



**TUGAS AKHIR – (ME184834)**

**PERENCANAAN SISTEM PERMESINAN *SALVAGE VESSEL*  
UNTUK PERAIRAN SUNGAI DAN DANAU DI INDONESIA**

Mochammad Fajar Tris Rinaldi  
NRP 04211746000021

Dosen Pembimbing  
Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD.,M.MT  
Dr. Eddy Setyo Koenhardono, S.T., M.Sc

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2020



**BACHELOR THESIS – (ME184834)**

**Machinery System Design of Salvage Vessel for River and Lake in Indonesia**

Mochammad Fajar Tris Rinaldi  
NRP 04211746000021

Supervisor  
Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD., M.MT  
Dr. Eddy Setyo Koenhardono, S.T., M.Sc

DEPARTEMEN OF MARINE ENGINEERING  
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2020

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**PERENCANAAN SISTEM PERMESINAN *SALVAGE VESSEL***  
**UNTUK PERAIRAN SUNGAI DAN DANAU DI INDONESIA**  
**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjan Teknik

Pada



Bidang Studi *Marine Manufacturing and Design* (MMD)  
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**MOCHAMMAD FAJAR TRIS RINALDI**

**NRP. 04211746000021**

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1. Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD., M.MT (  )  
NIP. 195904101987011001
2. Dr. Eddy Setyo Koenhardono, S.T., M.Sc. (  )  
NIP. 196807011995121001

**SURABAYA, 23 JANUARI 2020**

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**PERENCANAAN SISTEM PERMESINAN *SALVAGE VESSEL***  
**UNTUK PERAIRAN SUNGAI DAN DANAU DI INDONESIA**  
**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Pada

Bidang Studi *Marine Manufacturing and Design* (MMD)  
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**MOCHAMMAD FAJAR TRIS RINALDI**  
**NRP. 04211746000021**

Disetujui Oleh Kepala Departemen  
Teknik Sistem Perkapalan



**SURABAYA, 28 JANUARI 2020**

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## ABSTRAK

Kecelakaan kapal pada perairan sungai dan danau di Indonesia sering terjadi dalam bentuk kapal terbakar dan tenggelam. Pada 21 Juni 2019, 18 kapal habis terbakar di Kabupaten Indramayu. Kebakaran bersumber dari ruang mesin sebuah kapal ikan, api menjalar dengan cepat mengenai perahu sepanjang sungai. Pada 21 Mei 2015, sebuah kapal kayu terbakar saat sandar di Samarinda, Kalimantan Timur. Kebakaran kapal tidak merambat ke kapal lainnya, karena segera ditarik ke tengah sungai oleh *tugboat*, selanjutnya api dipadamkan, lalu kapal ditenggelamkan. Penenggelaman kapal di sungai dapat mengganggu alur transportasi. Seharusnya kapal ditarik ke tepi sungai oleh kapal penyelamat (*salvage vessel*), sedangkan *salvage vessel* belum dimiliki oleh pelabuhan rakyat di Indonesia, namun masih didominasi oleh buatan luar negeri, contohnya Kommuna milik Rusia. Berdasarkan latar belakang tersebut, penulis melakukan perencanaan sistem permesinan *salvage vessel* untuk sungai dan danau di Indonesia yang memiliki tiga jenis operasi penyelamatan, yaitu operasi pemadam kebakaran, operasi pengangkatan bangkai kapal, dan operasi penarikan kapal. Prinsip kerja *salvage vessel* pada operasi pemadam kebakaran menggunakan pompa sentrifugal untuk mendistribusikan air ke lokasi kebakaran kapal. Operasi pengangkatan bangkai kapal menggunakan pelampung kapal (*marine airbag*) yang dilengkapi kompresor. Pada operasi penarikan kapal, bangkai kapal dipasangkan tali untuk dapat ditarik ke tepi sungai. Perhitungan yang dilakukan yaitu perhitungan pompa sentrifugal, kompresor, gaya apung dan tahanan pelampung kapal, tahanan *salvage vessel*, dan tahanan bangkai kapal. Pompa sentrifugal memiliki head total 111,74 m, kapasitas pompa 600 m<sup>3</sup>/h, dan daya 269 kW. Kompresor yang digunakan berjenis *reciprocating* berkapasitas 190,76 m<sup>3</sup>/jam dan daya 8 kW. Pada *marine airbag* dengan panjang 18 m, memiliki gaya apung sebesar 318000 N dan tahanan sebesar 354 N. Bangkai kapal memiliki kecepatan 3 knot dan tahanan sebesar 1,5 kN. Sementara kapal *salvage* memiliki kecepatan maksimum 12 knot dan dihasilkan tahanan sebesar 69,3 kN dengan kebutuhan daya dorong *engine* sebesar 428 kW.

**Kata Kunci:** *Kapal Penyelamat, Kompresor, Pelampung Kapal, Pompa Sentrifugal.*

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



## ABSTRACT

Ship accidents on river and lakes in Indonesia there are burn and sink ships. On 21<sup>th</sup> June 2019, total of 18 ships were burned in Indramayu district. The source is from the engine room of a fish boat then a fire rapidly to another boats along the river. On 21<sup>th</sup> May 2015, there is burn wooden ship in Samarinda, East Kalimantan. Fire in wooden ship not propagate to another ship, it was pulled into the middle of the river by the tugboat, so fire was extinguished then wooden ship was sinked. Sinked of ship in river people's port can interference flow of transportation. Salvage vessel towing this wooden ship to the edge. Indonesia hasn't salvage vessel, but still dominated by foreign-made for example salvage vessel Kommuna by Rusia. Based on the background, the author conducts the planning of the salvage vessel machining system for rivers and lakes in Indonesia with three types of rescue operations, namely fire fighting operations, shipwreck operations, and vessel withdrawal operations. The principle work of salvage vessel on fire extinguisher operations using centrifugal pumps to distribute water to ship burn locations. Surgical removal of shipwreck using marine airbag equipped with a compressor. In vessel withdrawal operations, shipwrecks are paired rope to be drawn to the edge. Calculations for this paper are calculation of centrifugal pumps, compressors, buoyancy force and vessel floats, prisoners of salvage vessels, and shipwreck prisoners. The centrifugal pump has a total head of 111.74 m, a pump capacity of 600 m<sup>3</sup>/h, and a power of 269 kW. The compressor used is a reciprocating compressor with a capacity of 190.76 m<sup>3</sup>/hour and 8 kW of power. For marine airbag with a length of 18 m, it has a floating style of 318000 N and a prisoner of 354 N. The shipwreck has a speed of 3 knots and a prisoner of 1.5 kN. While salvage vessels have a maximum speed of 12 knots and produced prisoners of 69.3 kN with the need for engine thrust of 428 kW.

**Keywords:** *Centrifugal Pump, Compressor, Marine Airbag, Salvage Vessel.*

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah segala puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah swt. karena atas rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Perencanaan Sistem Permesinan *Salvage Vessel* untuk Perairan Sungai dan Danau di Indonesia” dengan baik. Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan studi tingkat sarjana (S1) di Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Pada penyusunan Tugas Akhir ini, penulis banyak mendapat saran, dorongan, bimbingan dari berbagai guru terbaik bagi penulis. Oleh karena itu penulis mengucapkan terimakasih kepada:

9. Bapak Asep Rachmat, Ibu Teti Sumiati, dan Ibu Siti Masitoh serta semua anggota keluarga yang telah memberikan do’a, mendukung secara materi serta ridhonya untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
10. Intan Nur’azizah Rahman, S.Tr.T selaku istri penulis yang selalu memberikan do’a, dukungan, selalu memotivasi dan selalu membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
11. Bapak Beny Cahyono, S.T.,M.T.,Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan ITS Surabaya.
12. Bapak Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD., M.MT dan Bapak Dr. Eddy Setyo Koenhardono, S.T., M.Sc selaku dosen pembimbing yang telah memberikan banyak masukan dan ilmu bagi penulis.
13. Bapak Edi Jatmiko, S.T., M.T. Selaku dosen wali, yang selalu mendukung penulis.
14. Teman-teman Lintas Jalur Teknik Sistem Perkapalan angkatan 2017 yang selalu memberikan semangat serta dukungan.
15. Semua pengurus dan staff Laboratorium “Marine Manufacture and Design (MMD)” yang telah memberikan semangat dan transfer ilmu selama pengerjaan Skripsi ini.
16. Teman-teman Teknik Aeronautika Politeknik Negeri Bandung 2014 yang selalu memberikan semangat serta doa dan dukungan serta rekan-rekan lainnya yang tidak dapat penulis utarakan satu persatu.

Pada penyusunan Tugas Akhir ini, penulis menyadari masih terdapat kekurangan. Saran dan kritik yang bersifat membangun sangat terbuka bagi penulis. Semoga dengan disusunnya Tugas Akhir ini dapat bermanfaat.

Surabaya, Januari 2020

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	iv
ABSTRAK .....	viii
ABSTRACT .....	x
KATA PENGANTAR .....	xii
DAFTAR ISI .....	2
DAFTAR GAMBAR .....	4
DAFTAR TABEL .....	5
BAB I PENDAHULUAN.....	6
1.1 Latar Belakang .....	6
1.2 Rumusan Masalah .....	7
1.3 Tujuan Penelitian.....	7
1.4 Batasan Masalah.....	7
BAB II DASAR TEORI .....	8
2.1 Pelabuhan .....	8
2.2 Kriteria Pelabuhan Sungai.....	8
2.3 Penyelamatan Kapal (Salvage).....	9
2.4 Tugboat.....	9
2.5 Kapal Bantu Penyelamat (Salvage Vessel) .....	11
2.5.1 Pengertian Salvage Vessel .....	11
2.5.2 Komponen Kapal Bantu Penyelamat .....	12
2.5.3 Prinsip Kerja Pelampung Kapal ( <i>Marine Airbag</i> ) .....	14
2.6 Persamaan Pompa External Fire Fighting .....	15
2.7 Persamaan Perhitungan Kapasitas Kompresor.....	15
2.8 Computational Fluid Dynamic .....	16
2.9 Pelayaran Sungai dan Danau di Indonesia .....	17
2.10 Jumlah Kecelakaan Kapal di Sumatera Selatan.....	17
2.11 Paper Position .....	19
BAB III METODE PENELITIAN .....	22
BAB IV PERHITUNGAN DAN ANALISA .....	25

4.1	Pemilihan Sungai dan Danau .....	25
4.2	Kapal Pembanding .....	26
4.3	Peralatan Kapal Salvage.....	26
4.4	Muatan Kapal <i>Salvage</i> .....	28
4.5	Perhitungan Pompa Pemadam Kebakaran .....	28
4.6	Perhitungan Kompresor.....	38
4.7	Perhitungan <i>Marine Airbag</i> .....	41
4.8	Perhitungan Tahanan.....	44
4.9	Perhitungan dan Pemilihan Generator.....	52
BAB V KESIMPULAN.....		53
DAFTAR PUSTAKA .....		55
LAMPIRAN A .....		57
LAMPIRAN B .....		58
LAMPIRAN C .....		59

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Kapal Tugboat.....	11
Gambar 2. Salvage Vessel Kommuna .....	11
Gambar 3. Kompresor.....	12
Gambar 4. Pompa Sentrifugal.....	13
Gambar 5. Pelampung Kapal .....	13
Gambar 6. Ilustrasi Penarikan Bangkai Kapal.....	28
Gambar 7. Sistem Pemadam Kebakaran.....	29
Gambar 9 Jarak Jangkauan Penyemprotan Horizontal .....	34
Gambar 10. Efisiensi Pompa.....	35
Gambar 11. Pompa Sentrifugal 250CXB200-565 .....	37
Gambar 12. Kurva Tekanan Output terhadap Laju Alir Masuk .....	38
Gambar 13. Kurva Compression Ratio.....	39
Gambar 14. Kurva Efisiensi terhadap Pressure Ratio.....	40
Gambar 15. Kompresor Reciprocating .....	40
Gambar 16. Objek untuk Bangkai Kapal.....	41
Gambar 17. Marine Airbag .....	43
Gambar 18. Pemasangan Pelampung Kapal pada Bangkai Kapal.....	44
Gambar 19. Simulasi Tahanan Kapal Salvage.....	45
Gambar 20. Grafik Tahanan Kapal terhadap Kecepatan Kapal.....	45
Gambar 21. Grafik Kebutuhan Daya Penggerak terhadap Kecepatan Kapal .....	46
Gambar 22. Engine Kapal Caterpillar CG137 dengan Daya 400 BHP .....	46
Gambar 23. Simulasi Tahanan Bangkai Kapal .....	47
Gambar 24. Grafik Kecepatan vs Hambatan Bangkai Kapal .....	48
Gambar 25. Grafik Daya Penggerak Bangkai Kapal vs Kecepatan Kapal .....	48
Gambar 26. Meshing untuk Pelampung Kapal 18 m.....	49
Gambar 27. Simulasi CFD Hambatan Pelampung 18 m .....	50
Gambar 28. Meshing untuk Pelampung Kapal 4 m.....	50
Gambar 29. Simulasi CFD Hambatan Pelampung Kapal 4 m.....	51
Gambar 30. Generator Volvo Penta.....	52

## **DAFTAR TABEL**

Tabel 1. Kriteria Fasilitas Pokok & Fasilitas Penunjang Pelabuhan Sungai .....	8
Tabel 2. Kelebihan Pelampung Berbahan Dasar Flouescence .....	14
Tabel 3. Jumlah Sungai dan Danau di Beberapa Provinsi di Indonesia .....	17
Tabel 4. Data Kapal Tenggelam di Sumatera Selatan .....	18
Tabel 5. Paper Position .....	19
Tabel 6 Rencana Kegiatan .....	24
Tabel 7 Lima Pelabuhan rakyat di Sungai Mahakam .....	25
Tabel 8 Data Utama TB RIMAU1617 .....	26
Tabel 9 Data Utama Kapal Salvage .....	26
Tabel 10 Peralatan Kapal Salvage .....	27
Tabel 11 Spesifikasi Pompa Sentrifugal .....	36
Tabel 12 Spesifikasi Marine Airbag .....	42
Tabel 13 Spesifikasi Generator Volvo Penta .....	52

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kecelakaan kapal kayu yang terjadi di pelabuhan rakyat di Indonesia sering terjadi dalam bentuk kapal terbakar dan kapal tenggelam. Misalnya kejadian pada tanggal 21 Juni 2019, sebanyak 18 kapal di desa Eretan Wetan dan Kulon, Kecamatan Kandanghaur, Kabupaten Indramayu habis terbakar. Kebakaran berasal dari ruang mesin sebuah kapal ikan yaitu KM Subur, dikarenakan faktor cuaca keadaan arah angin yang datang dari timur, sehingga api menjalar ke barat mengenai perahu yang berjejer sepanjang sungai. Percikan api menjalar sangat cepat ke badan kapal yang terbuat dari kayu. Total kerugiannya sebanyak 15 kapal kecil dan 3 kapal berukuran 25 GT habis terbakar api.

Kejadian lain terjadi pada tanggal 21 Mei 2015, yaitu sebuah kapal kayu milik Burhanuddin di Samarinda, Kalimantan Timur (Kaltim), terbakar saat sandar di pelabuhan Samarinda Seberang. Kapal tersebut tengah sandar di pelabuhan rakyat perairan sungai Mahakam. Kebakaran kapal ini tidak merambat ke kapal yang lainnya, karena segera ditarik ke tengah sungai oleh kapal *tug boat*. Selanjutnya kebakaran kapal dipadamkan, lalu kapal tersebut ditenggelamkan. Penenggelaman kapal di sungai pelabuhan rakyat umumnya dapat mengganggu alur transportasi. Oleh karena itu, seyogyanya kapal ditarik untuk dipinggirkan dengan bantuan kapal bantu penyelamat, sedangkan kapal bantu penyelamat ini masih belum dimiliki oleh pelabuhan rakyat di Indonesia.

Kapal bantu penyelamat (*Small salvage vessel*) merupakan sebuah kapal penyelamat yang dilengkapi dengan peralatan seperti pelampung, sehingga dapat dijadikan sebagai solusi untuk mengangkat kapal yang tenggelam di sungai. Berbeda halnya seperti di laut, kapal-kapal yang tenggelam di sungai diangkat oleh kapal *salvage* yang berukuran kecil. Rancang bangun *Small salvage vessel* masih didominasi oleh buatan luar negeri, sebagai contoh *salvage vessel* Kommuna buatan Rusia yang merupakan *salvage ship* tertua di dunia.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka dapat disimpulkan jenis operasi kapal bantu penyelamat yang dibutuhkan oleh pelabuhan rakyat di Indonesia ada 3 operasi, yaitu operasi pemadaman kebakaran, operasi penarikan kapal, dan operasi pengangkatan bangkai kapal. Oleh



karena itu, pada tugas akhir ini penulis bertujuan untuk merancang sebuah kapal bantu penyelamat yang memiliki metode 3 operasi tersebut.

## 1.2 Rumusan Masalah

Kecelakaan pada kapal kayu yang sedang bersandar di pelabuhan rakyat di Indonesia sering terjadi, sehingga menghasilkan kerugian yang cukup besar. Kerugian yang cukup besar tersebut dapat dihindari jika di pelabuhan rakyat tersebut tersedia kapal bantu penyelamat. Namun kenyataannya, kapal bantu penyelamat masih belum tersedia di pelabuhan rakyat di Indonesia. Sehingga untuk merancang kapal bantu penyelamat tersebut perlu diketahui operasi pemadaman kebakaran, operasi penarikan kapal, dan operasi pengangkatan bangkai kapal.

## 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, penulis bertujuan untuk mendesain sistem kapal bantu penyelamat yang memiliki 3 operasi penyelamatan kapal yang dibutuhkan di pelabuhan rakyat di Indonesia, yaitu operasi pemadaman kebakaran, operasi pengangkatan bangkai kapal, dan operasi penarikan bangkai kapal.

## 1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah penelitian ini yaitu sebagai berikut.

1. Objek dari kegiatan *salvage* yang dilakukan adalah di sungai.
2. Kapal bantu penyelamat (*Salvage Vessel*) menggunakan alat berupa pelampung kapal (*Marine Airbag*), pompa untuk memompakan fluida sebagai alat untuk memadamkan kebakaran, dan kompresor untuk memberi udara bertekanan pada pelampung kapal.

## BAB II

### DASAR TEORI

#### 2.1 Pelabuhan

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 61 Tahun 2009 tentang kepelabuhan, bahwa pelabuhan yaitu tempat yang terdiri atas daratan dan atau perairan dengan batas-batas tertentu sebagai tempat kegiatan pemerintahan dan kegiatan pengusahaan yang dipergunakan sebagai tempat kapal bersandar, naik turun penumpang, dan atau bongkar muat barang, berupa terminal dan tempat berlabuh kapal yang dilengkapi dengan fasilitas keselamatan, keamanan pelayaran, serta sebagai kegiatan penunjang pelabuhan. Jenis dari pelabuhan terdiri atas pelabuhan laut dan pelabuhan sungai. Pelabuhan laut yaitu pelabuhan yang digunakan untuk melayani kegiatan angkutan laut dan atau angkutan penyeberangan yang terletak di laut. Pelabuhan sungai yaitu pelabuhan yang digunakan untuk melayani angkutan sungai dan atau angkutan penyeberangan yang terletak di sungai.

