334	30.03723	0.008009	0.375231	149.8294	152.1706	1
9997	0.131625022	1.105006066	0.078900172	16.52495	0.004242	1.593389	303.0414	-1.04136	0
9998	0.102870901	0.98771087	0.566739019	26.00847	0.003359	0.604664	176.4894	125.5106	1
9999	0.748635551	2.536161763	0.134453732	18.36651	0.02388	1.328239	276.4411	25.5589	1
10000	0.079666089	0.874143072	0.962845636	35.70825	0.002605	0.136557	116.2828	185.7172	1

Perhitungan Analisis Risiko Tubrukan Akibat Maneuver dengan Bantuan Tugboat dengan Mean V = 2 knot dan $\delta R = 30^\circ$

	Kecepatan (knot)	Sudut <i>Rudder</i> ($^\circ$)
Mean	2	30
SD	0.8	6

Simulasi	10000
Gagal	132
Berhasil	9868
Pof	1.32%

No.	Random Number	Vs	Random Number	δR	Trim	STD/L	TD	MK	Status
1	0.708502475	2.439212122	0.612422994	31.71384	0.022021	0.301134	145.1015	156.8985	1
2	0.917283415	3.109622546	0.825981805	35.63043	0.036491	0.15077	129.3085	172.6915	1
3	0.678978464	2.371875316	0.738020759	33.82353	0.020775	0.212611	133.4859	168.5141	1
4	0.363485185	1.720673254	0.815147887	35.38217	0.010656	0.150844	122.3499	179.6501	1
5	0.111496361	1.025112989	0.320997636	27.21053	0.003629	0.528669	166.9953	135.0047	1
6	0.637968851	2.282427898	0.134216167	23.35992	0.019179	0.805297	208.5454	93.45458	1
7	0.838745531	2.791452177	0.688307978	32.94636	0.029153	0.250708	140.4444	161.5556	1
8	0.196093602	1.315473927	0.089989704	21.95509	0.006096	0.923568	218.7621	83.23786	1
9	0.188186608	1.2923212	0.348870363	27.66977	0.005875	0.502107	164.9518	137.0482	1
10	0.867500026	2.891720909	0.265550269	26.24204	0.031373	0.598819	185.2968	116.7032	1
11	0.536766822	2.073833286	0.130458678	23.25465	0.015712	0.812805	208.4554	93.54462	1
12	0.360277559	1.713826409	0.189293593	24.71699	0.010568	0.697098	191.9082	110.0918	1
13	0.445825958	1.891028606	0.556775636	30.8568	0.012968	0.3373	146.959	155.041	1
14	0.663708729	2.338085026	0.631751993	32.01898	0.020164	0.287044	142.7992	159.2008	1
15	0.02626317	0.448964231	0.395161523	28.40465	0.000652	0.458454	155.1594	146.8406	1
1980	0.187701015	1.290880017	0.696849024	33.09216	0.005861	0.236832	131.1485	170.8515	1

1981	0.515443406	2.03097644	0.574558389	31.12795	0.015044	0.325357	146.1396	155.8604	1
1982	0.075959724	0.853772444	0.876118339	36.93479	0.002481	0.094856	110.8679	191.1321	1
1983	0.942265341	3.259262748	0.6331298	32.04093	0.040238	0.292882	148.1644	153.8356	1
1984	0.997741954	4.271732054	0.511986212	30.1803	0.070633	0.389364	165.5355	136.4645	1
1985	0.470426528	1.940641819	0.927628689	38.75013	0.013686	0.041833	109.5654	192.4346	1
1986	0.497890343	1.99576948	0.738167967	33.82625	0.014507	0.210382	131.3152	170.6848	1
1987	0.030598484	0.502344283	0.535811679	30.53932	0.000823	0.348279	141.3909	160.6091	1
1988	0.778957649	2.614942113	0.466131015	29.49	0.025449	0.408809	159.701	142.299	1
1989	0.912629429	3.085700891	0.984186696	42.89459	0.035909	-0.06233	102.039	199.961	1
1990	0.385161575	1.766438218	0.26011064	26.14197	0.011254	0.598541	179.6161	122.3839	1
4100	0.942225945	3.258990131	0.137976776	23.46327	0.040231	0.803978	213.2766	88.72337	1
4101	0.043685196	0.632451951	0.555468051	30.83693	0.001329	0.334294	140.262	161.738	1
4102	0.683511207	2.382032066	0.43234598	28.97757	0.02096	0.43415	161.761	140.239	1
4103	0.613226196	2.230190077	0.999226036	48.99327	0.018277	-0.1983	80.42513	221.5749	1
4104	0.082299664	0.888185573	0.646216845	32.25076	0.002693	0.271074	133.4908	168.5092	1
4105	0.653882604	2.316659285	0.241356136	25.78832	0.019782	0.624927	185.7381	116.2619	1
4106	0.368756533	1.731881197	0.615377667	31.76018	0.010801	0.295274	140.8065	161.1935	1
4107	0.683746193	2.382560279	0.7747539	34.52757	0.02097	0.185672	130.1075	171.8925	1
4108	0.985186699	3.740037511	0.197518286	24.89689	0.053571	0.698562	202.2599	99.74007	1
4109	0.854740217	2.845586013	0.075117076	21.36777	0.030341	0.987857	234.6288	67.37116	1
4110	0.093118828	0.94256696	0.762602157	34.28819	0.003047	0.188661	123.2642	178.7358	1
6330	0.71766661	2.460738931	0.747983855	34.00895	0.022427	0.205949	133.0831	168.9169	1
6331	0.567416396	2.135840222	0.780649296	34.64633	0.016705	0.179781	128.1193	173.8807	1
6332	0.918589305	3.116516091	0.517252457	30.25955	0.036659	0.373974	157.7793	144.2207	1
6333	0.073822101	0.841677663	0.446795864	29.19744	0.002408	0.416228	151.7501	150.2499	1
6334	0.321261058	1.628659715	0.011708148	16.40056	0.009505	1.615731	308.5148	-6.51479	0
6335	0.286221272	1.54843368	0.554824084	30.82715	0.008557	0.337202	145.2278	156.7722	1