#### 2.2 Kriteria Pelabuhan Sungai

Menurut Mulyono (2016), bahwa rencana peruntukan wilayah daratan dan perairan untuk pelabuhan sungai berdasarkan kriteria fasilitas pokok dan penunjang dapat dijabarkan seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria Fasilitas Pokok dan Fasilitas Penunjang Pelabuhan Sungai

Rencana Peruntukan	Fasilitas Pokok	Fasilitas Penunjang
<b>Wilayah daratan pelabuhan sungai</b>	Pelabuhan rakyat	Perkantoran
	Lapangan penumpukan	Fasilitas pos dan telekomunikasi
	Terminal penumpang	Fasilitas pariwisata
	Fasilitas penampungan	Instalasi air bersih, listrik, dan telekomunikasi dan pengolahan limbah
	Fasilitas bunker	Jaringan jalan dan rel kereta api
	Fasilitas pemadam kebakaran	Jaringan air limbah, sampah, dan drainase
	Fasilitas penanganan bahan atau barang berbahaya dan beracun	Areal pengembangan pelabuhan

		Tempat tunggu kendaraan bermotor
		Kawasan perdagangan
		Kawasan industri
		Fasilitas umum lainnya
<b>Wilayah perairan pelabuhan sungai</b>	Alur pelayaran	Areal untuk pengembangan pelabuhan jangka panjang
	Areal tempat berlabuh	Areal untuk fasilitas pembangunan dan pemeliharaan kapal
	Areal untuk kebutuhan sandar dan olah gerak kapal	Areal untuk keperluan darurat
	Areal untuk kapal yang mengangkut bahan atau barang berbahaya dan beracun	
	Areal untuk kapal pemerintah	

Sumber: Menteri Perhubungan Republik Indonesia, 2015

### 2.3 Penyelamatan Kapal (Salvage)

Keselamatan dan keamanan merupakan salah satu subsistem paling penting dalam sistem pelayaran. Hal tersebut dinyatakan dalam UU Pelayaran Pasal 1 angka 1 UU No. 17 Tahun 2008. Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 81 Tahun 2000 Pasal 1 tentang kenavigasian, bahwa penyelamatan kapal (*salvage*) adalah pekerjaan untuk memberikan pertolongan terhadap kapal dan atau muatannya yang mengalami kecelakaan kapal atau dalam keadaan bahaya di perairan termasuk mengangkat kerangka kapal atau rintangan bawah air atau benda lainnya.

### 2.4 Tugboat

Tug boat adalah sebuah kapal yang digunakan sebagai penarik dan pendorong kapal. Pada dasarnya tug boat digunakan untuk melayani kapal-kapal besar yang akan bersandar di pelabuhan ataupun dari bersandar di pelabuhan yang akan berlabuh dan juga melayani kapal-kapal pengangkut hasil tambang. Tug boat memiliki manuver yang baik sehingga dibutuhkan untuk melayani kapal-kapal tersebut karena kapal-kapal besar manuvernya terbatas dan gelombang yang

dihasilkan dapat mengganggu daerah sekitarnya. Tipe Tugboat dibagi menjadi beberapa fungsi, antara lain:

### 1. Harbour Tugs

Harbour tugs atau kapal tunda pelabuhan hanya beroperasi di pelabuhan saja. Harbour Tugs ni mempunyai ukuran yang lebih kecil bila dibandingkan dengan Sea Going Tugs. Perbandingan rasio lebar dan panjangnya juga tinggi karena dibutuhkan untuk draft yang rendah. Harbor Tugs hanya diawaki oleh sedikit kru yakni Kapten dan Kelasi. Jumlah Tugboat dalam pelabuhan bervariasi tergantung dari infrastruktur pelabuhan dan jenis Tugboat.

### 2. Harbour dan Sea Going Tugs

Harbor dan Sea going Tugs merupakan Tugboat yang berfungsi untuk beroperasi di Pelabuhan maupun di laut lepas. Ukurannya lebih besar dibandingkan dengan Harbour Tugs

### 3. Sea Going dan Salvages Tugs

Sea Going dan Salvages Tugs dirancang khusus untuk penyelamatan saat dilakukan towing. Selain itu, Tugboat ini juga digunakan untuk membantu pekerjaan non darurat seperti menarik bangunan lepas pantai. Tugboat ini memiliki tenaga yang paling besar dibandingkan dengan Tugboat yang lain. Sangat panjang dan memiliki draft yang tinggi serta Displacement yang besar bila dibandingkan dengan Harbour Tugs.

Kapal tunda merupakan jenis kapal khusus yang digunakan untuk menarik atau mendorong kapal di pelabuhan, laut lepas atau melalui sungai. Kapal ini digunakan pula untuk menarik tongkang, kapal rusak dan peralatan lainnya dan memiliki tenaga yang besar bila dibandingkan dengan ukurannya. Sesuai dengan daerah pelayarannya (*menurut Tasrun Sjahrin*) kapal tunda dapat digolongkan menjadi:

- a. Kapal tunda pelayaran besar (*Ocean Going Tug*), merupakan salah satu jenis kapal tunda yang daerah pelayarannya di laut luar dan kapal ini biasanya digunakan sebagai penyuplai bahan bakar dari hasil kilang minyak (*Anchor Handling Suplay Vessel*).
- b. Kapal tunda pelayaran pantai (*Coastwise and Estuary Tug*) merupakan jenis kapal tunda yang daerah pelayarannya hanya disekitar perairan pantai.
- c. Kapal tunda pelabuhan dan pengerukan (*Estuary and Harbour*) merupakan salah satu jenis kapal tunda yang digunakan untuk menarik atau mendorong kapal yang ada di pelabuhan dan juga berfungsi sebagai penarik kapal keruk.

- d. Kapal tunda perairan dangkal (*Shallow Draught Pusher Tug*) merupakan jenis kapal tunda yang memiliki sarat rendah.
- e. Kapal tunda sungai dan dok (*River and Dock Tug*) merupakan jenis kapal tunda yang memiliki kemampuan tarik kurang dari 3 knot dan hanya menunda kapal disekitar area sungai.



Gambar 1. Kapal Tugboat  
Sumber: PT Pelayaran Nasional Bina Buaya Raya Tbk, 2015

## 2.5 Kapal Bantu Penyelamat (Salvage Vessel)

### 2.5.1 Pengertian Salvage Vessel

Kapal bantu penyelamat adalah kapal yang dirancang untuk mengangkat kapal yang tenggelam di dasar laut, sehingga kapal tenggelam tersebut dapat diangkat hingga ke permukaan laut. Pada umumnya kapal bantu penyelamat dilengkapi dengan alat penarik, alat penyelamatan, alat penyelaman, dan alat untuk angkat berat ke pelabuhan rakyat. Fungsi dari kapal bantu penyelamat ini antara lain untuk melakukan angkat berat dari kedalaman sungai, penarik kapal lain, dan operasi penyelaman berawak.



Gambar 2. Salvage Vessel Kommuna  
Sumber: Svensonov, 2015

## 2.5.2 Komponen Kapal Bantu Penyelamat

### a) Kompresor

Menurut Sularso (2000), kompresor adalah sebuah mesin fluida yang digunakan untuk memampatkan udara dan mengeluarkannya menjadi udara bertekanan tinggi. Umumnya kompresor udara menghisap udara dari atmosfer, lalu menekan udara tersebut, kemudian mendistribusikan udara yang telah dikompresi ke bejana penyimpanan.

Prinsip kerja kompresor yaitu mengonversi energi mekanik berupa putaran motor yang bertujuan untuk menggerakkan torak, gerakan torak akan menghisap udara di atmosfer lalu memampatkan udara tersebut agar memiliki tekanan (lebih dari 1 atm). Kompresor yang sering dilihat yaitu kompresor yang digunakan untuk pengisian ban motor, ban mobil, serta dapat digunakan untuk mengisi udara bertekanan pada pelampung (*marine airbag*) sebagai salah satu komponen kapal bantu penyelamat.



Gambar 3. Kompresor  
Sumber: Fakultas Teknik UNY, 2004

### b) Pompa Sentrifugal

Menurut Sularso (2000), pompa sentrifugal memiliki sebuah *impeller* untuk mendistribusikan fluida cair dari tempat yang rendah ke tempat yang tinggi. Pompa dapat diartikan sebagai mesin fluida yang digunakan untuk memindahkan fluida cair dari suatu tempat ke tempat lain dengan cara menaikkan tekanan dari cairan tersebut. Tekanan cairan dinaikan bertujuan untuk mengatasi hambatan-hambatan pengaliran fluida yang

disebut *losses*. Pompa sentrifugal pada kapal bantu penyelamat digunakan sebagai komponen untuk memadamkan kebakaran kapal, sebagai upaya dari kegiatan *salvage*.



Gambar 4. Pompa Sentrifugal  
Sumber: Dzulqornain F., 2015

c) Pelampung kapal (*Marine Airbag*)

Pelampung kapal yaitu alat yang digunakan untuk operasi penyelamatan kapal dan operasi pengangkatan kapal, dapat dilihat pada Gambar 4. Cara kerja dari pelampung kapal yaitu pelampung diisi udara yang bertekanan oleh kompresor untuk menghasilkan daya apung, daya apung tersebut dimanfaatkan untuk penyelamatan dan pengoperasian untuk operasi *salvage*.



Gambar 5. Pelampung Kapal  
Sumber: Jeremy Leday, 2019

Pemasangan pelampung untuk kapal yang tenggelam membutuhkan bantuan dari penyelam untuk menyelam ke bawah air lalu mengikat pelampung tersebut dengan tali di bagian bawah atau sisi kapal yang tenggelam. Kemudian digunakan kompresor untuk

mengisi udara bertekanan di pelampung melalui selang karet yang terhubung di darat (kapal bantu penyelamat). Perkembangan teknologi pelampung kapal saat ini yaitu digunakannya material *fluorescence* yang memiliki beberapa kelebihan seperti dijelaskan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kelebihan Pelampung Berbahan Dasar *Flourescence*

Kelebihan Pelampung Berbahan Dasar <i>Flourescence</i>		
No.	Kelebihan Pelampung <i>Flourescence</i>	Keterangan
1.	Material Khusus	Pelampung <i>flourescence</i> memiliki kinerja lebih baik dibandingkan dengan pelampung dari material kain berlapis PVC.
2.	Tekanan Tinggi	Pelampung <i>flourescence</i> memiliki tekanan kerja maksimum sebesar 0,25 MPa, yang artinya dapat digunakan di bawah kedalaman 25 meter.
3.	Desain Pelampung	Pelampung <i>flourescence</i> di desain seperti tabung dengan ujung kerucut, tidak ada sambungan yang di las.
4.	Dilengkapi Aksesoris Pendukung	Pelampung <i>flourescence</i> dilengkapi dengan pegangan karet dan tali nilon sehingga memudahkan dalam operasi pengangkatan bangkai kapal.

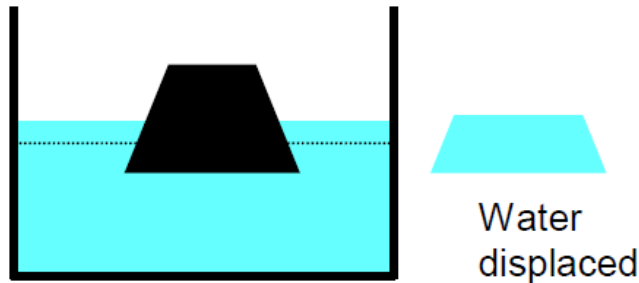
### 2.5.3 Prinsip Kerja Pelampung Kapal (*Marine Airbag*)

Kapal bantu penyelamat dengan bantuan pelampung kapal (*Marine Airbag*) menggunakan perbedaan massa jenis fluida sebagai penghasil daya apung untuk kapal yang tenggelam. Hal tersebut sesuai dengan hukum Archimedes yaitu “Jika benda mempunyai berat kurang dari berat air yang dipindahkannya, maka benda tersebut akan mengapung (berat benda < gaya apung atau  $\rho_{benda} < \rho_{air}$ ). Jika benda mempunyai berat lebih dari berat air yang dipindahkannya, maka benda tersebut akan tenggelam (berat benda > gaya apung atau  $\rho_{benda} > \rho_{air}$ )”. Pelampung kapal tersebut diisi oleh udara menggunakan kompresor. Udara yang memiliki massa jenis  $1,293 \text{ kg/m}^3$  lebih rendah dibanding massa jenis dari air sungai yaitu  $1000 \text{ kg/m}^3$ , maka pelampung kapal yang berisi udara akan terapung di permukaan air. Sehingga kapal yang tenggelam di dasar sungai apabila dipasangkan pelampung kapal akan



membuat kapal tersebut terapung hingga ke permukaan air. Persamaan gaya apung untuk pelampung kapal dapat dilakukan dengan cara:

$$F_a = \rho \times V \times g \dots \dots \dots (1)$$



Gambar 5. Skema Objek Terapung  
 Sumber: *School of Physics University of Sydney*

**2.6 Persamaan Pompa External Fire Fighting**

a. Kapasitas Pompa

$$Q = V \times A \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan: Q = Kapasitas Pompa (m<sup>3</sup>/s)

V = Kecepatan air / fluida yang akan dipindahkan (m/s)

A = Luasan Pipa (m<sup>2</sup>)

b. Head Pompa

Head pompa yaitu energi persatuan berat yang digunakan untuk mengalirkan sejumlah Fluida yang direncanakan sesuai dengan kondisi instalasi pompa atau dapat juga diartikan Sebagai tekanan yang dibutuhkan untuk mengalirkan sejumlah zat cair yang dinyatakan dalam satuan panjang. Persamaan Head Total dapat dinyatakan dengan rumus:

$$H = H_d + H_s \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan: H = Head Total

H<sub>s</sub> = Head suction

H<sub>d</sub> = Head discharge

**2.7 Persamaan Perhitungan Kapasitas Kompresor**

$$Q = V/t \dots \dots \dots (4)$$

Keterangan:

Q=Kapasitas Kompresor (m<sup>3</sup>/menit)

$V = \text{Volume Airbag (m}^3\text{)}$

$t = \text{Waktu yang dibutuhkan untuk mengembangkan Airbag (menit)}$

## 2.8 Computational Fluid Dynamic

Dinamika fluida komputasi, biasanya disingkat sebagai CFD (Computational Dynamics Fluid), adalah cabang dari mekanika fluida yang menggunakan metode numerik dan algoritma untuk memecahkan dan menganalisis masalah yang melibatkan dari aliran fluida tersebut. Pada analisis ini komputer digunakan untuk melakukan perhitungan yang diperlukan untuk mensimulasikan interaksi cairan dan gas dengan permukaan yang didefinisikan oleh kondisi batas, dengan kecepatan tinggi superkomputer, agar hasil analisis yang lebih baik dapat dicapai. Diberbagai penelitian yang sedang berlangsung, banyak menghasilkan perangkat lunak yang meningkatkan akurasi dan kecepatan skenario simulasi yang kompleks seperti mengalir transonik atau turbulen. Validasi awal dari perangkat lunak tersebut dilakukan menggunakan terowongan angin dengan validasi akhir datang dalam tes penerbangan.

Dasar fundamental dari hampir semua masalah CFD adalah persamaan Navier-Stokes, yang mendefinisikan aliran fluida satu fasa. Persamaan ini dapat disederhanakan dengan menghapus istilah yang menggambarkan viskositas untuk menghasilkan persamaan Euler. Penyederhanaan lebih lanjut, dengan menghapus istilah yang menggambarkan vortisitas menghasilkan persamaan potensi penuh. Akhirnya, persamaan ini dapat linierisasi untuk menghasilkan persamaan potensiallinierisasi.

## 2.9 Pelayaran Sungai dan Danau di Indonesia

Sungai Mahakam merupakan sungai terbesar yang membelah provinsi Kalimantan Timur. Sungai ini ikut menopang kehidupan penduduk di desa-desa kecil yang ada di hulu, hilir, dan sepanjang anak sungainya. Di bagian hulu, aliran sungai ini melintasi wilayah Kabupaten Kutai Barat, dan Kabupaten Kutai Kartanegara dan Kota Samarinda di bagian hilirnya.

Tabel 3. Jumlah Sungai dan Danau di Beberapa Provinsi di Indonesia

No.	Propinsi	Sungai			Danau	
		Jumlah	Panjang, km	Navigable	Jumlah	Luas, km <sup>2</sup>
1	NAD	10	1.749	660	1	490
2	Sumatera Utara	20	1.976	1.269	1	1.250
3	Sumatera Barat				4	391
4	Riau	21	2.747	2.082		
5	Jambi	19	3.858	2.578	1	50
6	Sumatera Selatan	35	4.856	3.771	1	122
7	Lampung	8	695	530		
8	Jawa Barat	1	122	22	3	205
9	Jawa Tengah				1	600
10	Jawa Timur	1	500	39		
11	Bali				2	190
12	Kalimantan barat	11	1.227	760		
13	Kalimantan Selatan	15	1737	1.223	1	40
14	Kalimantan Timur	17	4.089	2.786	3	390
15	Kalimantan Tengah	21	3.108	2.885		
16	Sulawesi Selatan	9	548	222	4	120
17	Sulawesi Tengah				1	34
18	Sulawesi Tenggara	2	175	87		
19	Sulawesi Utara				2	33
20	Papua	24	7.340	4.940	3	372
	Jumlah	214	34.342	23.255	23	3.737

Sumber: Farhan, 2015

## 2.10 Jumlah Kecelakaan Kapal di Sumatera Selatan

Berdasarkan penelitian Susilo (2014), dari hasil kunjungan ke Dinas Perhubungan provinsi Sumatera Utara, Sumatera Selatan, Kalimantan Selatan, dan Bali, hanya Dinas Perhubungan Provinsi Sumatera Selatan yang memiliki data informasi kecelakaan angkutan sungai dan danau.

Berdasarkan informasi yang diperoleh dari Dinas Perhubungan Provinsi Sumatera Selatan, telah cukup banyak terjadi kecelakaan angkutan sungai dan danau di provinsi Sumatera Selatan seperti terlihat pada Tabel 3.

Tabel 4. Data Kapal Tenggelam di Sumatera Selatan

<b>Tahun</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>
<b>Jumlah Kecelakaan</b>	2.026	2.218	2.494	3.111	2.806
<b>Luka Berat</b>	1.312	1.470	1.536	1.676	1.716
<b>Luka Ringan</b>	1.363	1.725	2.146	2.481	2.111
<b>Kerugian Materiil (Juta Rupiah)</b>	12.197	10.368	14.821	34.419	16.440

Sumber: Susilo, 2014

## 2.11 Paper Position

*Paper position* merupakan sebuah esai, jurnal, karya ilmiah, ataupun laporan penelitian yang digunakan sebagai referensi dalam membuat ataupun mengembangkan suatu penelitian yang akan dilakukan. *Paper position* berfungsi untuk mengetahui sejauh mana penelitian tersebut telah dilakukan hingga sekarang. Pada *paper position* ini dibahas mengenai penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan kapal bantu penyelamat (*small salvage vessel*), yang dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 5. *Paper Position*

No.	Tanggal	Penulis	Judul	Metode	Hasil	Deskripsi	Kelemahan
1.	-	Khairul Akbar, Ir. Agoes Santoso, M.Sc., M.phil., Edi Jadmiko, S.T., M.T.	Perancangan External Fire Fighting Pada Kapal UV ( <i>Utility Vessel</i> ) 48 M	Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode perhitungan. Penelitian ini dilakukan skala laboratorium.	Dengan sistem yang dirancang pada kapal UV 48 ini didapatkan head sebesar 170 m dan kapasitas 1200 m <sup>3</sup> /h. Sehingga menggunakan pompa sentrigugal dengan type SSCXB300-250B. Menurut karakteristik dari pompa yang diinginkan bahwa pompa tersebut dapat di machingan dengan engine yang memiliki daya 600-732 kW dengan rpm 1800 dan torsi sebesar 3884 (Nm).	Pada umumnya sistem pemadam kebakaran External Fire Figthing dikapal dicouple dengan main engine yang ada dikapal. Tetapi sesuai dengan berkembangnya kemajuan teknologi didunia maritim khususnya didunia perkapalan, sistem pemadam kebakaran external fire fighting telah menggunakan engine tersendiri, yang biasa disebut dengan independent drive, independent drive digunakan untuk lebih mengarah pada segi keselamatan. Karena jika external fire fighting menggunakan main engine,	Pada penelitian ini tidak dilakukan aplikasi secara langsung agar dapat diketahui apakah hasil yang didapat sesuai dengan perhitungan.

kemudian jika main engine itu rusak maka external fire fighting tersebut tidak bisa digunakan. Sehingga pada saat ini, external fire fighting menggunakan independent drive atau dengan memiliki penggerak sendiri.

No.	Date	Author(s)	Title	Methods	Result	Description	Weakness
2	16 - Agustus - 2018	Ilias Zilakos, Elias Chatzidouros & Nicholas Tsouvalis	<i>An innovative ship salvage concept and its effect on the hull structural response</i>	Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode Deskriptif. Penelitian ini dilakukan pada skala laboratorium dan dilakukan pula penelitian di galangan kapal.	Aliran udara pada saat pengisian pelampung harus diatur agar daya apung yang dihasilkan sesuai dengan yang dibutuhkan dalam proses pengangkatan bangkai kapal.	Pelampung kapal digunakan sebagai daya apung cadangan untuk kapal rusak agar mencegah terbaliknya kapal dan/atau tenggelamnya kapal, sebagai bagian dari kegiatan <i>salvage</i> .	Pada penelitian ini tidak dianalisa mengenai desain dari pelampung kapal yang berbentuk bola seperti balon gas.

No.	Date	Author(s)	Title	Methods	Result	Description	Weakness
3	Oktober 2016	Harini Rahardjo	Perencanaan <i>External Fire Fighting</i> untuk Kapal Pemadam Kebakaran	Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode perhitungan perencanaan <i>external fire fighting</i> .	Pompa pemadam yang akan dipasang pada kapal pemadam kebakaran	Dasar dari penulisan tugas akhir ini adalah merancang sistem pemadam kebakaran ( <i>External Fire Fighting</i> ) untuk kapal pemadam	Untuk mendapatkan sistem pemadaman kebakaran yang memiliki kemampuan/unjuk kerja

---

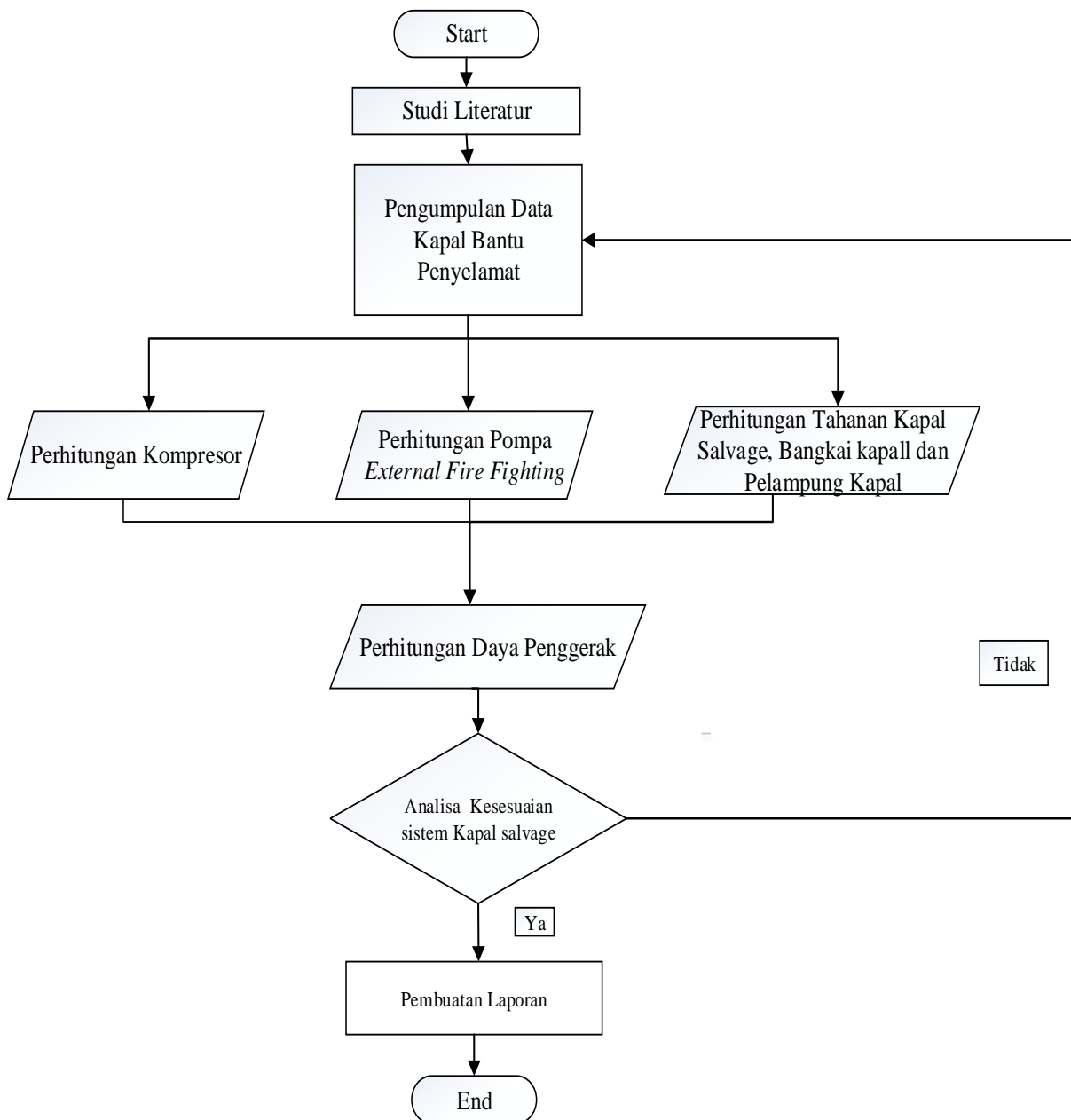
<p>sebagai <i>External Fire Fighting</i> dengan kapasitas 1200 m<sup>3</sup>/h dan jarak jangkauan penyemprotan horizontal 150 m. Jenis pompa yang digunakan adalah pompa sentrifugal 253 rpm. Mesin penggerak menggunakan Mesin Diesel dengan daya keluaran sebesar 474.5 kW atau 500 kW.</p>	<p>kebakaran. Perlunya kapal pemadam kebakaran, karena meskipun kapal sudah dilengkapi dengan sistem pemadam kebakaran, akan tetapi kalau api sudah terlanjur membesar, maka sistem pemadam kebakaran internal tidak mampu lagi untuk memadamkan. Kondisi penyemprotan yang direncanakan adalah Kapasitas air yang disemprotkan sebesar 1200 m<sup>3</sup>/h dengan jarak jangkauan semprot mendatar (<i>throw range</i>) 150 m.</p>	<p>yang maksimal dan usia pakai/<i>life time</i> yang panjang. Spesifikasi peralatan setidaknya 15% lebih tinggi dari hasil perencanaan. Hal tersebut bertujuan agar kapasitas dan jangkauan penyemprotan lebih terjamin. Pada pengembangan selanjutnya pada pipa sisi tekan dilengkapi dengan pressure gauge, hal tersebut untuk mengetahui dengan pasti head tekan pada pompa pemadam.</p>
--	--	--

---

### BAB III

## METODE PENELITIAN

Metode penelitian pada dasarnya merupakan cara ilmiah untuk mendapatkan data dengan tujuan dan kegunaan tertentu. Untuk mencapai tujuan tersebut diperlukan suatu metode yang relevan dengan tujuan yang ingin dicapai. Metode penelitian ini merupakan langkah-langkah yang dilakukan untuk tercapainya tujuan penelitian yang dikehendaki yakni mendesain sistem kapal bantu penyelamat (*salvage vessel*) di sungai dan danau di Indonesia.





a. Studi Literatur

Pada tahapan ini dilakukan studi literatur terhadap berbagai referensi terkait dengan topik penelitian yaitu tentang kapal bantu penyelamat (*Salvage Vessel*) untuk pelabuhan rakyat di Indonesia. Studi literatur ini dimaksudkan untuk mencari konsep dan metode yang tepat untuk menyelesaikan masalah pada penelitian ini dan untuk mewujudkan tujuan penelitian. Studi pustaka ini termasuk mencari referensi atas teori-teori terkait atau hasil penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya. Studi literatur dapat diperoleh dari beberapa sumber, seperti buku, jurnal, paper dan *website* ilmiah. Studi literatur digunakan untuk mengetahui jenis tugboat yang digunakan untuk kegiatan salvage, serta jenis kapal yang sering terjadi kecelakaan pada pelabuhan rakyat.

b. Pengumpulan Data

Pada tahapan ini meninjau data mengenai kapal bantu penyelamat, data kapal yang tenggelam maupun kapal yang terbakar di sungai Indonesia, data mengenai pelampung kapal (*Marine Airbag*) dan kompresor yang dibutuhkan, serta data pompa yang dibutuhkan untuk pemadam kebakaran agar terciptanya kegiatan *salvage* di perariran sungai Indonesia. Pengumpulan data dapat berupa penentuan dari data utama kapal salvage agar dapat dioperasikan di sungai dan danau Indonesia.

c. Perhitungan

Pada tahapan ini dilakukan perhitungan head & kapasitas *external fire pump* yang dibutuhkan perhitungan tekanan & kapasitas kompresor yang dibutuhkan untuk mengisiri udara bertekanan pada pelampung, dan perhitungan power engine yang dibutuhkan menarik bangkai kapal berdasarkan pada hambatan yang terjadi pada bangkai kapal maupun pada pelampung kapal.

d. Analisa Sistem *Salvage Vessel*

Pada tahapan ini analisa sistem sebuah kapal bantu penyelamat berdasarkan data yang telah didapat. Analisa kapal bantu penyelamat tersebut dibuat agar dapat digunakan pada tiga jenis operasi *salvage* yaitu operasi pemadaman kebakaran, operasi penarik kapal, dan operasi pengangkatan bangkai kapal. Analisa dilakukan untuk mengetahui kesesuaian sistem dari salvage vessel dengan perhitungan yang dilakukan.

e. Pembuatan Laporan

Pada tahapan ini dilakukan pembuatan laporan mengenai perencanaan sistem permesinan *salvage vessel* sebagai tahap akhir yang dilakukan setelah dilakukannya tahapan pengumpulan data, perhitungan, serta tahapan analisa.

## Rancangan Rencana Kegiatan

Pada penelitian ini, penulis telah membuat rancangan rencana kegiatan yang bertujuan agar penelitian dapat berjalan sesuai dengan waktu yang ditentukan oleh penulis. Rencana kegiatan ini pula dibuat untuk mencegah terjadinya keterlambatan agenda pengerjaan pada penelitian ini. Berikut urutan rencana kegiatan untuk pengerjaan perencanaan kapal bantu penyelamat (*Small Salvage Vessel*) dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6 Rencana Kegiatan

No.	Kegiatan	Bulan																			
		Agustus				September				Oktober				Nopember				Desember			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1.	Studi Literatur																				
2.	Pengumpulan Data																				
2.	Perhitungan Data																				
3.	Analisa Sistem Kapal <i>Salvage</i>																				
4.	<i>Penyusunan Laporan</i>																				

## BAB IV

### PERHITUNGAN DAN ANALISA

#### 4.1 Pemilihan Sungai dan Danau

Sungai yang dijadikan sebagai objek penelitian dalam penulisan tugas akhir ini adalah sungai Mahakam, sungai Mahakam merupakan terbesar di Kalimantan yang banyak dilalui oleh transportasi laut, di sepanjang tepi sungai Mahakam terdapat beberapa pelabuhan rakyat sehingga perlu adanya kapal *salvage* untuk mencegah kecelakaan kapal. Sungai Mahakam memiliki kedalaman antara 10 – 58 meter, dengan panjang sungai mencapai 920 km dan lebar sungai sebesar 400 m. Pelabuhan rakyat di sungai Mahakam terdapat 5 buah yang masih aktif beroperasi yaitu: pelabuhan rakyat Mahakam hilir atau sering disebut pelabuhan rakyat pasar pagi yang digunakan untuk tambat kapal ketinting, pelabuhan rakyat Mahakam hulu yang sering disebut pelabuhan rakyat sungai Kunjang yang digunakan untuk kapal angkutan sungai atau bus air menuju ( Samarinda -Melak yang berjarak 325 km, Samarinda- Long Bagun yang berjarak 523 km, Samarinda long Iram yang berjarak 409 km dan Samarinda – Damai yang berjarak 269 km), pelabuhan rakyat Harapan Baru, pelabuhan rakyat Samarinda Seberang dan pelabuhan rakyat Loa Janan.

Tabel 7 Lima Pelabuhan rakyat di Sungai Mahakam

No	Nama Dermaga	Tahun Pembuatan	Panjang	Lebar	Luas	Konstruksi
1	Mahakam Hilir (Pasar Pagi)	1996	160,5	8	4,494	Besi/kayu
2	Mahakam Hulu (Sungai Kunjang)	1987	399,3	22	8,875	Besi/kayu
3	Harapan Baru	1976/1997	227	12,3	709	kayu
4	Samarinda Seberang	1976/1995	50,75	7,1	178,3	kayu
5	Loa Janan	1995	23	3,7	168	Kayu

Sumber: Sunarto, 2019

Danau yang dijadikan objek penelitian dalam penulisan tugas akhir ini adalah danau toba. Danau ini memiliki panjang sebesar 100 kilometer, lebar danau mencapai 30 kilometer, dan kedalaman hingga 505 meter, terletak di Provinsi Sumatera Utara, Indonesia. Danau Toba merupakan danau terbesar di Indonesia dan Asia Tenggara. Di danau toba terdapat beberapa kecelakaan kapal, yang salah satunya terjadi pada tanggal 18 Juni 2018 terjadi peristiwa tenggelamnya kapal KM Sinar Bangun di Danau Toba tersebut.

## 4.2 Kapal Pemanding

Pada penentuan data utama untuk kapal salvage, perlu dilakukan pengumpulan data mengenai kapal pemanding berupa kapal tugboat. Kapal pemanding yang dijadikan objek penelitian adalah kapal tugboat TB. RIMAU1617 dengan data utama kapal yang disebutkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Data Utama TB RIMAU1617

Vessel Type	: Tugboat
Classification	: Biro Klasifikasi Indonesia (BKI)
Length	: 26 m
Breadth	: 8 m
Depth	: 3.65 m
Draft Design	: 3 m
Accomodation	: 10 Crew
Design Speed	: 10 Knot

Sumber: Mahmuddin, F., 2018

Berdasarkan data kapal pemanding tersebut dan *sample design* kapal tugboat dari *software maxsurf* maka didapatkan data utama kapal *salvage* yang digunakan sebagai objek penelitian yaitu panjang kapal sebesar 26,95 m, lebar kapal sebesar 10 m, tinggi kapal sebesar 4,8 m, dan sarat kapal yaitu 3,7 m. Sehingga data utama untuk kapal salvage dapat disebutkan pada Tabel 9.





Tabel 9 Data Utama Kapal Salvage

<b>Salvage Vessel Type</b>	<b>Tugboat</b>
<b>Length</b>	26,95 m
<b>Breadth</b>	10 m
<b>Depth</b>	4,8 m
<b>Drafft</b>	3,7 m
<b>Design Speed</b>	12 knot

## 4.3 Peralatan Kapal Salvage

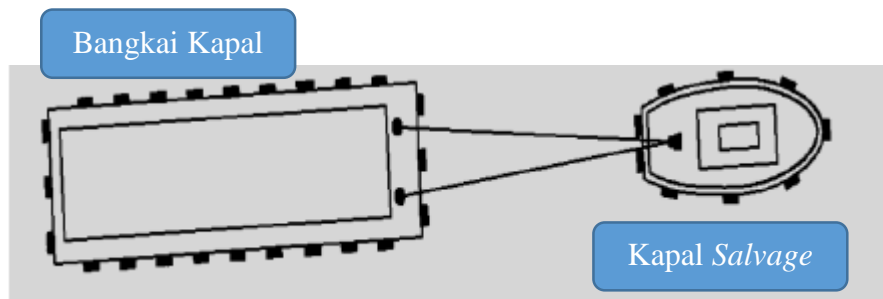
Kapal bantu penyelamat yang memiliki 3 operasi yaitu operasi pemadaman kebakaran, operasi penarik kapal, dan operasi pengangkatan bangkai kapal, memiliki beberapa peralatan yang dapat dibutuhkan untuk kegiatan salvage. Peralatan yang dibutuhkan dijelaskan pada Tabel 10.

Tabel 10 Peralatan Kapal Salvage

No.	Operasi Kapal Salvage	Peralatan	Gambar
1.	Pemadam Kebakaran	Pompa Sentrifugal	
2.	Penarik Kapal	Mesin Kapal Salvage	
3.	Pengangkatan Bangkai Kapal	Kompresor & Pelampung Kapal	 

#### 4.4 Muatan Kapal Salvage

Kapal *Salvage* dirancang khusus untuk penyelamatan saat dilakukan towing. Selain itu, Tugboat ini juga digunakan untuk membantu pekerjaan non darurat seperti menarik bangunan lepas pantai. Tugboat ini memiliki tenaga yang paling besar dibandingkan dengan Tugboat yang lain. Pada umumnya kapal yang bersandar di sekitar pelabuhan rakyat merupakan kapal-kapal kecil dengan ukuran sekitar 30 GT. Oleh karena itu, perencanaan kapal salvage didasarkan pada ukuran kapal maksimum 30 GT atau panjang kapal sekitar 20 – 25 m. Pada Gambar 6 ditunjukkan ilustrasi penarikan bangkai kapal oleh kapal *salvage*.