6336	0.440434629	1.880106105	0.695950232	33.07673	0.012813	0.239817	134.4848	167.5152	1
6337	0.838966408	2.792175042	0.682171265	32.84267	0.029168	0.255005	140.9956	161.0044	1
6338	0.064776602	0.787307089	0.027749478	18.5103	0.002096	1.301916	264.3139	37.68609	1
6339	0.435020728	1.869115337	0.092525893	22.04784	0.012658	0.917207	220.7292	81.27079	1
6340	0.411302382	1.820643168	0.70760074	33.27833	0.011984	0.231332	133.1055	168.8945	1
8540	0.035886154	0.559552254	0.8314675	35.75988	0.00103	0.134213	114.4059	187.5941	1
8541	0.885966843	2.964283943	0.656060825	32.41042	0.033033	0.274504	144.3432	157.6568	1
8542	0.866547165	2.888173338	0.41259549	28.67476	0.031293	0.453973	166.8257	135.1743	1
8543	0.456404632	1.912403372	0.152439268	23.84383	0.013275	0.76438	201.4763	100.5237	1
8544	0.792310163	2.65157052	0.312130018	27.06107	0.026196	0.545402	177.2868	124.7132	1
8545	0.869979942	2.901037053	0.542774148	30.64455	0.031583	0.353657	154.1099	147.8901	1
8546	0.710824853	2.44463683	0.806003451	35.17958	0.022123	0.162017	127.4053	174.5947	1
8547	0.554115061	2.108852019	0.383214411	28.2177	0.016269	0.47419	165.4916	136.5084	1
8548	0.566007242	2.132974276	0.448562401	29.22423	0.016659	0.419646	158.6637	143.3363	1
8549	0.182646511	1.275739676	0.817486295	35.43496	0.005719	0.147286	119.6645	182.3355	1
8550	0.249355746	1.458785186	0.871371225	36.79738	0.007559	0.101104	114.6992	187.3008	1
9990	0.583304119	2.168282821	0.418693734	28.76858	0.017237	0.44412	161.9588	140.0412	1
9991	0.059055721	0.74980011	0.864724276	36.61076	0.001893	0.105392	111.6885	190.3115	1
9992	0.922485777	3.137593951	0.908586372	37.9926	0.037177	0.072835	119.52	182.48	1
9993	0.826451738	2.752188792	0.249413445	25.94198	0.028306	0.617525	186.9799	115.0201	1
9994	0.088203383	0.918478647	0.522962924	30.34555	0.002888	0.358345	144.761	157.239	1
9995	0.412862043	1.823848926	0.245900554	25.87532	0.012028	0.616462	182.1872	119.8128	1
9996	0.053636412	0.711541604	0.344233228	27.59438	0.001698	0.505116	162.4215	139.5785	1
9997	0.839363825	2.7934773	0.402950173	28.52569	0.029197	0.461427	167.3002	134.6998	1
9998	0.064477806	0.785413413	0.510155728	30.15276	0.002085	0.367511	145.2612	156.7388	1
9999	0.156090042	1.191473497	0.009244078	15.86584	0.004961	1.706245	317.853	-15.853	0
10000	0.562385862	2.125616821	0.607640907	31.63905	0.016539	0.302616	143.7172	158.2828	1

Perhitungan Analisis Risiko Tubrukan Akibat Maneuver dengan Bantuan Tugboat dengan Mean V = 2 knot dan $\delta R = 35^\circ$

	Kecepatan (knot)	Sudut <i>Rudder</i> ($^\circ$)
Mean	2	35
SD	0.8	6

Simulasi	10000
Gagal	19
Berhasil	9981
Pof	0.19%

No.	Random Number	Vs	Random Number	δR	Trim	STD/L	TD	MK	Status
1	0.394655846	1.786236379	0.651869629	37.34224	0.011518	0.084683	114.2498	187.7502	1
2	0.37054617	1.735674281	0.890844214	42.38618	0.01085	-0.05829	95.78107	206.2189	1
3	0.582057451	2.165727803	0.632645447	37.03321	0.017195	0.096615	117.6738	184.3262	1
4	0.373132404	1.741145273	0.047566095	24.98645	0.010922	0.677673	189.5705	112.4295	1
5	0.162541909	1.21274843	0.169810539	29.27051	0.005147	0.413326	153.2418	148.7582	1
6	0.059589069	0.753413981	0.49904505	34.98564	0.001912	0.162233	118.9483	183.0517	1
7	0.523302747	2.046755663	0.660130583	37.47692	0.015289	0.081648	115.1703	186.8297	1
8	0.412094661	1.82227199	0.667833009	37.60362	0.012007	0.07651	113.3894	188.6106	1
9	0.813998285	2.714181538	0.052957607	25.29903	0.027499	0.661135	192.3452	109.6548	1
10	0.348692089	1.688916828	0.307081395	31.97516	0.010251	0.285605	139.3591	162.6409	1
11	0.305128252	1.592234122	0.892552644	42.44131	0.009068	-0.06027	94.8097	207.1903	1
12	0.6081236	2.219545448	0.939320799	44.29458	0.018096	-0.10137	92.72022	209.2798	1
13	0.926383152	3.159497682	0.217621928	30.3185	0.037719	0.371454	157.6739	144.3261	1
14	0.19291524	1.306237142	0.679783804	37.80257	0.006007	0.068209	109.7431	192.2569	1
15	0.471537146	1.942874857	0.75549314	39.15127	0.013719	0.03	108.0691	193.9309	1
2080	0.954663597	3.353487428	0.732346803	38.71956	0.042696	0.052568	118.021	183.979	1

2081	0.698134109	2.415233222	0.673657676	37.70021	0.021573	0.076697	116.388	185.612	1
2082	0.13012021	1.099341549	0.196949068	29.88458	0.004197	0.381557	148.6256	153.3744	1
2083	0.725849956	2.48024748	0.522336398	35.33611	0.022798	0.156605	126.8945	175.1055	1
2084	0.183801465	1.279221981	0.980784493	47.42137	0.005752	-0.17223	78.97514	223.0249	1
2085	0.962831279	3.427624706	0.302877679	31.90315	0.044682	0.300425	149.9699	152.0301	1
2086	0.231054725	1.411697776	0.663932735	37.53932	0.00706	0.076876	111.3762	190.6238	1
2087	0.962570473	3.425061566	0.334539268	32.43552	0.044613	0.277355	147.018	154.982	1
2088	0.958027713	3.382594817	0.990874552	49.16293	0.04347	-0.19293	86.89125	215.1087	1
2089	0.040733555	0.606210984	0.183566605	29.58886	0.001217	0.395529	147.9317	154.0683	1
2090	0.076522502	0.856913469	0.456980385	34.35174	0.0025	0.186059	122.5029	179.4971	1
4910	0.168835353	1.232977777	0.648721246	37.29122	0.005328	0.084228	111.4163	190.5837	1
4911	0.339818558	1.669633305	0.523148053	35.34834	0.010009	0.151837	122.2203	179.7797	1
4912	0.15629189	1.192147745	0.824207703	40.58912	0.004967	-0.01349	98.76164	203.2384	1
4913	0.89515035	3.003514172	0.043644818	24.74077	0.033948	0.703271	199.1649	102.8351	1
4914	0.745881209	2.529267553	0.838461895	40.92894	0.023745	-0.0163	105.1124	196.8876	1
4915	0.652781113	2.314271875	0.005220462	19.63476	0.019739	1.1693	255.0791	46.92088	1
4916	0.220965329	1.384850329	0.811465128	40.29985	0.006784	-0.00496	100.816	201.184	1
4917	0.511017017	2.022095262	0.954041838	45.11225	0.014908	-0.12078	89.25691	212.7431	1
4918	0.873831009	2.915751252	0.385089036	33.24715	0.031918	0.239343	139.6202	162.3798	1
4919	0.130870984	1.102173293	0.220588358	30.37875	0.004219	0.357182	145.5344	156.4656	1
4920	0.794372071	2.65734848	0.06529324	25.92924	0.026315	0.617699	186.5263	115.4737	1
6100	0.775101502	2.604602806	0.210291257	30.16753	0.02524	0.374623	155.2939	146.7061	1
6101	0.34739486	1.686109275	0.510989788	35.1653	0.010216	0.158503	123.1522	178.8478	1
6102	0.225312951	1.396502429	0.670387202	37.6459	0.006903	0.073444	110.8628	191.1372	1
6103	0.240495161	1.436231478	0.466777308	34.49976	0.007318	0.182096	124.9043	177.0957	1
6104	0.101810133	0.982956227	0.175202757	29.39718	0.003325	0.406114	151.1703	150.8297	1
6105	0.054408725	0.717175128	0.098613917	27.26306	0.001726	0.524853	164.9642	137.0358	1

6106	0.796981712	2.664710864	0.004097869	19.13661	0.026467	1.230965	264.6933	37.30666	1
6107	0.538614703	2.077555474	0.436039815	34.0339	0.015771	0.202731	130.7506	171.2494	1
6108	0.80229681	2.67988303	0.432234247	33.97587	0.026781	0.208706	134.5337	167.4663	1
6109	0.754432068	2.550802677	0.225734174	30.48218	0.024168	0.358933	153.025	148.975	1
6110	0.30670054	1.595820303	0.859400214	41.46577	0.009111	-0.03542	97.993	204.007	1
8440	0.973678525	3.550270667	0.931359497	43.91596	0.048072	-0.0825	101.8	200.2	1
8441	0.244160005	1.445613331	0.616221047	36.77342	0.007418	0.10185	114.728	187.272	1
8442	0.322826386	1.632152187	0.12352589	28.05476	0.009548	0.481134	163.9848	138.0152	1
8443	0.772987237	2.59897661	0.196945948	29.88452	0.025127	0.388647	157.0523	144.9477	1
8444	0.36066358	1.714651491	0.104073933	27.44795	0.010579	0.516783	168.9402	133.0598	1
8445	0.919567148	3.12173274	0.73252652	38.72283	0.036787	0.050469	116.591	185.409	1
8446	0.16057357	1.206317366	0.748680277	39.02206	0.005091	0.030867	104.4844	197.5156	1
8447	0.416630021	1.831582153	0.524625277	35.37059	0.012135	0.151759	123.0229	178.9771	1
8448	0.85744787	2.85513859	0.927848758	43.75973	0.030553	-0.08479	98.02095	203.979	1
8449	0.925162199	3.152542601	0.993060264	49.76221	0.037546	-0.2059	84.08365	217.9163	1
8450	0.194955271	1.312176313	0.242586076	30.81195	0.006064	0.337075	144.0264	157.9736	1
9990	0.850677219	2.83147385	0.666488428	37.58142	0.030029	0.083315	119.3194	182.6806	1
9991	0.951447148	3.327240056	0.544500188	35.67067	0.042003	0.151218	130.4574	171.5426	1
9992	0.721081378	2.468845561	0.147055769	28.70513	0.022581	0.449371	164.1356	137.8644	1
9993	0.596391062	2.19521337	0.158619466	28.99911	0.017686	0.431893	160.5362	141.4638	1
9994	0.259439739	1.483941103	0.888516918	42.31207	0.007832	-0.05746	94.62381	207.3762	1
9995	0.410544495	1.819084355	0.714630888	38.40179	0.011963	0.051736	110.2172	191.7828	1
9996	0.700210072	2.420003837	0.527728042	35.41736	0.021661	0.153312	126.1727	175.8273	1
9997	0.567013218	2.135020061	0.185610976	29.63488	0.016692	0.398418	155.9695	146.0305	1
9998	0.335518085	1.660218916	0.478055087	34.66979	0.009892	0.1766	125.3278	176.6722	1
9999	0.701869862	2.423828843	0.11281741	27.72992	0.021733	0.503964	170.865	131.135	1
10000	0.383152856	1.762231502	0.412872213	33.67902	0.011199	0.215051	130.7383	171.2617	1