Gambar 6. Ilustrasi Penarikan Bangkai Kapal

Sumber: Mahmuddin, F., 2018

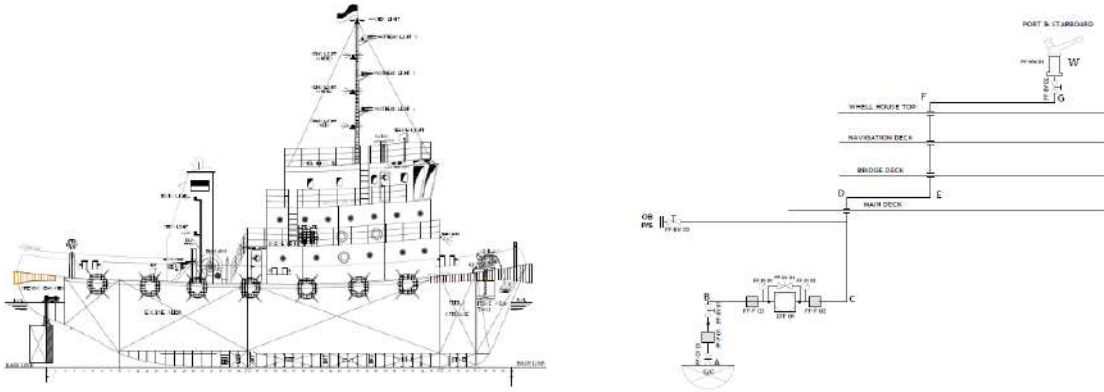
#### 4.5 Perhitungan Pompa Pemadam Kebakaran

Pompa *external fire fighting* dirancang untuk kapasitas semburan air sebesar 600 m<sup>3</sup>/h yang mengacu pada *External Fire Fighter Kelas DNV GL*, dengan jarak semprot horizontal (*trow range*) sejauh 85 m, dan jarak semprot vertikal sejauh 45 m.

Tabel 9. *External Fire Fighter Kelas DNV GL*

Class	None Class	FiFi 1/2		FiFi I	FiFi II			FiFi III	
No. Monitors	2	1	2	2	2	3	4	3	4
Monitor Capacity(m3/h)	600	1200	600	1200	3600	2400	1800	3200	2400/2500
No. Pumps	1-2	1-2		1-2	2	2-4		2	2-4
Total Pump Capacity(m3/h)	600	1200		2400	7200	7200		9600	9600/10000
Throw Length(m)	85	120		120	180	150		180	150
Throw Height (m)	45	45		45	110m@70m	70		110m@70m	70

Sumber: Lange Marine Industri



Gambar 7. Sistem Pemadam Kebakaran



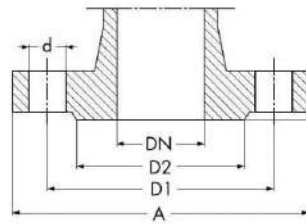
Gambar 8. *Fire Monitor*  
Sumber: Nedved Jiang, 2007

Tabel 10. Spesifikasi *Fire Monitor*

Certificate	CCS Certificate
Type	Electric Remote Control Jet/Frog Adjustable Nozzle
Rated Capacity	600 m <sup>3</sup> /h
Fluid	Sea Water/water
Range	≥105 m
Inlet Pressure	1,1 MPa
Inlet Flange	DN150 PN16
Operation	Electric Motor Driven, or Hydraulic
Rotation	+175°/ -175°
Elevation	-15°/ +75°
Protection Class	IP56
Materials	Body : Stainless Steel Pipe : Stainless Steel
Worm Wheel	Copper Alloy
Seal	NBR

Sumber: Nedved Jiang, 2007

Berdasarkan spesifikasi *fire fighter* monitor dengan inlet flange DN150 maka didapatkan nilai diameter pipa dalam yang dibutuhkan adalah 150 mm.



- A = flens ø
- D<sub>2</sub> = prent ø
- D<sub>1</sub> = steekcirkel ø
- n = aantal boutgaten
- d = boutgat ø

Untuk mencari kecepatan aliran, digunakan persamaan berikut.

$$Q = A \times v$$

maka:

$$Q = \left( \frac{\pi \times D_b^2}{4} \right) \times v$$

$$v = Q : \left( \frac{\pi \times D_b^2}{4} \right)$$

$$Q = 600 \text{ m}^3/\text{h} = 0,167 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$A = \frac{3,14 \times (0,15\text{m})^2}{4} = 0,018 \text{ m}^2$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,167 \text{ m}^3/\text{s}}{0,018\text{m}^2} = \mathbf{9,26 \text{ m/s}}$$

Tabel 11. Carbon Steel JIS G3452

Nominal Pipe Size		Outside Diameter (mm)	Wall Thickness (mm)																	
DN	NPS		Stainless Steel				Carbon Steel													
			Sch 5S	Sch 10S	Sch 40S	Sch 80S	Sch 10	Sch 20	Sch 30	Sch 40	STD	Sch 60	Sch 80	XS	Sch 100	Sch 120	Sch 140	Sch 160	XXS	
6	¼	10.3		1.24	1.73	2.41	1.24		1.45	1.73	1.73		2.41	2.41						
8	¾	13.7		1.65	2.24	3.02	1.65		1.85	2.24	2.24		3.02	3.02						
10	¾	17.1		1.65	2.31	3.20	1.65		1.85	2.31	2.31		3.20	3.20						
15	½	21.3	1.65	2.11	2.77	3.73	2.11		2.41	2.77	2.77		3.73	3.73				4.78	7.47	
20	¾	26.7	1.65	2.11	2.87	3.91	2.11		2.41	2.87	2.87		3.91	3.91				5.56	7.82	
25	1	33.4	1.65	2.77	3.38	4.55	2.77		2.90	3.38	3.38		4.55	4.55				6.35	9.09	
32	1¼	42.2	1.65	2.77	3.56	4.85	2.77		2.97	3.56	3.56		4.85	4.85				6.35	9.70	
40	1½	48.3	1.65	2.77	3.68	5.08	2.77		3.18	3.68	3.68		5.08	5.08				7.14	10.15	
50	2	60.3	1.65	2.77	3.91	5.54	2.77		3.18	3.91	3.91		5.54	5.54				8.74	11.07	
65	2½	73.0	2.11	3.05	5.16	7.01	3.05		4.78	5.16	5.16		7.01	7.01				9.53	14.02	
80	3	88.9	2.11	3.05	5.49	7.62	3.05		4.78	5.49	5.49		7.62	7.62				11.13	15.24	
90	3½	101.6	2.11	3.05	5.74	8.08	3.05		4.78	5.74	5.74		8.08	8.08						
100	4	114.3	2.11	3.05	6.02	8.56	3.05		4.78	6.02	6.02		8.56	8.56		11.13		13.49	17.12	
125	5	141.3	2.77	3.40	6.55	9.53	3.40			6.55	6.55		9.53	9.53			12.70		15.88	19.05
150	6	168.3	2.77	3.40	7.11	10.97	3.40			7.11	7.11		10.97	10.97			14.27		18.26	21.95
200	8	219.1	2.77	3.76	8.18	12.70	3.76	6.35	7.04	8.18	8.18	10.31	12.70	12.70	15.09	18.26	20.62	23.01	22.23	
250	10	273.1	3.40	4.19	9.27	12.70	4.19	6.35	7.80	9.27	9.27	12.70	15.09	12.70	18.26	21.44	25.40	28.58	25.40	
300	12	323.9	3.96	4.57	9.53	12.70	4.57	6.35	8.38	10.31	9.53	14.27	17.48	12.70	21.44	25.40	28.58	33.32	25.40	
350	14	355.6	3.96	4.78	9.53	12.70	6.35	7.92	9.53	11.13	9.53	15.09	19.05	12.70	23.83	27.79	31.75	35.71		
400	16	406.4	4.19	4.78	9.53	12.70	6.35	7.92	9.53	12.70	9.53	16.66	21.44	12.70	26.19	30.96	36.53	40.49		
450	18	457	4.19	4.78	9.53	12.70	6.35	7.92	11.13	14.27	9.53	19.05	23.83	12.70	29.36	34.93	39.67	45.24		
500	20	508	4.78	5.54	9.53	12.70	6.35	9.53	12.70	15.09	9.53	20.62	26.19	12.70	32.54	38.10	44.45	50.01		
550	22	559	4.78	5.54			6.35	9.53	12.70		9.53	22.23	28.58	12.70	34.93	41.28	47.63	53.98		
600	24	610	5.54	6.35	9.53	12.70	6.35	9.53	14.27	17.48	9.53	24.61	30.96	12.70	38.89	46.02	52.37	59.54		
650	26	660					7.92	12.70			9.53			12.70						
700	28	711					7.92	12.70	15.88		9.53			12.70						
750	30	762	6.35	7.92			7.92	12.70	15.88		9.53			12.70						

Sumber: Atlas Steels, 2012



Ketebalan = 3,4 mm (Menggunakan bahan SS schedule 10S)

Inside diameter = 150 mm

Outside diameter = 168,3 mm

Kapasitas aliran (Q) = 600 m<sup>3</sup>/h atau 0,167 m<sup>3</sup>/s

Kecepatan aliran (v) = 9,26 m/s

Besarnya head total yang dapat diatasi oleh pompa *external fire fighting* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$H = h_a + \Delta h_p + h_l + \frac{V_d^2}{2g}$$

- Head Statis Pompa ( $h_a$ )

Besarnya head statis atau tinggi hisap statis adalah sebagai berikut:

Tinggi hisap ( $h_s$ ) : - 0,65 m

Tinggi tekan ( $h_d$ ) : A + C + E = 4,8 + 6,05 + 0,65 = 11,5 m

Sehingga head statis pompa :  $h_a = (h_s + h_d) = (-0,65) + 11,5 = 10,85 \text{ m}$

- Head Tekanan ( $\Delta h_p$ )

Tekanan udara dari suatu ketinggian yang dijadikan objek adalah tekanan yang diukur dari ketinggian permukaan air sungai:

$$\Delta h_p = \frac{P_{\text{discharge}} - P_{\text{suction}}}{\rho g}$$

$$\Delta h_p = (1 \text{ atm} - 1 \text{ atm}) / (1000 \text{ kg/m}^3)(9,8 \text{ m/s}^2)$$

$$\Delta h_p = 0$$

- Head Kerugian (*head losses*)

- a. Kerugian head akibat gesekan

$$h_f = \lambda \left( \frac{L}{d} \right) \left( \frac{V^2}{2g} \right)$$

Keterangan:

$\lambda$  : koefisien gesekan

L : panjang pipa = 22,5 m

d : diameter dalam pipa = 0,15 m

g : percepatan gravitasi = 10 (m/s<sup>2</sup>)

V : kecepatan aliran = 9,26 m/s

Bilangan Reynold:

$$R_e = \frac{V \cdot D}{\nu}$$

Keterangan:

$$V = 9,26 \text{ m/s}$$

$$D = 0,15 \text{ m}$$

$$\nu = 1,004 \times 10^{-6} \text{ (m}^2\text{/s)}$$

Maka nilai bilangan Reynold sebesar:

$$R_e = \frac{9,26 \times 0,15}{1,004 \times 10^{-6}} = 1383466,13$$

$Re > 5000$ , maka aliran bersifat turbulen, sehingga nilai koefisien gesekan untuk aliran turbulen adalah:

$$\lambda = 0,020 + (0,0005 / d)$$

Keterangan:

$$d = 0,150 \text{ m}$$

$$\text{Maka: } \lambda = 0,02 + \frac{(0,0005)}{0,150} = 0,023$$

Sehingga besar kerugian head akibat gesekan sebesar:

$$h_f = 0,023 \left( \frac{22,5}{0,150} \right) \left( \frac{9,26^2}{2 \times 10} \right) = 14,8 \text{ m}$$

b. Kerugian head akibat adanya fitting di suction

Jenis *valve* : Butterfly Valve & Strainer

Jumlah : 1 buah & 2 buah

$$f \text{ (Koefisien kerugian) : } (1 \times 0,6) + (2 \times 1,5) = 3,6$$

Kerugian akibat adanya *valve*:

$$h_{f_1} = f \frac{V^2}{2g}$$

Keterangan:

$$f : \text{ koefisien kerugian} = 3,6$$

$$V : \text{ kecepatan aliran} = 9,26 \text{ m/s}$$

$$g : \text{ percepatan gravitasi} = 10 \text{ (m/s}^2\text{)}$$

$$\text{Maka: } h_{f_1} = \left( 3,6 \times \frac{9,26^2}{2 \times 10} \right) = 15,4 \text{ m}$$

c. Kerugian akibat adanya fitting di discharge

Jenis katup : Valve NR, Butterfly, T joint

Jumlah : 1 buah, 2 buah, 1 buah

$f$  (Koefisien kerugian) :  $(1 \times 2) + (2 \times 0,6) + (1 \times 1,8) = 5$

Kerugian akibat adanya *elbow*:

$$h_{f_2} = f \frac{V^2}{2g}$$

Keterangan:

$$\text{Maka, } h_{f_2} = \left( 5 \times \frac{9,26^2}{2 \times 10} \right) = 21,4 \text{ m}$$

Total kerugian ( $h_l$ ) = kerugian gesekan + kerugian adanya *fitting*

$$h_l = h_f + (h_{f_1} + h_{f_2})$$

$$h_l = 14,8 + (15,4 + 21,4) = 51,6 \text{ m}$$

- Head Kecepatan Keluaran Ujung Pipa Tekan

$$\text{Head kecepatan pipa keluaran} = \frac{V_d^2}{2g}$$

Keterangan:

$V_d$  = Kecepatan pada ujung pipa keluar = 9,26 m/s

$g$  = Kecepatan gravitasi = 10 m/s<sup>2</sup>

$$\text{Maka head kecepatan pipa keluaran} = \frac{9,26^2}{2 \times 10} = 4,29 \text{ m}$$

Setelah menghitung seluruh nilai head yang dibutuhkan maka dapat diketahui head

total instalasi pompa dengan persamaan sebagai berikut:

$$H = h_a + \Delta h_p + h_l + \frac{V_d^2}{2g}$$

Keterangan:

Head statis ( $h_a$ ) = 10,85 m

Head tekanan ( $\Delta h_p$ ) = 0 m

Head kerugian ( $h_l$ ) = 51,6 m

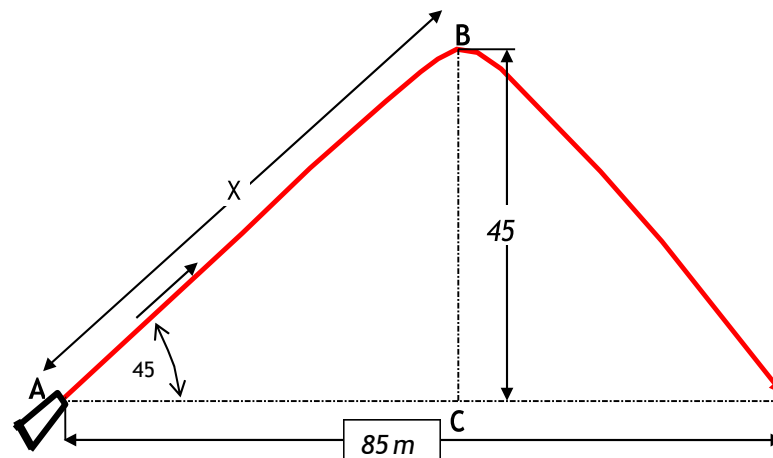
Head kecepatan keluar = 4,29 m

Maka head instalasi pompa :

$$H = 10,85 + 0 + 51,60 + 4,29 = 66,74 \text{ m}$$

Berdasarkan kelas DNV GL *fire fighting* 1 pompa pemadam kebakaran (*external fire fighting*) pada kapal *salvage*, head pompa bukan hanya dari posisi saluran hisap sampai pada posisi saluran buang. Akan tetapi harus mampu untuk menyembrotkan air sampai pada posisi kapal yang terbakar. Oleh karena itu, head total pompa pemadam kebakaran adalah head instalasi pompa ditambah dengan jarak antara *fire monitor* (alat penyemprot air) sampai pada titik api berada, jarak tersebut sebesar 85 m.

Jarak jatuh terjauh dari penyemprotan adalah pada sudut penyemprotan  $45^\circ$ . Pada segitiga ABC, dengan sudut siku-siku di BCA. Apabila salah satu sudutnya  $45^\circ$ , maka sudut yang lainnya juga  $45^\circ$  (jumlah sudut dalam segitiga adalah  $180^\circ$ ), atau bentuk segitiganya adalah segitiga sama kaki.



Gambar 8 Jarak Jangkauan Penyemprotan Horizontal

Berdasarkan Gambar 9, maka jarak dari *fire monitor* dengan titik api berada sebesar:

$$h = BC = 45 \text{ m}$$

Sehingga nilai dari head total pompa sebesar:

$$H_{Total} = H + h = 66,74 + 45 = \mathbf{111,74 \text{ m}}$$

- Kecepatan Spesifik

Besarnya kecepatan spesifik dapat diperoleh dari persamaan:

$$\eta_s = n \frac{Q^{1/2}}{H^{3/4}}$$

Keterangan:

$\eta_s$ : Kecepatan spesifik, rpm

Q: Kapasitas =  $10 \text{ m}^3/\text{min}$

H: Head total pompa = 111,74 m

$\eta$ : Putaran poros = 1800 rpm

Maka kecepatan spesifik sebesar:

$$\eta_s = 1800 \left( \frac{10^{1/2}}{111,74^{3/4}} \right) = 166 \text{ rpm}$$

Pompa yang dibutuhkan untuk pemadam kebakaran memiliki nilai kecepatan spesifik sebesar 166 rpm.