Perhitungan Analisis Risiko Tubrukan Akibat Maneuver dengan Bantuan Tugboat dengan Mean V = 3 knot dan $\delta R = 25$

	Kecepatan (knot)	Sudut <i>Rudder</i> (°)
Mean	3	25
SD	0.8	6

Simulasi	10000
Gagal	932
Berhasil	9068
Pof	9.32%

No.	Random Number	Vs	Random Number	δR	Trim	STD/L	TD	MK	Status
1	0.551484333	3.103529923	0.480131411	24.70106	0.036342	0.706993	200.1408	101.8592	1
2	0.635774881	3.277750237	0.32087988	22.20856	0.040714	0.912003	227.1331	74.86691	1
3	0.323531495	2.633723094	0.213628989	20.23664	0.025831	1.103507	248.2998	53.70021	1
4	0.343433333	2.677511306	0.544549695	25.67142	0.026732	0.635191	188.8559	113.1441	1
5	0.435536778	2.870164004	0.764757513	29.33014	0.030888	0.41893	162.2708	139.7292	1
6	0.332744494	2.654122132	0.246211856	20.88125	0.026249	1.035317	239.7146	62.28538	1
7	0.218657915	2.378612946	0.848427097	31.17826	0.020898	0.325017	147.8402	154.1598	1
8	0.316690413	2.618421013	0.04037408	14.52183	0.025519	1.974509	359.1887	-57.1887	0
9	0.204634871	2.339856474	0.981300155	37.48824	0.020196	0.082949	116.8064	185.1936	1
10	0.967793516	4.479448528	0.648117845	27.28146	0.077964	0.549557	186.9862	115.0138	1
11	0.872217784	3.909549965	0.649430195	27.3027	0.058745	0.541773	183.1355	118.8645	1
12	0.402688576	2.802884699	0.359443568	22.84032	0.029401	0.852382	217.1551	84.84489	1
13	0.790922563	3.647701197	0.332281576	22.39827	0.050857	0.898353	227.2501	74.7499	1
14	0.605208044	3.213480773	0.609117201	26.66211	0.039071	0.574531	183.8167	118.1833	1
15	0.424763056	2.848221514	0.124495158	18.08317	0.030399	1.368661	283.1565	18.84354	1
1800	0.771599663	3.595300242	0.312369762	22.06513	0.049349	0.928037	230.769	71.23103	1

1801	0.111078472	2.023349838	0.47231013	24.58322	0.014927	0.708435	194.9055	107.0945	1
1802	0.888423117	3.974547815	0.238953136	20.74196	0.060795	1.061419	249.6644	52.33557	1
1803	0.375379184	2.745888358	0.94736548	34.71897	0.028171	0.180958	131.3297	170.6703	1
1804	0.546444793	3.093347255	0.682777717	27.85288	0.036094	0.501695	173.9348	128.0652	1
1805	0.223709727	2.392220632	0.337629944	22.48636	0.021147	0.88046	218.6719	83.32807	1
1806	0.073747393	1.841250153	0.17835399	19.47006	0.012268	1.186068	254.8424	47.15764	1
1807	0.342645715	2.675797468	0.185977308	19.64309	0.026696	1.170687	257.0696	44.93041	1
1808	0.480566213	2.96101395	0.077781412	16.47908	0.032957	1.610657	314.5526	-12.5526	0
1809	0.352031415	2.696126536	0.769266769	29.41861	0.02712	0.413061	160.65	141.35	1
1810	0.583230192	3.168131262	0.434697015	24.01343	0.037933	0.759461	207.1493	94.85072	1
4870	0.027044902	1.459106641	0.619625384	26.82698	0.007562	0.553538	172.3408	129.6592	1
4871	0.367338637	2.728871728	0.007528975	10.41411	0.02781	3.191996	514.8506	-212.851	0
4872	0.735408082	3.503401911	0.719815362	28.49376	0.046761	0.469134	171.8436	130.1564	1
4873	0.69629754	3.41102502	0.897303781	32.59802	0.044233	0.270342	146.0542	155.9458	1
4874	0.99122488	4.899978286	0.064474752	15.89046	0.093962	1.732004	339.7397	-37.7397	0
4875	0.838656332	3.791160441	0.308776596	22.00407	0.055106	0.93562	232.7176	69.28242	1
4876	0.558524757	3.117783995	0.20307354	20.01584	0.03669	1.131603	254.3076	47.69241	1
4877	0.999645114	5.708621219	0.077467688	16.46612	0.129102	1.645348	332.7565	-30.7565	0
4878	0.109804068	2.017943375	0.600845367	26.53322	0.014844	0.57449	177.8138	124.1862	1
4879	0.533331559	3.066917816	0.388122028	23.2947	0.035456	0.816177	213.8672	88.13279	1
4880	0.799446773	3.671717435	0.792384142	29.88833	0.051556	0.397404	163.5497	138.4503	1
6355	0.316871856	2.618828646	0.657609044	27.43568	0.025528	0.522574	174.2142	127.7858	1
6356	0.339903804	2.669819455	0.256981362	21.08392	0.026572	1.014805	237.1801	64.81985	1
6357	0.611014636	3.225571604	0.568515633	26.03558	0.039378	0.615066	189.0415	112.9585	1
6358	0.833829962	3.775528946	0.329321476	22.34927	0.054634	0.904016	228.6129	73.38712	1
6359	0.268094911	2.505132044	0.516755926	25.25208	0.023276	0.662997	191.5337	110.4663	1
6360	0.601601127	3.20599489	0.390790696	23.33645	0.038882	0.813897	214.2744	87.72556	1

6361	0.357471571	2.707819661	0.688571404	27.95083	0.027365	0.493104	170.9061	131.0939	1
6362	0.743008242	3.522118048	0.862937156	31.56167	0.047283	0.316497	152.4916	149.5084	1
6363	0.29309441	2.56450625	0.516341255	25.24584	0.024439	0.663829	191.9376	110.0624	1
6364	0.77132816	3.594582366	0.966499098	35.98997	0.049329	0.142557	130.6951	171.3049	1
6365	0.883101753	3.952508837	0.388254398	23.29677	0.060096	0.824349	219.3511	82.64891	1
8540	0.968401036	4.486237146	0.976464283	36.91394	0.07821	0.121181	132.4452	169.5548	1
8541	0.180278952	2.26855798	0.921817224	33.50441	0.018937	0.224603	134.4954	167.5046	1
8542	0.900085744	4.025632235	0.11973893	17.94224	0.062432	1.398963	292.9238	9.076207	1
8543	0.593154618	3.188533924	0.758996575	29.21847	0.038443	0.427324	164.9375	137.0625	1
8544	0.242308019	2.440881934	0.335318405	22.44835	0.022052	0.884138	219.3847	82.61526	1
8545	0.088551497	1.920216971	0.14985918	18.77777	0.013388	1.271269	266.0931	35.90693	1
8546	0.79555035	3.66066574	0.01620402	12.16395	0.051234	2.581152	441.7037	-139.704	0
8547	0.677701184	3.369024111	0.251981602	20.9904	0.043108	1.029869	242.6072	59.39282	1
8548	0.115038367	2.039871025	0.862370966	31.5462	0.015182	0.306324	143.7594	158.2406	1
8549	0.604311407	3.21161815	0.823022251	30.56167	0.039024	0.360141	156.4941	145.5059	1
8550	0.060979313	1.762716339	0.094926737	17.13392	0.011205	1.499401	294.3669	7.633074	1
9995	0.171568903	2.241613125	0.077450758	16.46542	0.018472	1.608007	310.6059	-8.60591	0
9996	0.488258535	2.976451409	0.888027527	32.29663	0.033315	0.27947	145.0368	156.9632	1
9997	0.689084886	3.394606483	0.107843633	17.57153	0.043792	1.445323	295.6644	6.335621	1
9998	0.641532981	3.290047525	0.137965751	18.46297	0.041033	1.321303	279.3396	22.66039	1
9999	0.350772679	2.693411816	0.987418044	38.43326	0.027063	0.055893	115.1331	186.8669	1
10000	0.375965871	2.747125414	0.417415916	23.74895	0.028198	0.776939	207.2639	94.7361	1

Perhitungan Analisis Risiko Tubrukan Akibat Maneuver dengan Bantuan Tugboat dengan Mean V = 3 knot dan $\delta R = 30^\circ$

	Kecepatan (knot)	Sudut <i>Rudder</i> ($^\circ$)
Mean	3	30
SD	0.8	6

Simulasi	10000
Gagal	183
Berhasil	9817
Pof	1.83%

No.	Random Number	Vs	Random Number	δR	Trim	STD/L	TD	MK	Status
1	0.22192052	2.387421468	0.915539768	38.25409	0.021059	0.059319	114.0346	187.9654	1
2	0.331549578	2.651489335	0.86965827	36.74866	0.026194	0.109028	121.6922	180.3078	1
3	0.025769501	1.442428474	0.519997504	30.30088	0.007384	0.362043	147.8607	154.1393	1
4	0.975883952	4.580254231	0.192161036	24.78024	0.081658	0.716541	208.7657	93.23433	1
5	0.730809703	3.49221095	0.002096404	12.82032	0.046451	2.390992	416.6322	-114.632	0
6	0.438491766	2.876164607	0.149342683	23.76446	0.031023	0.776664	207.8763	94.12373	1
7	0.965463793	4.454356662	0.849226678	36.19873	0.077059	0.144767	135.2901	166.7099	1
8	0.680774096	3.375891624	0.749322458	34.03415	0.043291	0.212038	138.4499	163.5501	1
9	0.263919048	2.494952303	0.654461321	32.38436	0.02308	0.272247	141.701	160.299	1
10	0.020634526	1.36734665	0.808908912	35.2433	0.006607	0.154462	121.0382	180.9618	1
11	0.588860033	3.179690828	0.335863368	27.45732	0.038222	0.525585	177.4115	124.5885	1
12	0.551085163	3.102722787	0.927849561	38.75976	0.036322	0.04921	116.3352	185.6648	1
13	0.584801184	3.171353294	0.641837311	32.18025	0.038014	0.286076	146.8563	155.1437	1
14	0.592628619	3.187449609	0.151183905	23.81179	0.038416	0.775421	209.2795	92.72046	1
15	0.270555836	2.511093766	0.964809911	40.85674	0.023392	-0.01449	105.2523	196.7477	1
2340	0.696694593	3.411933836	0.939877245	39.32246	0.044258	0.035358	116.1218	185.8782	1