- Daya Air (Pw)

Daya dari air dapat diperoleh dengan persamaan:

$$Pw = 0,163 \times \rho \times Q \times H \text{ (kW)}$$

Keterangan:

Q : 10 m<sup>3</sup>/min

H : 111,74 m

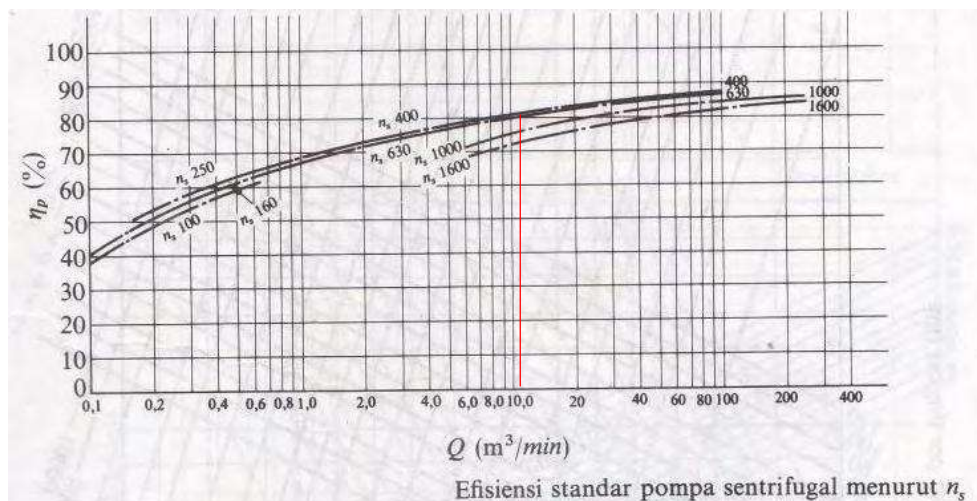
$\rho$  : Massa jenis fluida = 1 kg/liter

Sehingga didapatkan daya air sebesar:

$$Pw = 0,163 \times 1 \times 10 \times 111,74 = 182 \text{ (kW)}$$

- Efisiensi Pompa

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, didapatkan Q = 10 m<sup>3</sup>/min dan  $\eta_s = 166$  maka efisiensi pompa adalah 82%



Gambar 9. Efisiensi Pompa  
Sumber: Sularso, 2004

- Daya Poros

$$P = \frac{P_w}{\eta_p}$$

Keterangan:

$P_w$ : Daya air = 182 kW

$\eta_p$ : Efisiensi Pompa = 82%

Maka Daya besar daya poros:  $P = \frac{182}{82\%} = 222 \text{ kW}$

- Daya Nominal Penggerak Mula ( $P_m$ )

$$P_m = \frac{P(1 + \alpha)}{\eta_t}$$

Keterangan:

$\alpha$  : 0,15 untuk motor bakar

$\eta_t$  : Efisiensi transmisi 0,95

Maka:  $P_m = \frac{222(1 + 0,15)}{0,95} = 269 \text{ kW}$

Jangkauan penyemprotan horizontal dipengaruhi oleh sudut tembak dari nozel. Sehingga jarak jangkauan horizontal sudut kemiringan dari nozel. Jangkauan terjauhnya adalah pada sudut 45°. Sehingga yang dipergunakan sebagai dasar perhitungan adalah titik tertinggi dari penyemprotan untuk menjangkau jarak horizontal adalah 85 m dan jarak jangkauan vertikal 45 m berdasarkan aturan kelas DNV GL. Untuk menjangkau jarak semprot vertikal 45 m, diperlukan pompa dengan head > 111,74 m.

Pump shell	Nodular cast iron/ casting iron						
Impeller	Ni-Al-bronze/bronze						
Shaft	Stainless steel						
Model	Capacity (m <sup>3</sup> /h)	Head (m)	Speed (r/m)	NPSH (m)	Power absorbed (kw)	Rated Power (KW)	Efficiency (%)
350CXB300-565	1500	140	1800	4.5	715	850	79
350CXB300-565(A)	1200	140	1800	3.5	587	700	78
300CXB250-565	1000	140	1800	3	496	600	77
300CXB250-565(A)	800	140	1800	2.5	410	500	75
250CXB200-565	600	140	1800	2.5	314	400	73
200CXB150-565	400	140	1800	2.5	218	275	70
200CXB150-565(A)	300	140	1800	2.5	164	200	70

Sumber: Lange Marine Industri

Dengan kapasitas aliran  $600 \text{ m}^3/\text{min}$ , head total  $111,74 \text{ m}$  dan putaran poros pompa  $1800 \text{ rpm}$ , diperoleh kecepatan spesifik sebesar  $166 \text{ rpm}$ . Sehingga jenis pompa yang sesuai adalah Pompa Sentrifugal, dengan Daya Air sebesar  $182 \text{ kW}$ . Penggerak yang dipergunakan adalah motor bakar besar, yang putarannya direduksi dengan menggunakan roda gigi miring, maka diperlukan mesin dengan Daya Keluaran sebesar  $269 \text{ kW}$ . Maka dipilih pompa yang digunakan untuk *external fire fighting* adalah 250CXB200-565.



Gambar 10. Pompa Sentrifugal 250CXB200-565  
Sumber: Lange Marine Industri

#### 4.6 Perhitungan Kompresor

##### A. Mengetahui Kondisi Operasi Sistem

Tekanan inlet ( $P_1$ ) = 1 atm

Tekanan Outlet ( $P_2$ ) = 2,5 atm (diperoleh dari Data Spesifikasi Pelampung)  
= **36,74 psia**

##### B. Menghitung Kapasitas Kompresor

$Q$  = Volume *Airbag* / waktu yang dibutuhkan untuk mengembangkan *Airbag*

$$V = 31,8 \text{ m}^3 = 31,8 \text{ m}^3 \times 35,31 \text{ ft}^3/\text{m}^3 = 1122,86 \text{ ft}^3$$

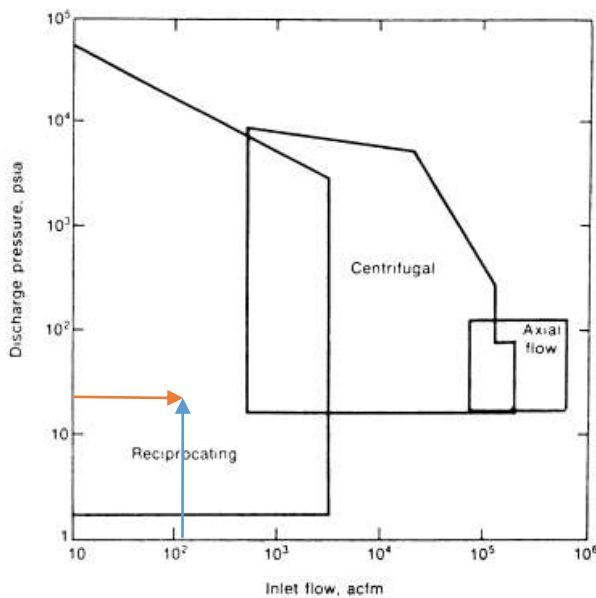
$t$  = 10 menit (waktu yang dibutuhkan galangan kapal untuk mengisi *airbag*)

$$Q = \frac{1122,86 \text{ ft}^3}{10 \text{ menit}} = \mathbf{112,28 \text{ ft}^3/\text{menit}}$$

Memplotkan  $P_2$  (dalam Psia) terhadap Kapasitas (dalam acfm) ke dalam kurva disamping.

36,74 psia vs 112,28  $\text{ft}^3/\text{menit}$ .

Maka setelah diplotkan ke dalam kurva disamping digunakan **Kompresor berjenis Reciprocating/Piston/Torak.**



Gambar 11. Kurva Tekanan Output terhadap Laju Alir Masuk

Sumber: Branan, 2002

##### C. Menghitung Daya yang Dibutuhkan

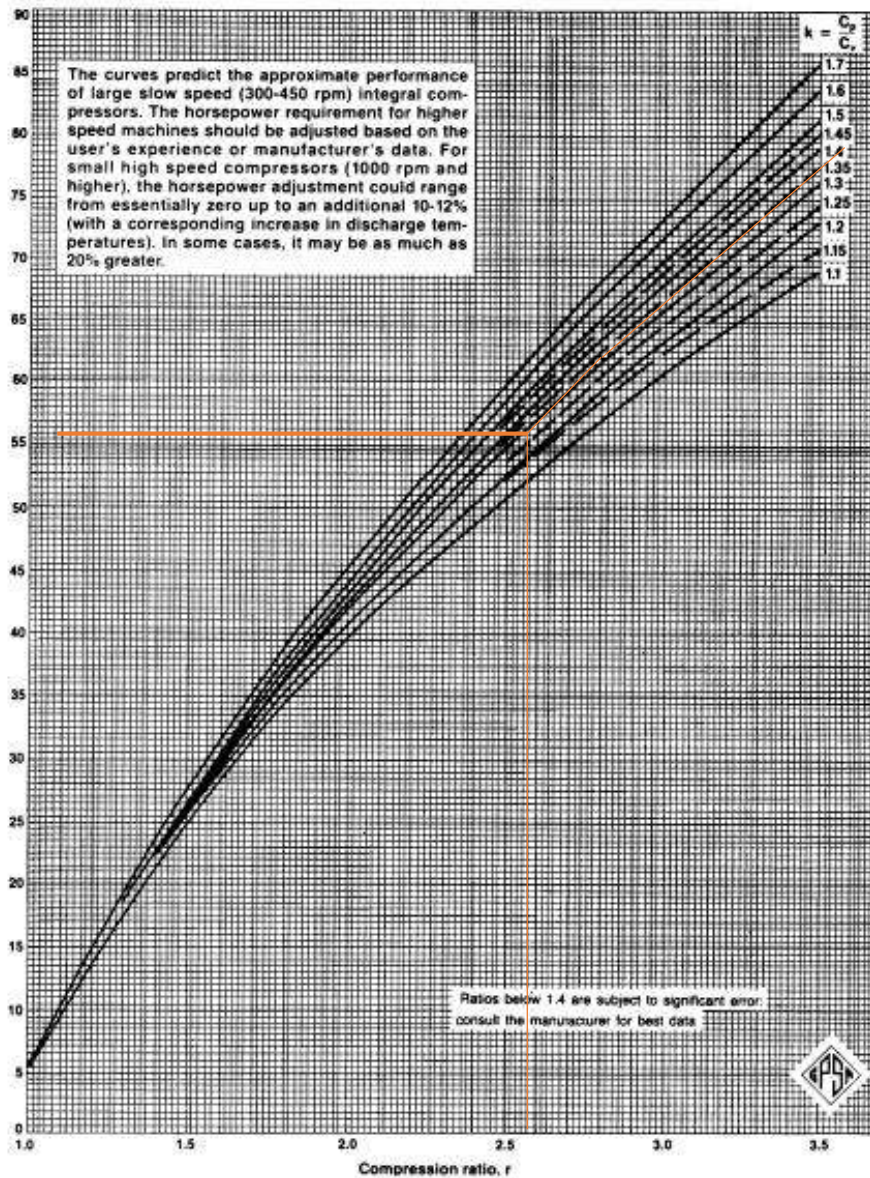
Untuk menghitung daya pada kompresor jenis reciprocating, digunakan grafik Daya terhadap rasio kompresi dengan memplotkan nilai rasio kompresi dengan nilai  $k$ . Nilai  $k$  diperoleh dari perhitungan  $C_p/C_v$ .

$$C_p = 1,005 \text{ kJ/kg K} \quad ; \quad C_v = 0,718 \text{ kJ/kg K}$$

$$k = \frac{1,005 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}}{0,718 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}} = 1,4$$

$$P_2/P_1 = 2,5/1 = 2,5$$





Gambar 12. Kurva Compression Ratio

Sumber: Branan, 2002

Maka diperoleh nilai daya pada sumbu y sebesar 56 HP/mmcuft/hari

$$\text{Daya grafis} = 56 \frac{\text{HP}}{1.000.000 \text{ ft}^3 / 24 \text{ jam}}$$

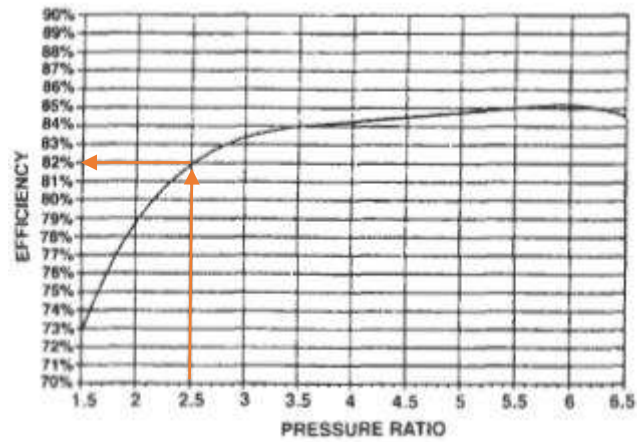
$$\text{Daya grafis} = 56 \frac{0,735 \text{ kW}}{28316,85 \text{ m}^3 / 24 \text{ jam}}$$

$$\text{Daya grafis} = 0,034 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{jam})$$

Untuk menghitung daya aktual, diperlukan data efisiensi dengan metode grafik menggunakan grafik efisiensi kompresor *reciprocating*. Efisiensi kompresor *reciprocating* dapat diketahui dengan memplotkan *pressure ratio* ( $P_2/P_1$ ) dengan efisiensinya.

$$P_2/P_1 = 2,5$$

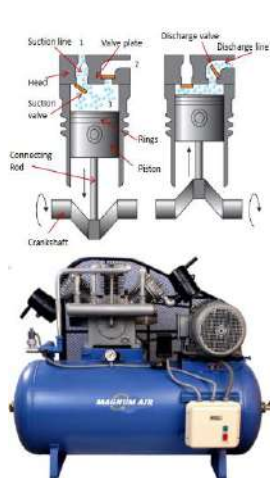
$$Q = 31,8 \text{ m}^3/10 \text{ menit} = 3,18 \text{ m}^3/\text{menit} = \mathbf{190,8 \text{ m}^3/\text{jam}}$$



Gambar 13. Kurva Efisiensi terhadap Pressure Ratio  
Sumber: Branan, 2002

$$\begin{aligned} \text{Daya aktual} &= \frac{\text{Daya grafis} \times Q}{\text{Efisiensi}} \\ &= \frac{0,034 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{jam}) \times 190,8 \text{ m}^3/\text{jam}}{0,82} \\ &= 8 \text{ kW} \\ &= 8 \text{ kJ/s} \\ &= 8 \times 3600 \text{ kJ/jam} \\ &= 28.800 \text{ kJ/jam} \end{aligned}$$

Maka daya yang dibutuhkan untuk menaikkan tekanan dari 1 atm menjadi 2,5 atm dengan menggunakan jenis kompresor *reciprocating* sebesar 8 kW atau setara dengan 28.800 kJ/jam.

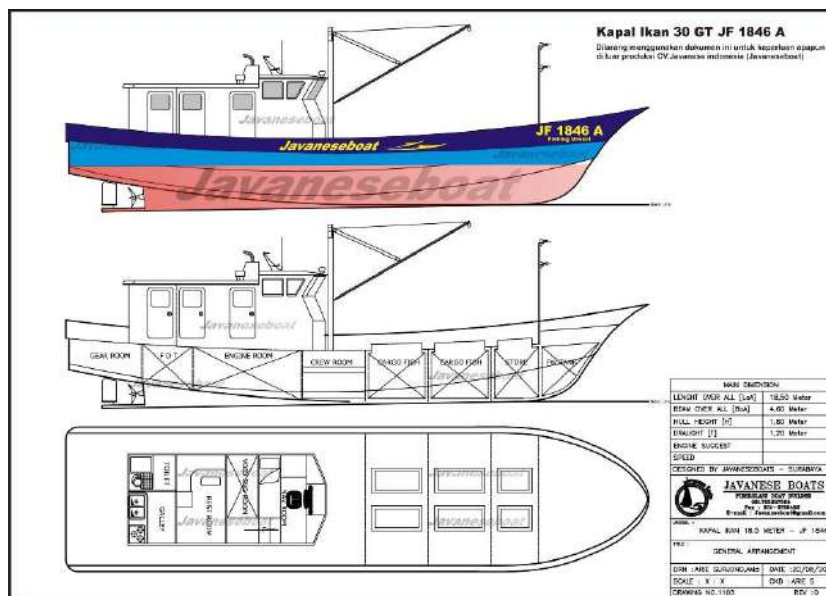


Kompresor ini menggunakan sistem torak yang bergerak di dalam silinder untuk mengkompres udara. Tabung silindernya memiliki 2 buah port, yaitu port inlet (suction) dan port outlet (discharge). Pada saat piston berada di atas atau di dekat port inlet (suction) dan outlet (discharge) di dalam silinder dan bergerak turun maka udara dari port inlet (suction) akan masuk memenuhi silinder. Jumlah kompresor yang digunakan pada kapal salvage berjumlah 2 dengan tujuan untuk mengembangkan semua kebutuhan pelampung dengan waktu 10 menit.

Gambar 14. Kompresor Reciprocating

#### 4.7 Perhitungan *Marine Airbag*

*Marine airbag* digunakan untuk menghasilkan gaya apung yang berfungsi untuk mengangkat bangkai kapal yang tenggelam di dasar sungai. Apabila gaya apung *marine airbag* lebih besar dibandingkan dengan gaya berat bangkai kapal, maka bangkai kapal tersebut akan mengapung di permukaan sungai. Pada tahap ini dilakukan tahap perhitungan *marine airbag* pada kapal ikan, akan direncanakan perhitungan volume *marine airbag*, daya apung *marine airbag*, dan jumlah kebutuhan udara bertekanan pada kapal ikan 30 GT.



Gambar 15. Objek untuk Bangkai Kapal  
Sumber: Javanese Boat, 2010

Dimensi utama kapal ikan 30 GT:

- Panjang = 18,5 meter
- Lebar = 4,6 meter
- Tinggi = 1,8 meter
- Sarat = 1,2 meter
- Cb = 0,50

Sebelum menentukan kebutuhan *marine airbags*, terlebih dahulu menghitung kebutuhan daya apung yang dibutuhkan untuk mengangkat bangkai kapal dengan menggunakan rumus Archimedes. Berikut persamaan untuk menentukan kebutuhan pengangkatan bangkai kapal:

A. Volume Badan Kapal dibawah Garis Air

$$V = LWL \times B \times H \times Cb$$

$$V = 18,5 \times 4,6 \times 1,8 \times 0,5$$

$$V = 76,59 \text{ m}^3$$

B. Gaya Apung yang Dibutuhkan

$$Fa = \rho \times V \times g$$

Keterangan:

Fa = Gaya apung (N)

$\rho$  = Massa jenis fluida ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

V = Volume benda yang tercelup ( $\text{m}^3$ )

g = Percepatan gravitasi ( $\text{N}/\text{kg}$ )

Sehingga:

$$Fa = \rho \times V \times g$$

$$Fa = 1.000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 76,95 \text{ m}^3 \times 9,81 \left(\frac{\text{N}}{\text{kg}}\right)$$

$$Fa = 754879,5 \text{ N}$$

C. Perhitungan volume *marine airbag* dengan spesifikasi jenis *marine airbag* yang dipilih sebagai berikut:

Tabel 12. Spesifikasi *Marine Airbag*

Type	Number of fortifying fiber layers	Dimeter range	Normal lengths	Main usage
HT-3	3	D=0.8m,1.0m,1.2m,1.5m,1.8m,2.0m	5-18m	Suitable for the small ships up to slipway and launching as well as transportation of objects

Type	Safety working pressure					
	D=0.8m	D=1.0m	D=1.2m	D=1.5m	D=1.8m	D=2.0m
HT-3	0.13Mpa	0.10Mpa	0.09Mpa	0.07Mpa	0.06Mpa	0.05Mpa

Diameter *marine airbags* = 1,5 meter

Panjang *marine airbags* = 18 meter

Tekanan Kerja = 0,07 MPa

Berikut persamaan untuk perhitungan volume *marine airbags* dengan menggunakan rumus volume tabung:

- Untuk *marine airbag* P = 18 m

$$V = \pi \times r^2 \times t$$

$$V = 3,14 \times 0,75 \text{ m} \times 0,75 \text{ m} \times 18 \text{ m}$$

$$V = 31,8 \text{ m}^3$$

- Untuk *marine airbag* P = 4 m

$$V = \pi \times r^2 \times t$$

$$V = 3,14 \times 0,75 \text{ m} \times 0,75 \text{ m} \times 4 \text{ m}$$

$$V = 7,065 \text{ m}^3$$

#### D. Perhitungan Daya Apung *Marine Airbag*

Pada tahap ini dilakukan perhitungan daya apung *marine airbag* untuk diketahui seberapa besar daya apung *marine airbag* yang dipilih untuk mengangkat bangkai kapal. Persamaan Archimedes masih digunakan untuk perhitungan daya apung dari *marine airbag*.