2341	0.175101092	2.252642246	0.602372395	31.55696	0.018662	0.307018	144.9153	157.0847	1
2342	0.635586972	3.277350049	0.073242334	21.28763	0.040704	0.999258	238.2473	63.75266	1
2343	0.21560664	2.370306266	0.961191868	40.58813	0.020746	-0.00812	105.3563	196.6437	1
2344	0.237273841	2.427920555	0.572780111	31.10074	0.021809	0.328906	148.5832	153.4168	1
2345	0.027279796	1.462106384	0.226522907	25.49792	0.007595	0.640584	183.4456	118.5544	1
2346	0.280499326	2.534912953	0.509255149	30.13921	0.023856	0.37555	155.0623	146.9377	1
2347	0.689941281	3.396547132	0.724737089	33.58183	0.043844	0.229953	140.8359	161.1641	1
2348	0.283896765	2.542956727	0.006286572	15.02618	0.024013	1.870463	345.5546	-43.5546	0
2349	0.454622688	2.908807652	0.495485362	29.9321	0.03176	0.38851	158.5892	143.4108	1
2350	0.220967799	2.384856984	0.672955778	32.68854	0.021012	0.258675	139.4197	162.5803	1
4320	0.734567374	3.501348594	0.253359384	26.01627	0.046704	0.618823	190.9038	111.0962	1
4321	0.660638994	3.331366151	0.721700411	33.5274	0.042112	0.231532	140.7101	161.2899	1
4322	0.104767601	1.996124372	0.00565316	14.80148	0.014512	1.912502	348.167	-46.167	0
4323	0.895060447	4.003118349	0.522318153	30.33584	0.061707	0.378732	162.8334	139.1666	1
4324	0.974998388	4.567949126	0.041119613	19.57297	0.081202	1.197312	269.9542	32.04585	1
4325	0.186962493	2.288683745	0.797791094	35.00254	0.019288	0.167498	127.3211	174.6789	1
4326	0.004420858	0.90550849	0.028732007	18.60141	0.002803	1.290303	263.4274	38.57264	1
4327	0.166552532	2.225697219	0.814496595	35.36753	0.0182	0.153922	125.2757	176.7243	1
4328	0.905786901	4.052199283	0.097201839	22.21403	0.063292	0.91915	231.9289	70.07105	1
4329	0.00477262	0.926494092	0.108918871	22.60621	0.00294	0.863734	209.1877	92.81226	1
4330	0.296822986	2.573151981	0.155265372	23.91535	0.02461	0.762601	204.5644	97.43561	1
6140	0.905216813	4.049490375	0.415148737	28.71408	0.063204	0.462638	173.7557	128.2443	1
6141	0.81784307	3.725740608	0.731366958	33.70171	0.053146	0.228358	142.2842	159.7158	1
6142	0.456028602	2.911644744	0.770261257	34.43825	0.031824	0.192712	133.6587	168.3413	1
6143	0.342806552	2.676147566	0.073604498	21.30324	0.026704	0.992976	234.431	67.56902	1
6144	0.266054298	2.500167636	0.780842852	34.65026	0.023181	0.181827	130.2077	171.7923	1
6145	0.569061956	3.139189183	0.039437002	19.45646	0.037216	1.196124	262.635	39.36503	1

6146	0.583692198	3.169078529	0.655904365	32.40787	0.037957	0.27628	145.5969	156.4031	1
6147	0.688517572	3.393322189	0.012172943	16.49024	0.043757	1.612473	316.9528	-14.9528	0
6148	0.193587334	2.308198031	0.544265778	30.66712	0.019632	0.348535	150.4832	151.5168	1
6149	0.581153405	3.163876039	0.734750049	33.76346	0.037827	0.220741	138.495	163.505	1
6150	0.915955211	4.102694713	0.192954275	24.79763	0.064943	0.709613	205.4873	96.51271	1
8350	0.971947175	4.528171289	0.974745154	41.73373	0.079739	-0.01845	114.8669	187.1331	1
8351	0.058907048	1.74878817	0.928392112	38.78352	0.011022	0.039936	108.3612	193.6388	1
8352	0.243179482	2.443110747	0.600199101	31.52317	0.022094	0.309701	146.2127	155.7873	1
8353	0.657701313	3.324958128	0.234037938	25.64632	0.041943	0.642048	192.9777	109.0223	1
8354	0.903700289	4.042342216	0.725037621	33.58724	0.062972	0.236215	144.8735	157.1265	1
8355	0.793184885	3.654017532	0.772716334	34.48693	0.05104	0.197382	137.978	164.022	1
8356	0.57370564	3.148653143	0.621560922	31.8575	0.03745	0.299988	148.5147	153.4853	1
8357	0.564260309	3.129423717	0.365817078	27.94228	0.036976	0.496848	173.4982	128.5018	1
8358	0.449624528	2.898711974	0.872910234	36.84154	0.031531	0.107762	122.7712	179.2288	1
8359	0.334330923	2.657611786	0.911914187	38.11582	0.02632	0.065348	116.1582	185.8418	1
8360	0.46576946	2.931272965	0.9152248	38.2419	0.032272	0.063489	117.2942	184.7058	1
9990	0.848510246	3.824051976	0.65418494	32.37986	0.056105	0.28362	149.8178	152.1822	1
9991	0.315873582	2.616584678	0.806388523	35.18799	0.025482	0.16285	128.3741	173.6259	1
9992	0.721480739	3.469796777	0.143119316	23.60154	0.045833	0.79469	213.1509	88.84909	1
9993	0.497714386	2.995416627	0.351603313	27.71403	0.033758	0.508962	174.3693	127.6307	1
9994	0.686171021	3.388020738	0.207673949	25.11289	0.043615	0.679715	198.0929	103.9071	1
9995	0.893097391	3.99453595	0.627974219	31.95896	0.061433	0.303644	153.2242	148.7758	1
9996	0.979110163	4.628566498	0.691936456	33.00808	0.08346	0.266552	151.6795	150.3205	1
9997	0.75098822	3.542082253	0.780274936	34.63873	0.047842	0.190606	136.5533	165.4467	1
9998	0.93251165	4.195809189	0.711518873	33.34696	0.068047	0.247542	147.0866	154.9134	1
9999	0.24153491	2.438901026	0.358772981	27.82956	0.022015	0.498276	170.216	131.784	1
10000	0.67954247	3.37313582	0.144331052	23.63363	0.043217	0.791227	212.2248	89.77516	1

Perhitungan Analisis Risiko Tubrukan Akibat Maneuver dengan Bantuan Tugboat dengan Mean V = 3 knot dan $\delta R = 35^\circ$

	Kecepatan (knot)	Sudut <i>Rudder</i> ($^\circ$)
Mean	3	35
SD	0.8	6

Simulasi	10000
Gagal	7
Berhasil	9993
Pof	0.07

No.	Random Number	Vs	Random Number	δR	Trim	STD/L	TD	MK	Status
1	0.598694656	3.199975857	0.328713119	32.33918	0.038731	0.279478	146.1592	155.8408	1
2	0.994564754	5.037467722	0.162568495	29.09626	0.099529	0.454446	177.6685	124.3315	1
3	0.438412804	2.876004354	0.024078224	23.14409	0.031019	0.827189	214.3123	87.68771	1
4	0.024751101	1.428607551	0.063686009	25.85272	0.007237	0.616353	180.1905	121.8095	1
5	0.468289983	2.936344713	0.843620495	41.0567	0.032388	-0.01678	107.0935	194.9065	1
6	0.774560266	3.603159703	0.329790288	32.35705	0.049574	0.282384	148.5522	153.4478	1
7	0.59460098	3.191517307	0.909912856	43.04131	0.038518	-0.06501	102.2289	199.7711	1
8	0.507354511	3.014748856	0.226447339	30.49641	0.034213	0.361648	155.6985	146.3015	1
9	0.561785188	3.124397494	0.471576722	34.57216	0.036852	0.189376	134.3011	167.6989	1
10	0.930008628	4.180684231	0.775109848	39.53469	0.067537	0.037125	120.2035	181.7965	1
11	0.608815588	3.220986701	0.231959037	30.60554	0.039261	0.35812	156.2836	145.7164	1
12	0.170471752	2.238157864	0.31205098	32.05973	0.018413	0.284673	141.9958	160.0042	1
13	0.245508942	2.449047381	0.189803123	29.72827	0.022206	0.395536	157.1778	144.8222	1
14	0.337239205	2.663992286	0.606243661	36.61725	0.026452	0.113489	122.3234	179.6766	1
15	0.483090333	2.966080841	0.712232812	38.35952	0.033074	0.060169	117.0458	184.9542	1
1540	0.760111358	3.565328654	0.690521598	37.98398	0.048497	0.076936	122.1883	179.8117	1

1541	0.883100732	3.952504679	0.242042815	30.80152	0.060096	0.355861	159.6658	142.3342	1
1542	0.770270296	3.591789842	0.815799268	40.39683	0.049249	0.006751	113.3796	188.6204	1
1543	0.777973663	3.61229409	0.240229076	30.7666	0.049835	0.354038	157.7267	144.2733	1
1544	0.456901084	2.913404825	0.168450703	29.23817	0.031864	0.424064	163.1419	138.8581	1
1545	0.681375229	3.377238297	0.186869039	29.66304	0.043327	0.406001	163.1675	138.8325	1
1546	0.75951244	3.563788058	0.0523216	25.26351	0.048454	0.670719	197.8285	104.1715	1
1547	0.176318057	2.256409403	0.150475036	28.79361	0.018727	0.44327	162.2927	139.7073	1
1548	0.372071703	2.738902915	0.725664441	38.59852	0.028023	0.051228	114.767	187.233	1
1549	0.717529033	3.460413318	0.520370303	35.3065	0.045576	0.16538	132.9298	169.0702	1
1550	0.263461756	2.493832581	0.991608582	49.34859	0.023059	-0.20326	81.11534	220.8847	1
3280	0.682639164	3.380073295	0.148838519	28.75143	0.043403	0.453907	169.2851	132.7149	1
3281	0.281625083	2.537583465	0.602452519	36.5582	0.023908	0.114604	121.8312	180.1688	1
3282	0.344880746	2.680656992	0.499391933	34.99085	0.026797	0.170468	129.666	172.334	1
3283	0.110125371	2.019310679	0.051640869	25.22511	0.014865	0.662046	188.9752	113.0248	1
3284	0.57316163	3.147543386	0.306322843	31.9622	0.037422	0.295373	147.9212	154.0788	1
3285	0.357953885	2.70885331	0.956253194	45.25262	0.027387	-0.11964	92.84812	209.1519	1
3286	0.082261757	1.887985871	0.242809414	30.81624	0.012925	0.339196	147.1853	154.8147	1
3287	0.645270082	3.298065316	0.137191911	28.44186	0.041241	0.470133	170.9408	131.0592	1
3288	0.269713683	2.509056677	0.334288674	32.43139	0.023352	0.270333	141.528	160.472	1
3289	0.696176388	3.410747822	0.990514285	49.07655	0.044226	-0.19107	87.26941	214.7306	1
3290	0.517347051	3.034797056	0.044054479	24.76725	0.034688	0.701586	199.1071	102.8929	1
5340	0.154984979	2.187771943	0.035594043	24.17435	0.017561	0.740146	199.7703	102.2297	1
5341	0.623422202	3.251584956	0.520388492	35.30677	0.040041	0.163497	131.6421	170.3579	1
5342	0.098575241	1.968229963	0.716857137	38.44118	0.014094	0.051262	110.905	191.095	1
5343	0.139557571	2.13415261	0.050941806	25.18526	0.016678	0.665469	189.9875	112.0125	1
5344	0.112257453	2.028312067	0.442566506	34.13321	0.015003	0.198641	129.9826	172.0174	1
5345	0.025462527	1.438311379	0.021103826	22.8112	0.00734	0.847417	209.6767	92.32335	1