Gambar 16. *Marine Airbag*  
Sumber: Hi-sea Marine

- P = 18 m

$$Fa = \rho \times V \times g$$

$$Fa = 1.000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 31,8 \text{ m}^3 \times 10 \left( \frac{\text{N}}{\text{kg}} \right)$$

$$Fa = 318000 \text{ N}$$

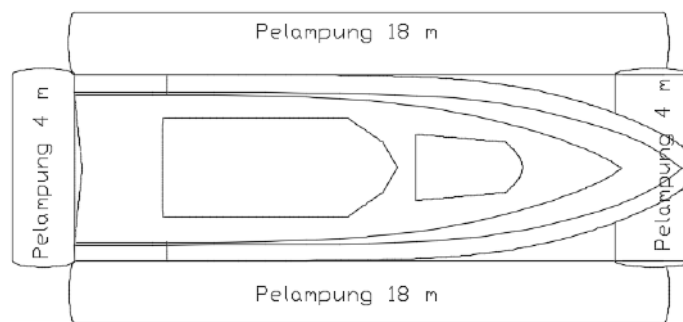
- P = 4 m, didapatkan hasil:

$$Fa = \rho \times V \times g$$

$$Fa = 1.000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 7,065 \text{ m}^3 \times 10 \left( \frac{\text{N}}{\text{kg}} \right)$$

$$Fa = 70650 \text{ N}$$

Dari perhitungan daya apung yang dibutuhkan untuk mengapungkan kapal sebesar 754879,5 N, maka jumlah *marine airbag* yang dibutuhkan untuk mengangkat bangkai kapal yang tenggelam dengan *marine airbag* tersebut adalah  $318000 \times 2$  unit airbag = 636000 N untuk *marine airbag* dengan panjang 4 m, dan  $70650 \times 2$  untuk *marine airbag* dengan panjang 18 m = 141300 N, sehingga total daya apungnya adalah 777300 N. Dari perhitungan tersebut nilai gaya apung bangkai kapal ( $F_1$ ) < gaya apung *marine airbag* ( $F_2$ ), sehingga bangkai kapal yang tenggelam akan mengapung ke permukaan air.



Gambar 17. Pemasangan Pelampung Kapal pada Bangkai Kapal

## 4.8 Perhitungan Tahanan

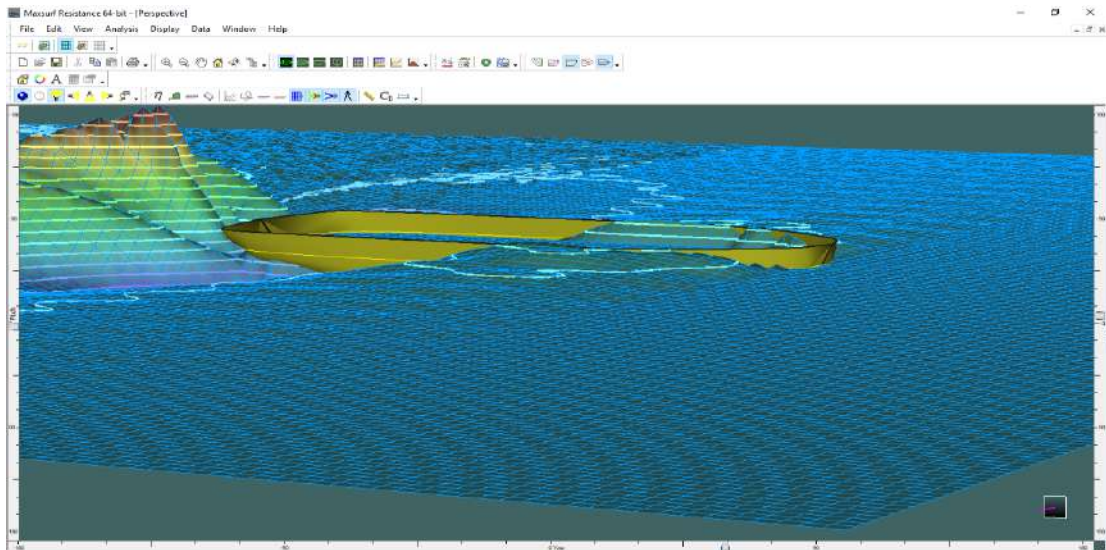
### A. Perhitungan Tahanan Kapal Salvage

Tahanan kapal pada suatu kecepatan adalah gaya fluida yang bekerja sehingga melawan gerakan kapal tersebut. Tahanan total kapal dapat dibagi menjadi tiga yakni tahanan viskositas ( $R_v$ ), tahanan gelombang ( $R_w$ ) dan tahanan udara ( $R_a$ ). Karena nilai tahanan udara sangat kecil yakni sekitar 4% dari tahanan total, maka perannya sering diabaikan. Perhitungan tahanan dilakukan dengan metode Holtrop dengan berbagai variasi kecepatan kapal dari 0 knots sampai 12 knots.

Metode Holtrop merupakan metode perhitungan tahanan dengan menggunakan formula pendekatan matematis. Hasil perhitungan didapatkan grafik seperti gambar 20. Perhitungan tahanan kapal dilakukan menggunakan software Maxsurf. Data utama kapal *salvage* yang digunakan sebagai objek penelitian yaitu:

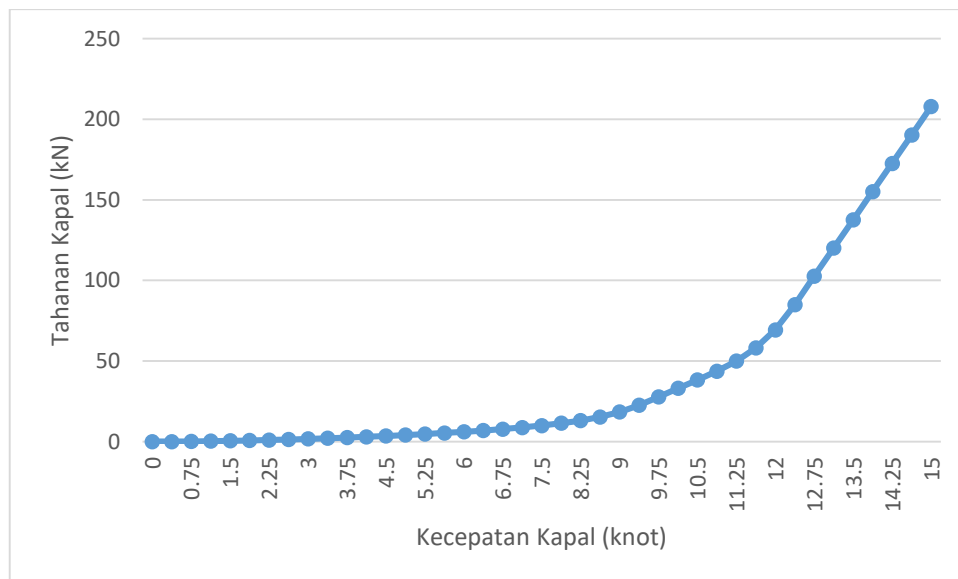
- Panjang Kapal = 26,95 m
- Lebar Kapal = 10,00 m
- Tinggi Kapal = 4,80 m
- Sarat Kapal = 3,70 m

- Kecepatan maksimum = 12 knot



Gambar 18. Simulasi Tahanan Kapal Salvage

Simulasi tahanan kapal dilakukan dengan menggunakan metode Holtrop pada *software maxsurf* pada kecepatan 0 hingga 12 knot. Sehingga akan didapatkan nilai tahanan kapal dan nilai daya mesin yang dibutuhkan oleh kapal *salvage*.

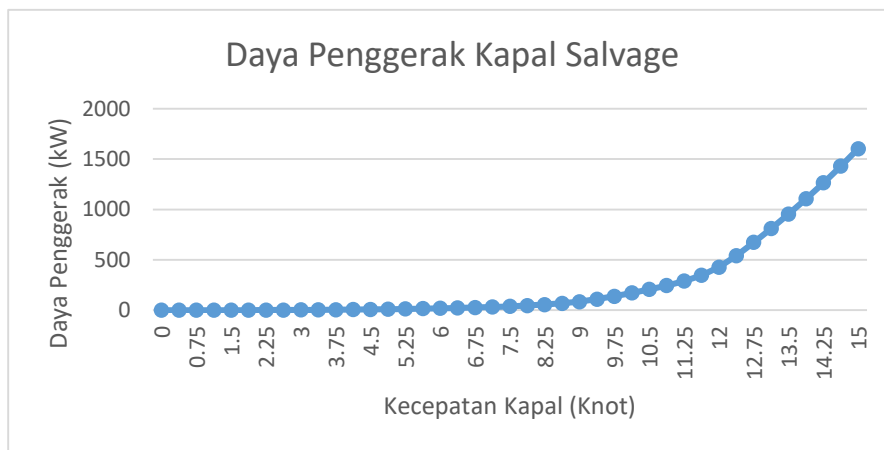


Gambar 19. Grafik Tahanan Kapal terhadap Kecepatan Kapal

Berdasarkan Gambar 20, nilai kecepatan berada pada rentang 0 hingga 3 knot. Nilai tahanan yang dihasilkan pada kecepatan 0 knot adalah 0 kN, nilai tahanan yang dihasilkan pada kecepatan 1,5 knot adalah 0,5 kN, sedangkan pada kecepatan 3 knot nilai tahanan yang dihasilkan adalah 1,7 kN.

Nilai tahanan yang dihasilkan pada kecepatan 3,375 knot adalah 2,1 kN. Nilai tahanan yang dihasilkan pada kecepatan 4,5 knot adalah 3,5 kN. Sedangkan pada kecepatan 6 knot nilai tahanan yang dihasilkan adalah 6,1 kN. Nilai tahanan yang dihasilkan pada kecepatan 6,375 knot adalah 6,9 kN. Nilai tahanan yang dihasilkan pada kecepatan 7,5 knot adalah 10 kN. Sedangkan pada kecepatan 9 knot nilai tahanan yang dihasilkan adalah 18,4 kN.

Nilai tahanan yang dihasilkan pada kecepatan 9,375 knot adalah 22,6 kN. Nilai tahanan yang dihasilkan pada kecepatan 10,5 knot adalah 38,3 kN. Sedangkan pada kecepatan 12 knot nilai tahanan yang dihasilkan adalah 69,3 kN. Semakin besar kecepatan kapal maka semakin besar pula tahanan kapal yang dihasilkan, sehingga sesuai dengan persamaan  $R_T = v^2$ .



Gambar 20. Grafik Kebutuhan Daya Penggerak terhadap Kecepatan Kapal

Berdasarkan Gambar 21., kebutuhan dari daya penggerak meningkat secara drastis ketika kapal salvage berada pada rentang kecepatan 6 knot hingga 12 knot. Pada kecepatan maksimum yaitu pada kecepatan 12 knot, tahanan kapal salvage yang dihasilkan adalah sebesar 69,3 kN. Sehingga membutuhkan daya mesin sebesar 428 kW.



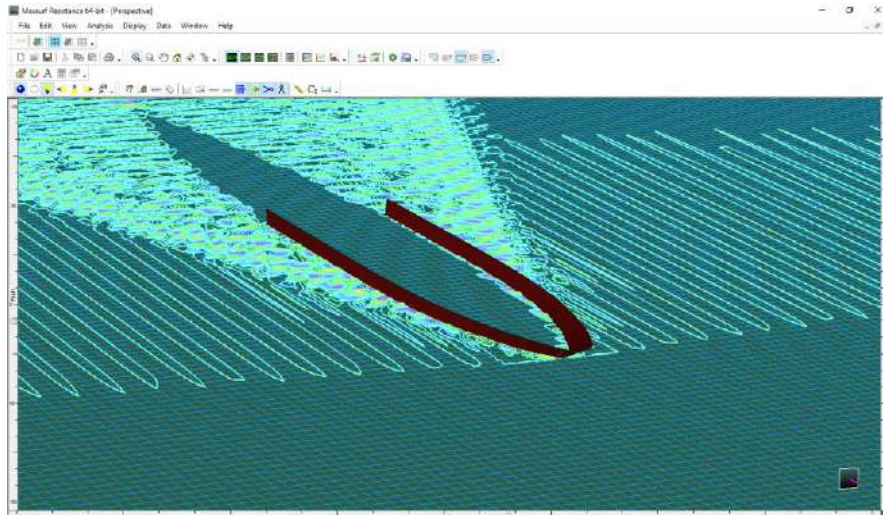
Gambar 21. Engine Kapal Caterpillar CG137 dengan Daya 400 BHP  
Sumber: *Project Guide Caterpillar Engine*



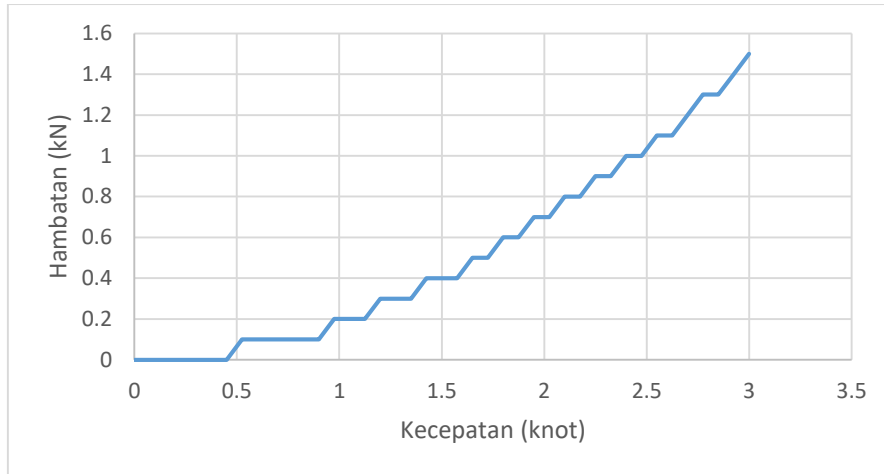
## B. Perhitungan Tahanan Bangkai Kapal

Metode Holtrop merupakan metode perhitungan tahanan dengan menggunakan formula pendekatan matematis, sehingga digunakan untuk menghitung besarnya tahanan dari bangkai kapal seperti ditunjukkan pada Gambar 23. Perhitungan tahanan kapal dilakukan menggunakan software Maxsurf. Data utama kapal *salvage* yang digunakan sebagai objek penelitian yaitu:

- Panjang Kapal = 18.5 m
- Lebar Kapal = 4.6 m
- Tinggi Kapal = 1.8 m
- Sarat Kapal = 1.2 m
- Kecepatan = 3 knot

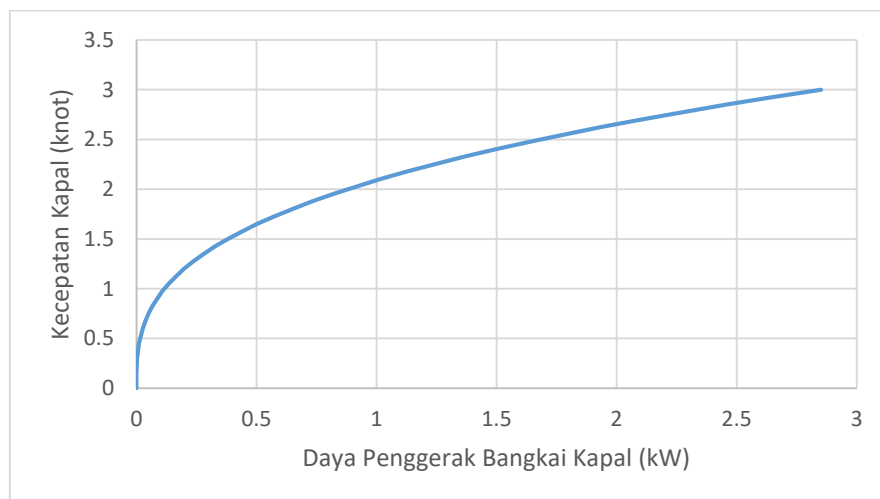


Gambar 22. Simulasi Tahanan Bangkai Kapal



Gambar 23. Grafik Kecepatan vs Hambatan Bangkai Kapal

Berdasarkan Gambar 24, nilai kecepatan berada pada rentang 0 hingga 1.5 knot. Nilai tahanan yang dihasilkan bangkai kapal pada kecepatan 0 knot adalah 0 kN, nilai tahanan yang dihasilkan pada kecepatan 1 knot adalah 0,18 kN, sedangkan pada kecepatan 1.5 knot nilai tahanan yang dihasilkan adalah 0,4 kN. Pada kecepatan 1,5 knot dengan nilai tahanan 0,4 kN maka dibutuhkan daya tambahan untuk mendorong kapal sebesar 0,38 kW. Nilai tahanan yang dihasilkan bangkai kapal pada kecepatan 2 knot adalah 0,7 kN, nilai tahanan yang dihasilkan pada kecepatan 2,5 knot adalah 1,1 kN, sedangkan pada kecepatan 3 knot nilai tahanan yang dihasilkan adalah 1,5 kN.



Gambar 24. Grafik Daya Penggerak Bangkai Kapal vs Kecepatan Kapal

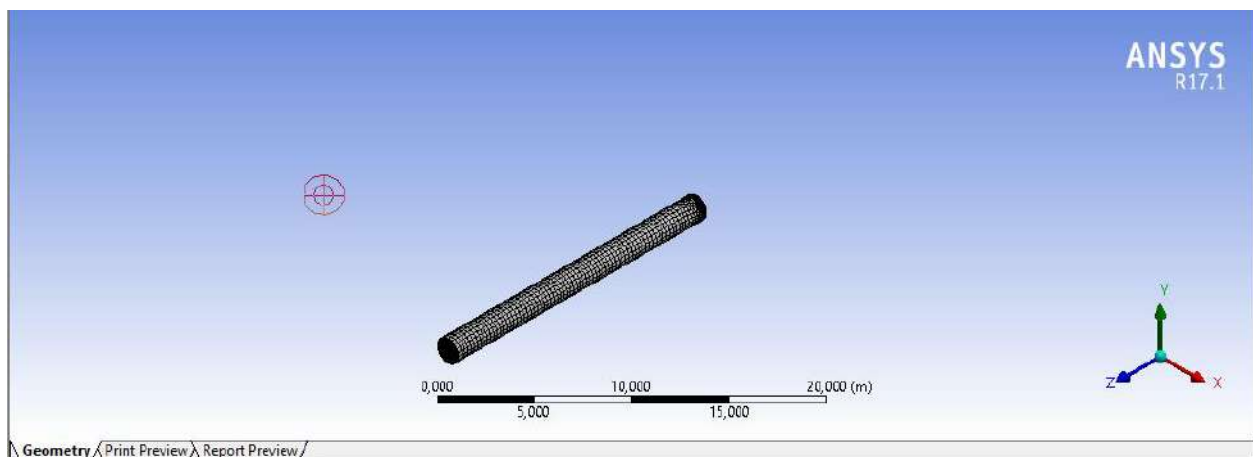
Berdasarkan Gambar 25, kebutuhan dari daya penggerak selalu meningkat secara signifikan ketika kapal salvage berada pada rentang kecepatan 0 knot hingga 3 knot. Pada kecepatan senilai 3 knot, tahanan kapal salvage yang dihasilkan adalah sebesar 1,5 kN maka dibutuhkan daya tambahan untuk menarik kapal sebesar 2,85 kW.