5346	0.935353535	4.213516845	0.986369933	48.24664	0.068645	-0.1671	94.35036	207.6496	1
5347	0.019635561	1.350932251	0.996614702	51.24753	0.006443	-0.24252	70.37976	231.6202	1
5348	0.800908924	3.675897825	0.3953182	33.40709	0.051678	0.239583	143.4642	158.5358	1
5349	0.533372914	3.067001036	0.858862771	41.45134	0.035458	-0.02613	106.558	195.442	1
5350	0.715917984	3.456606003	0.558867969	35.8886	0.045472	0.144767	130.2845	171.7155	1
7275	0.674613681	3.36215127	0.723974196	38.56813	0.042925	0.057188	118.653	183.347	1
7276	0.305104189	2.592179173	0.447824112	34.21304	0.02499	0.19896	132.8521	169.1479	1
7277	0.140072885	2.136006449	0.00751164	20.4091	0.016708	1.081715	243.0264	58.97356	1
7278	0.522588749	3.045321508	0.808664	40.2379	0.034939	0.006286	110.5787	191.4213	1
7279	0.803405684	3.68307924	0.890991243	42.3909	0.051888	-0.04452	107.306	194.694	1
7280	0.732839598	3.497139055	0.565325564	35.98691	0.046588	0.141734	130.1015	171.8985	1
7281	0.351270685	2.694486288	0.241556747	30.79218	0.027086	0.345126	151.9869	150.0131	1
7282	0.65779431	3.325160663	0.640028962	37.15122	0.041949	0.101154	124.0688	177.9312	1
7283	0.950776793	4.321946006	0.822490858	40.5494	0.072371	0.010408	117.5084	184.4916	1
7284	0.535806463	3.071899471	0.009531128	20.93413	0.035576	1.033055	241.5224	60.47758	1
7285	0.81759287	3.724983798	0.826903768	40.652	0.053124	0.001103	113.3282	188.6718	1
9990	0.617291784	3.238700561	0.82652507	40.64313	0.039712	-0.0032	110.3407	191.6593	1
9991	0.226749898	2.400325505	0.264641464	31.22539	0.021297	0.322983	147.6901	154.3099	1
9992	0.988367654	4.815247805	0.315790771	32.12299	0.090614	0.306367	157.6884	144.3116	1
9993	0.820236373	3.733013017	0.35603084	32.78547	0.053362	0.265577	147.0624	154.9376	1
9994	0.995301187	5.077791905	0.91442726	43.21119	0.101194	-0.04788	113.8742	188.1258	1
9995	0.6495754	3.307339509	0.708540688	38.29476	0.041483	0.06499	119.3721	182.6279	1
9996	0.458242113	2.916109305	0.098950427	27.27467	0.031926	0.534379	177.2095	124.7905	1
9997	0.386759026	2.769779036	0.53403797	35.51255	0.028684	0.1523	127.7985	174.2015	1
9998	0.645289794	3.298107686	0.880944532	42.07833	0.041242	-0.04027	105.9155	196.0845	1
9999	0.895648182	4.005710474	0.789273838	39.82342	0.061791	0.026964	118.0312	183.9688	1
10000	0.790701028	3.647084852	0.014543199	21.90612	0.050839	0.943278	232.9705	69.02953	1

BIODATA PENULIS



Jimmy, Lahir Surabaya – Jawa Timur pada tanggal 08 Juni 1998 sebagai anak kedua dari tiga bersaudara. Penulis mengawali pendidikan formalnya di SDK Santa Clara Surabaya, kemudian berlanjut ke SMPK Santa Clara Surabaya dan SMAK St.Louis 1 Surabaya lalu menempuh pendidikan tinggi di Departemen Teknik Kelautan, FTK – ITS tahun 2016. Selama menjalani perkuliahan penulis

Aktif berorganisasi, diantaranya : staff internal KMK ITS 2017, Staff Konsumsi di Petrolida 2018 dan 2019, menjadi Ketua Divisi bagian software dalam keprofesian HIMATEKLA 2019. Selain itu, penulis pernah melaksanakan program Kerja Praktik selama 2 bulan di PT. Ben Santosa yang berada di Bangkalan pada tahun 2018. Lalu pada bulan Mei 2020, penulis berhasil menyelesaikan siding Tugas Akhirnya untuk memenuhi persyaratan menjadi sarjana program studi S-1 Departemen Teknik Kelautan, FTK – ITS melalui siding online.

Contact person:

No HP: 082131458452

E-mail: jimmysidharta9@gmail.com