Pada kecepatan maksimum kapal *salvage* yaitu 12 knot, kapal *salvage* menghasilkan tahanan sebesar 69,3 kN. Sehingga kebutuhan daya mesin kapal *salvage* sebesar 428 kW. Untuk memenuhi kebutuhan dari daya mesin kapal *salvage* maka dipilih *engine* Caterpillar *type* CG137. Pada kecepatan 3 knot, tahanan kapal *salvage* bernilai 1,7 kN, sedangkan tahanan bangkai kapal bernilai 1,5 kN, maka total tahanan pada kecepatan 3 knot adalah 3,2 kN. Sehingga dengan menggunakan *engine* CG137, kapal *salvage* dapat menarik bangkai kapal.

### C. Perhitungan Tahanan Pelampung Kapal (*Marine Airbag*)

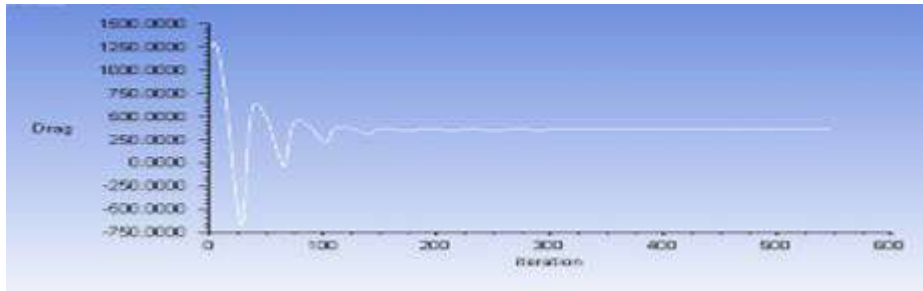
*Computational fluid dynamics* atau CFD adalah sekumpulan metodologi yang menggunakan komputer untuk melakukan simulasi aliran fluida, perpindahan panas, reaksi kimia, dan fenomena aliran lainnya dengan memecahkan segala permasalahan teknik secara numerik. Sehingga pada perhitungan tahanan pelampung kapal digunakan metode CFD untuk menentukan nilai dari tahanan pelampung kapal tersebut. Pada CFD tahanan kapal diartikan sebagai drag fore atau disebut gaya hambat.

- Perhitungan Tahanan pelampung kapal dengan panjang 18 m menggunakan software CFD



Gambar 25. Meshing untuk Pelampung Kapal 18 m

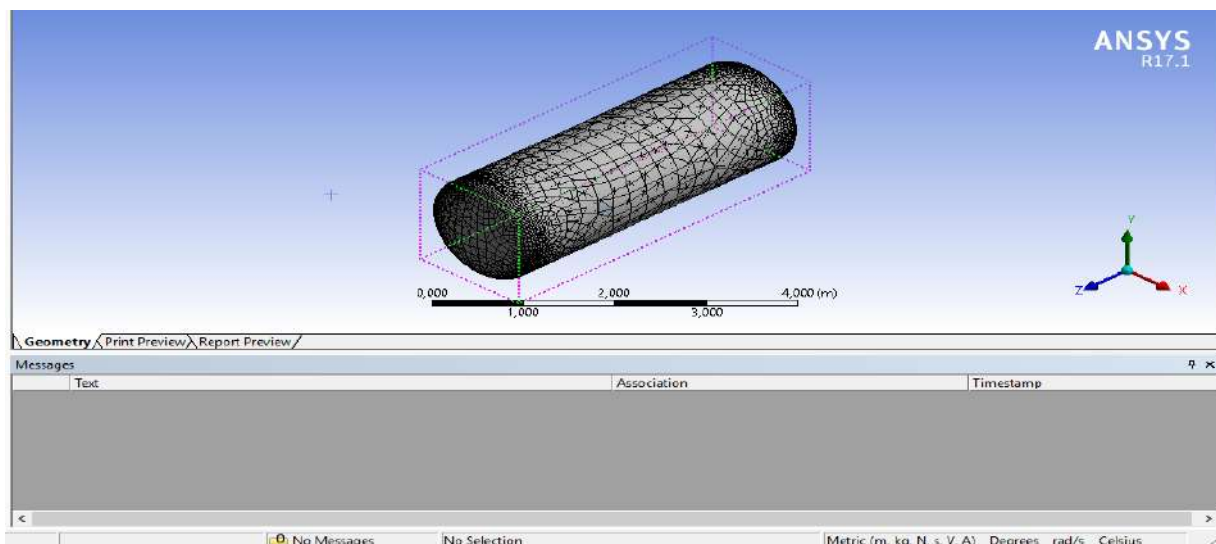
Meshing adalah proses diskritisasi domain fluida yang kontinyu menjadi domain komputasi yang diskrit sehingga dapat diselesaikan persamaan-persamaan aliran fluida di dalamnya dan menghasilkan solusi. Pada simulasi berdasarkan gambar diatas, ukuran meshing yang digunakan adalah ukuran *soft* dengan ukuran elemen meshingnya *default*.



Gambar 26. Simulasi CFD Hambatan Pelampung 18 m

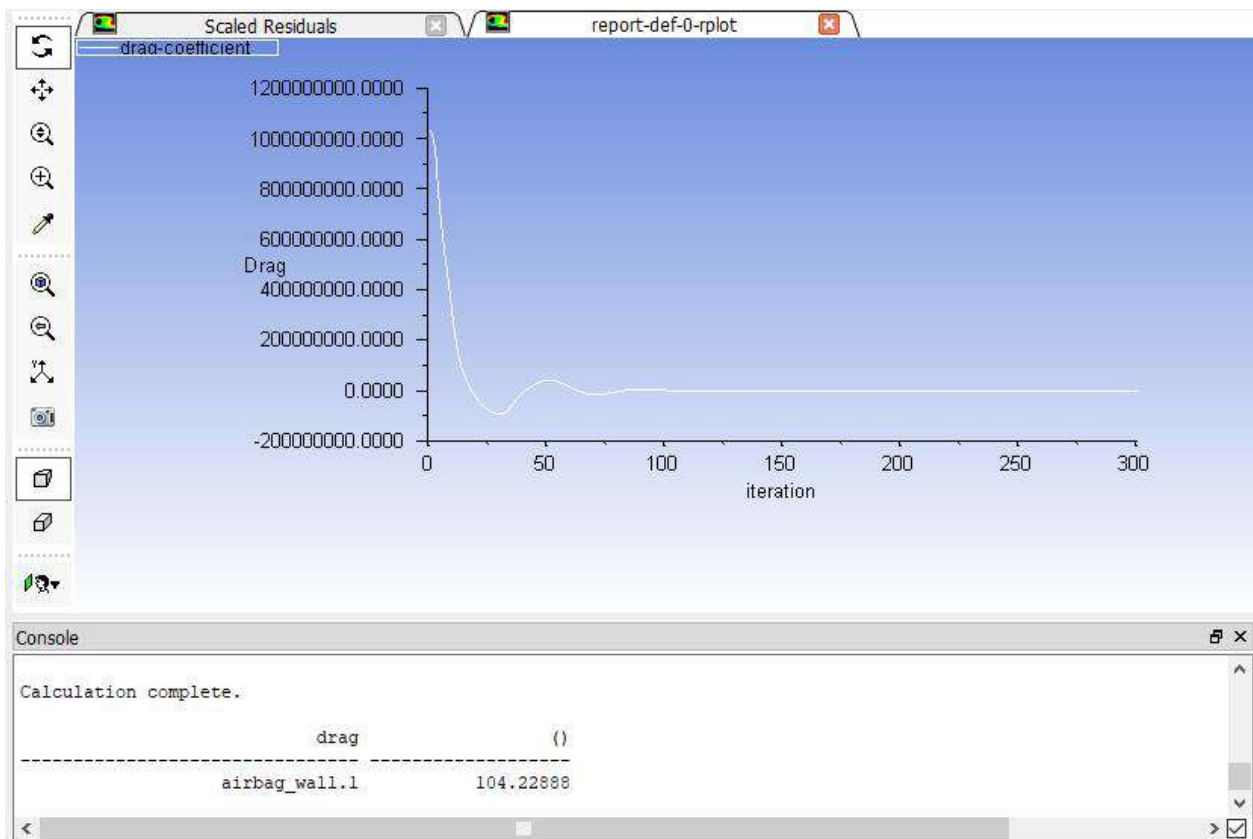
Berdasarkan gambar 27, nilai dari *run end iteration* adalah 1000 dan *iteration* telah konvergen pada nilai 543. Sehingga dari hasil simulasi CFD untuk perhitungan tahanan pelampung kapal didapatkan hasil tahanan yaitu drag force sebesar 354 N. Sehingga tahanan pelampung kapal 18 m yang digunakan adalah tahanan pelampung berdasarkan dari simulasi CFD yaitu 354 N, karena terdapat 2 pelampung maka nilai tahanan untuk pelampung 18 m adalah 708 N.

- Selanjutnya dilakukan perhitungan tahanan untuk pelampung kapal dengan panjang 4 m menggunakan persamaan sebagai berikut.



Gambar 27. *Meshing* untuk Pelampung Kapal 4 m

Berdasarkan Gambar 28, proses *meshing* yang dilakukan untuk pelampung kapal 4 m sama seperti *meshing* untuk pelampung kapal 18 m. Perbedaannya adalah hanya dari ukuran panjang dari pelampung tersebut.



Gambar 28. Simulasi CFD Hambatan Pelampung Kapal 4 m

Berdasarkan Gambar 29, nilai dari *run end iteration* adalah 1000 dan *iteration* telah konvergen pada nilai 306. Sehingga hasil dari simulasi CFD tahanan untuk pelampung kapal 4 m yaitu drag force sebesar 104 N. Sehingga tahanan pelampung kapal 4 m yang digunakan adalah tahanan pelampung berdasarkan dari simulasi CFD yaitu 104 N. Karena terdapat 2 pelampung maka nilai tahanan pelampung 4 m adalah 208 N. Sehingga total tahanan pelampung kapal yang terjadi dari 4 pelampung kapal yang digunakan adalah 916 N atau 0,91 kN.

## 4.9 Perhitungan dan Pemilihan Generator

Perhitungan dan pemilihan generator didasarkan pada kebutuhan listrik yang digunakan pada komponen-komponen kapal salvage, seperti pompa pemadam kebakaran dan kompresor untuk mengembangkan pelampung. Pompa pemadam kebakaran yang berjenis pompa sentrifugal membutuhkan daya sebesar 400 kW, sedangkan kompresor untuk mengembangkan pelampung membutuhkan daya sebesar 16 kW. Sehingga generator yang dipilih harus memiliki daya lebih dari 416 kW, yaitu generator Volvo penta VP452E dengan spesifikasi generator sebagai berikut.

- a. Merk : Volvo Penta
- b. Type : VP452E
- c. Power : 450 kW
- d. Frequency : 50 Hz
- e. Revolution : 1500 rpm

Tabel 13. Spesifikasi Generator Volvo Penta

REF.	ENGINE		POWER (KVA)		HZ	R.P.M	VOLTAGE	DIMENSIONS (MM) ( LENGTH X WIDTH X HEIGHT )
	TRADEMARK	MODEL	ESP	PRP				OPEN SOUNDPROOF
VP452E	VOLVO PENTA	TAD1342GE	452	412	50	1500	400/230	3.615 x 1620 x 2.140 3.880 x 1400 x 2.000

Sumber: *Project Guide Volvo Penta Generator*



Gambar 29. Generator Volvo Penta

Sumber: *Project Guide Volvo Penta Generator*

## BAB V

### KESIMPULAN

*Salvage vessel* memiliki 3 operasi, yaitu operasi pemadam kebakaran, operasi pengangkatan bangkai kapal, dan operasi penarikan bangkai kapal. Perencanaan *salvage vessel* memiliki beberapa komponen yang dibutuhkan untuk mendukung 3 operasi kegiatan salvage tersebut. Pada operasi pemadam kebakaran, komponen yang digunakan adalah pompa. Pompa pemadam kebakaran yang digunakan memiliki kapasitas aliran  $600 \text{ m}^3/\text{min}$ , head total 111,74 m dan putaran poros pompa 1800 rpm, diperoleh kecepatan spesifik sebesar 166 rpm. Sehingga jenis pompa yang sesuai adalah *pompa sentrifugal*, dengan daya keluaran pompa sebesar 269 kW. Maka dipilih pompa yang digunakan untuk *external fire fighting* adalah pompa sentrifugal 250CXB200-565.

Pada operasi pengangkatan bangkai kapal, terdapat dua komponen pendukung yang digunakan yaitu kompresor dan pelampung kapal. Kompresor yang digunakan untuk kegiatan *salvage* memiliki fungsi untuk tekanan dari 1 atm menjadi 2,5 atm dengan menggunakan jenis kompresor *reciprocating* dengan daya 8 kW atau setara dengan 28.800 kJ/jam. Sedangkan pelampung kapal yang digunakan memiliki ukuran panjang maksimal 18 m dengan gaya apung sebesar 318000 N.

Pada operasi penarikan bangkai kapal, *salvage vessel* membutuhkan daya mesin (engine) untuk menarik bangkai kapal beserta pelampungnya (marine airbag). Total tahanan pelampung kapal hasil simulasi CFD untuk panjang pelampung 18 m dan 4 m berturut turut adalah 354 N dan 104 N. Sedangkan tahanan dari bangkai kapal adalah 1,5 kN dengan kecepatan kapal salvage sebesar 3 knot yang membutuhkan daya 2,85 kW. Sehingga total daya mesin untuk menarik bangkai kapal beserta pelampung kapal adalah total dari tahanan bangkai kapal beserta tahanan jumlah pelampung yang digunakan, yakni sebesar 6,36 kW.

## SARAN

Penulis menyarankan agar perencanaan sistem permesinan disesuaikan dengan standard maupun aturan class yang berlaku. Penelitian mengenai kapal *salvage* di Indonesia belum ditelaah dengan data-data yang menunjukkan, sehingga perlu dilakukan survei ke perusahaan *salvage* untuk mendapatkan data-data *salvage* yang dibutuhkan, seperti kompresor maupun pelampung kapal yang digunakan di perusahaan *salvage* tersebut. Jika memungkinkan, untuk penelitian yang akan dilakukan seharusnya dilakukan observasi terlebih dahulu secara langsung ke lokasi objek penelitian, dalam hal ini objek sungai dan danau, agar dapat diketahui data-data yang diperlukan pada saat melakukan perhitungan perencanaan kapal *salvage* maupun perencanaan dari sistem permesinan kapal *salvage* tersebut.



## DAFTAR PUSTAKA

Akbar, Khairul., dkk. *Perancangan External Fire Fighting Pada Kapal UV (Utility Vessel) 48 M.*  
Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember

*External Fire Fighting System.* Chongqing Lange Machiner Group. Available:  
[www.langemachinery.com](http://www.langemachinery.com).

Harini. 2016. *Perencanaan External Fire Fighting Untuk Kapal Pemadam Kebakaran.* Jakarta:  
Universitas Negeri Jakarta.

Hasugian, Serreati., dkk. 2017. *Pemetaan Karakteristik Kecelakaan Kapal di Perairan Indonesia  
berdasarkan Investigasi KNKT.* Warta Penelitian Perhubungan Vol. 29. Politeknik  
Pelayaran Surabaya

Komite Nasional Keselamatan Transportasi (KNKT), 2018. *Faktor-Faktor yang Sering Menjadi  
Penyebab Kapal Tenggelam.* Penerbit Kompas

Mahmuddin,F., *et al.* 2018, November. *Prediksi Capaian Kecepatan Kapal terhadap Daya Mesin  
Utama Tugboat pada Variasi Beban Muatan Tongkang.* *Prosiding Seminar Ilmiah  
Nasional Sains dan Teknologi ke-4.* Volume 4, 1-7. Bontomarannu: Universitas  
Hasanuddin.

Mulyono, Tri.2016. *Rekayasa Fasilitas Pelabuhan.* Jakarta: Universitas Negeri Jakarta.

*Nominal Dimensions of Pipe.* ASTM A312M and ASME B36.19M (2004) Available:  
[www.atlassteels.com.au](http://www.atlassteels.com.au)

Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 51 Tahun 2015.

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 61 Tahun 2009.

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 81 Tahun 2000 Pasal 1.

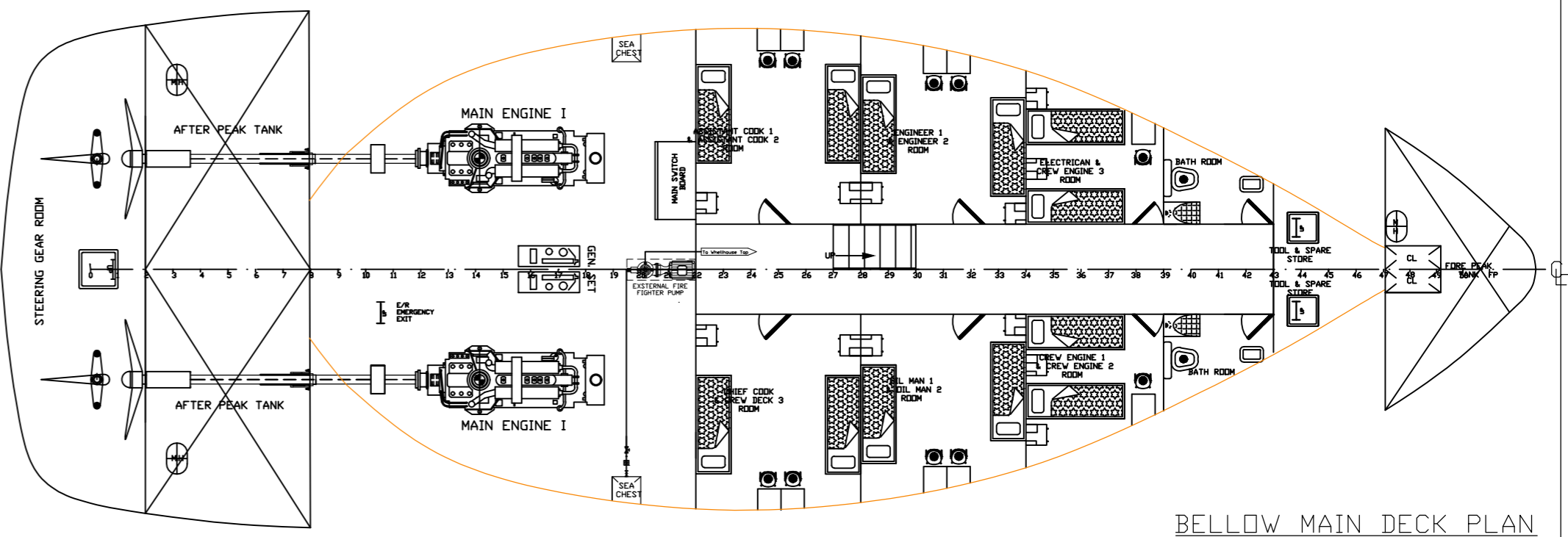
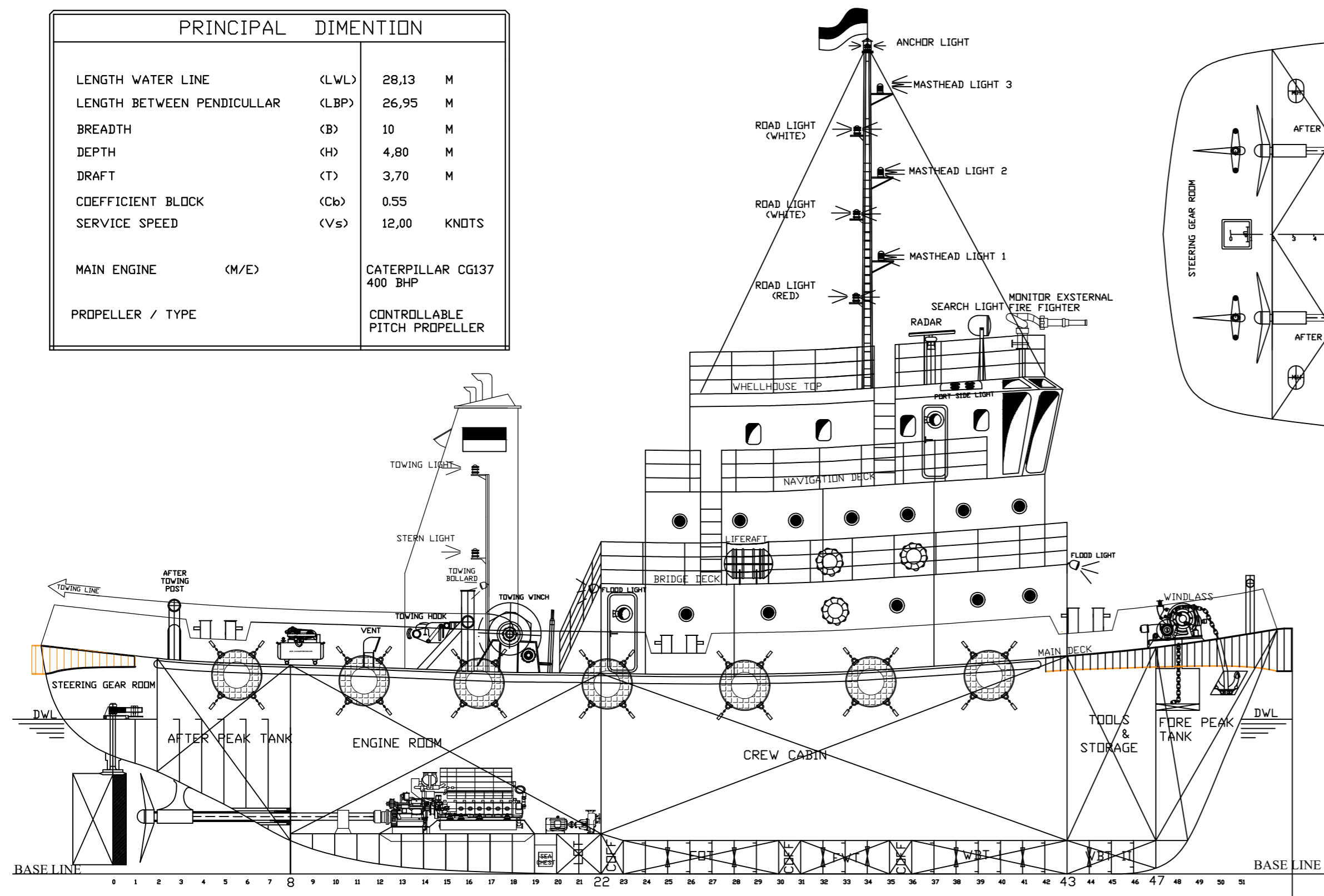
*Rules of Thumb for Chemical Engineers,* 3<sup>rd</sup> Ed., Oxford: United States of America, Branen-Carl,  
(2002) 121-126

Sularso, Haruo Tahara. (2004). *Pompa dan Kompresor.* Jakarta: Penerbit PT. Pradnya Paramita.

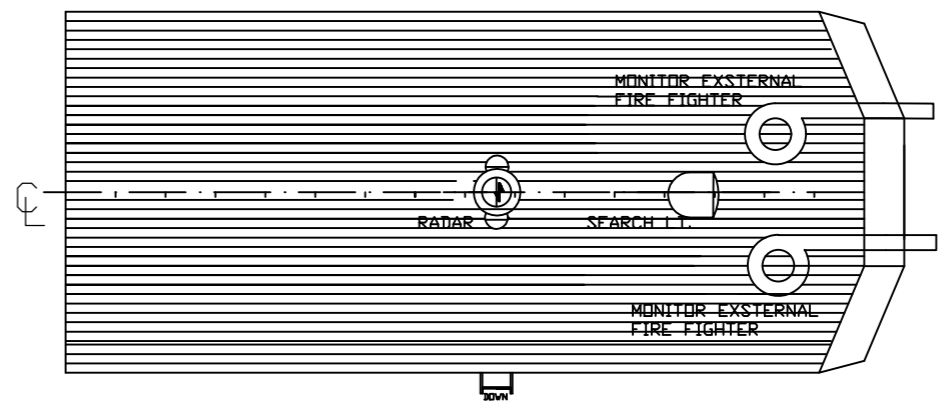
- Susilo, Budi dan Esha, P. T. 2014. *Mengamati Keselamatan Penumpang Angkutan Sungai dan Danau. The 17<sup>th</sup> FSTPT International Symposium*. Jember: Universitas Jember.
- Viviany, Adelia., dkk. 2012. *Evaluasi Unjuk Kerja Crane Barge KGM-23 pada Saat Operasi Pengangkatan dan Pemasangan Boom Burner di Lokasi Peciko Field Platform MWP-B Total E&P Indonesia*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Zilakos, Ilias., *et al.* 2018. *An Innovative Ship Salvage Concept and Its Effect on The Hull Structural Response*. Journal of Marine Engineering & Technology. School of Naval Architecture and Marine Engineering, National Technical University of Athens (NTUA), Athens, Greece.

## **LAMPIRAN A**

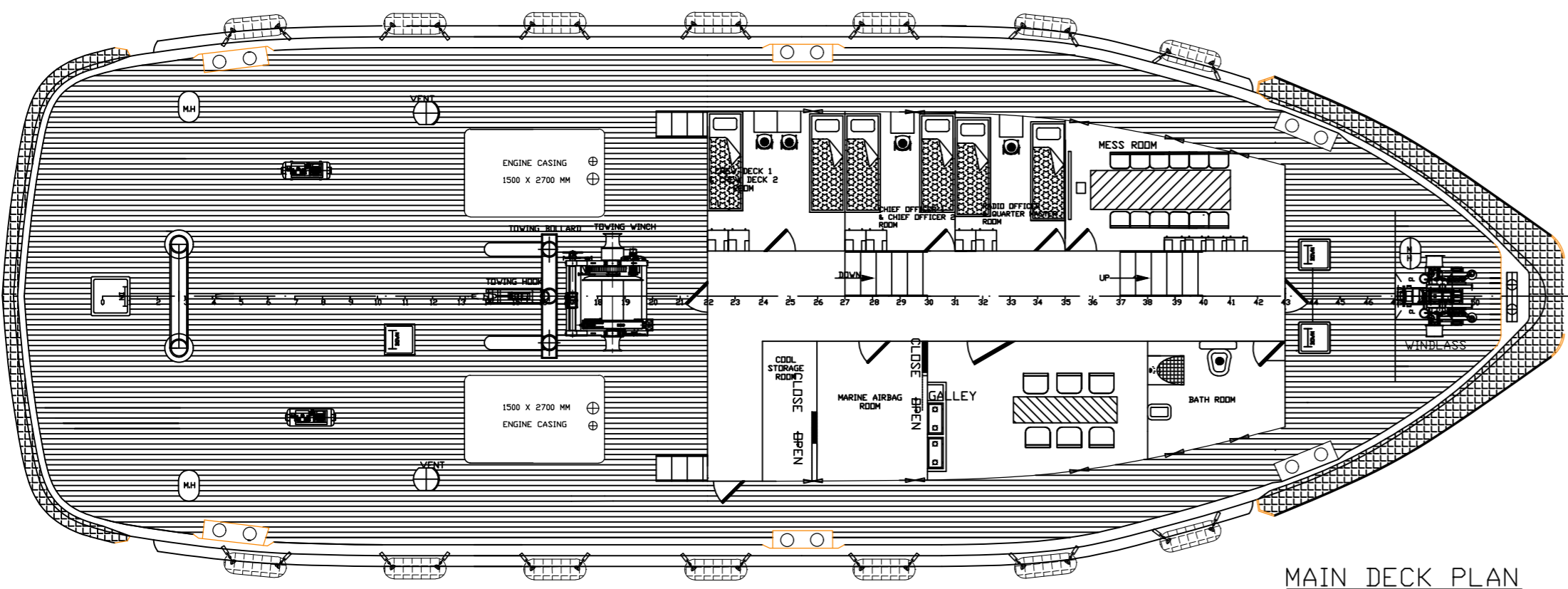
PRINCIPAL DIMENTION		
LENGTH WATER LINE (LWL)	28,13	M
LENGTH BETWEEN PENDICULLAR (LBP)	26,95	M
BREADTH (B)	10	M
DEPTH (H)	4,80	M
DRAFT (T)	3,70	M
CDEFFICIENT BLOCK (Cb)	0,55	
SERVICE SPEED (Vs)	12,00	KNOTS
MAIN ENGINE (M/E)	CATERPILLAR CG137 400 BHP	
PROPELLER / TYPE	CONTROLLABLE PITCH PROPELLER	



BELLOW MAIN DECK PLAN




WHEELHOUSE TOP



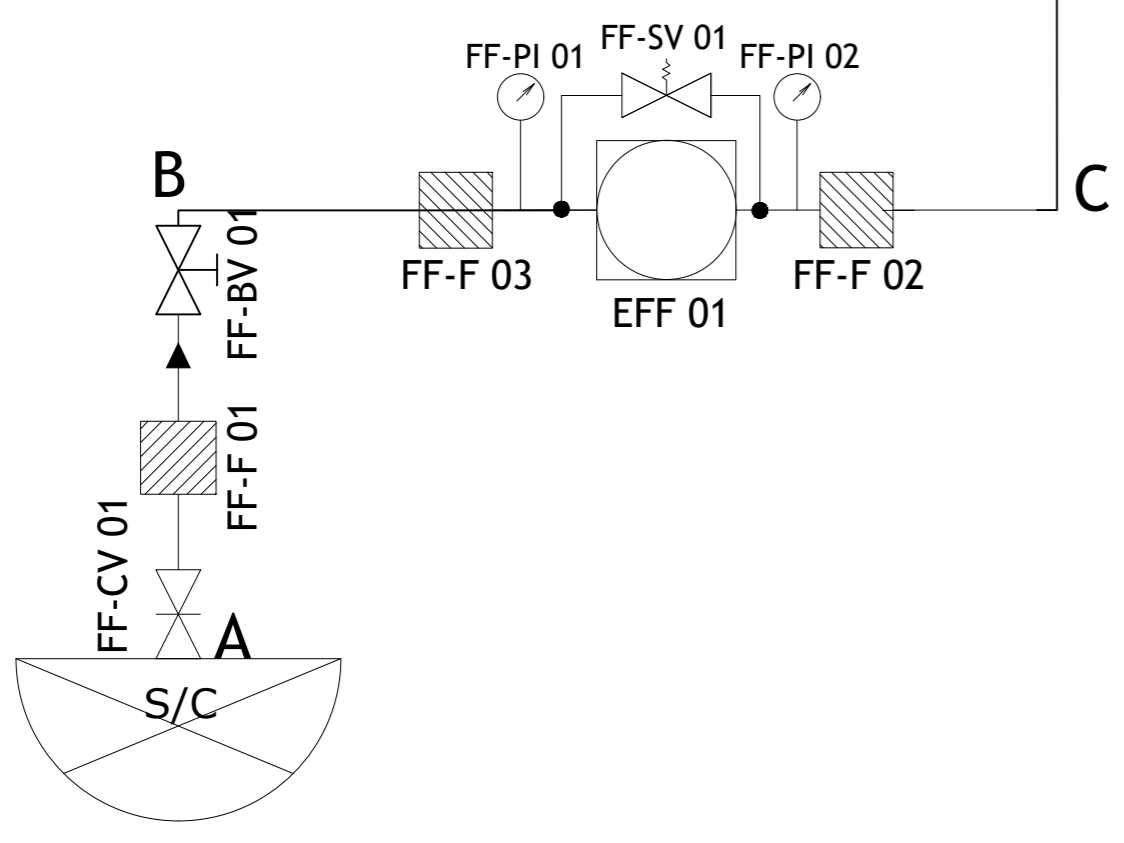
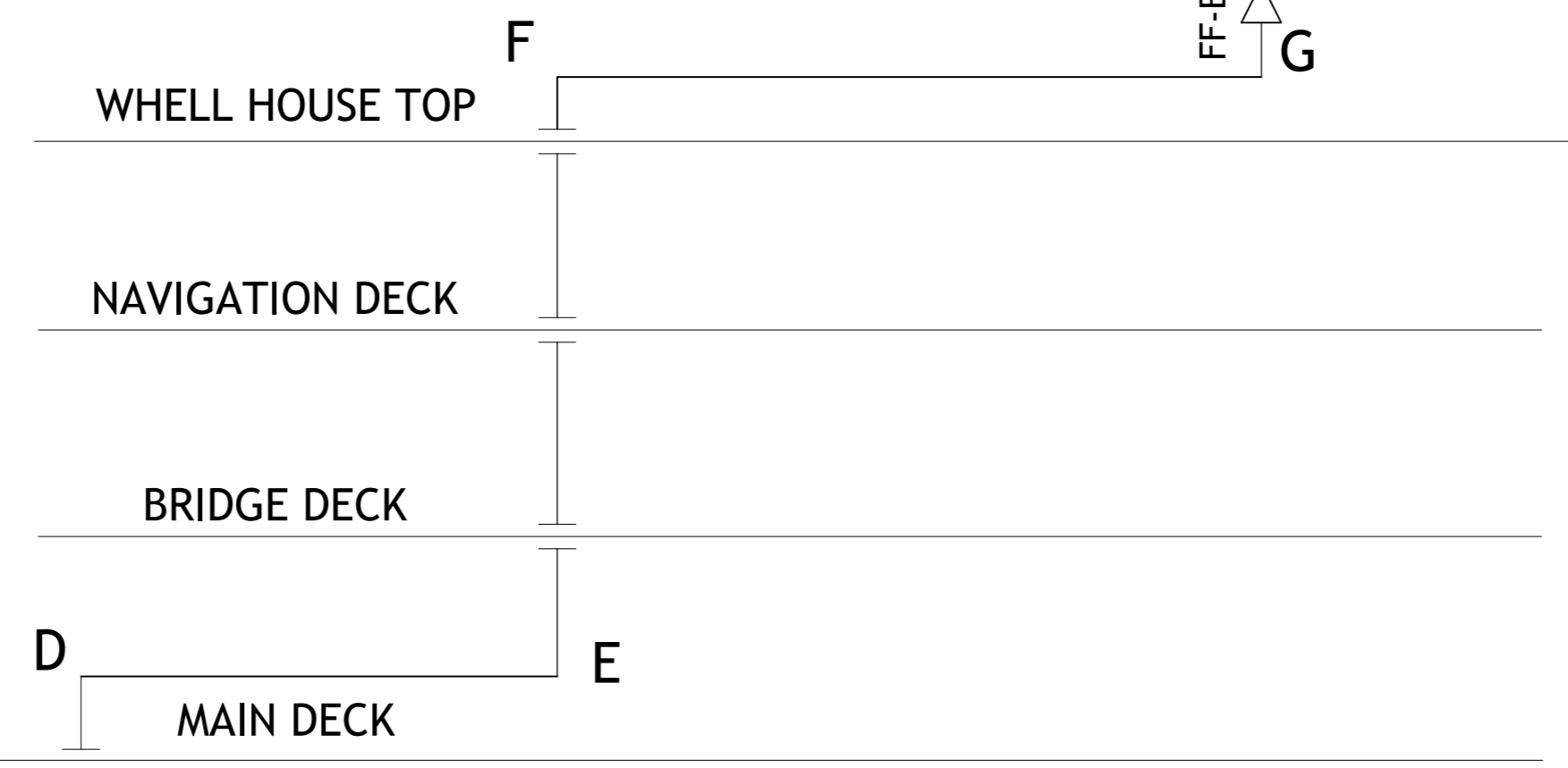
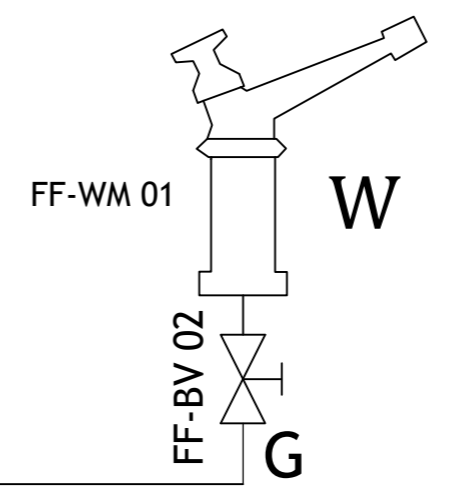
MAIN DECK PLAN

This drawing and the information contained here and supplied on the understanding that those are for educational purpose only and shall not be used for industrial purpose

	DEPARTMENT OF MARINE ENGINEERING - ITS FINAL TASK ODD SEMESTER 2019/2020		
	<b>TB. PASUNDAN</b> SALVAGE VESSEL Class : BK1		
<b>GENERAL ARRANGEMENT SALVAGE VESSEL</b>	Prepared by : Mochammad Fajar Tris Rinaldi 0421174600021	Signed	
	Approved by : Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD., M.MT	Signed	
Approved by : Dr. Eddy Setyo Koenhardono, S.T., M.Sc	Signed		
Dwg no. Dwg no. 01	Date 11 - 15 - 2019	Scale	Rev.

PIPE LENGTH	
A - B	0,65 m
B - C	2,00 m
C - D	4,80 m
D - E	1,50 m
E - F	6,05 m
F - G	8,50 m

PORT & STARBOARD



SYMBOL	NO.	DESCRIPTION	QTY.	MATERIAL	REMARK
	EFF Pump	EMERGENCY FIRE PUMP	1		CENTRIFUGAL PUMP
	FF-F	S.W. STRAINER	3	GALVANIZED STEEL	
	FF-BV	CONTROL VALVE	1		
	FF-PI	PRESSURE INDICATOR	2		
	FF-BV	BUTTERFLY VALVE	3		
	FF-SV	SAFETY VALVE	1		
	FF-WM	Water Monitor Fire Fighter	1		

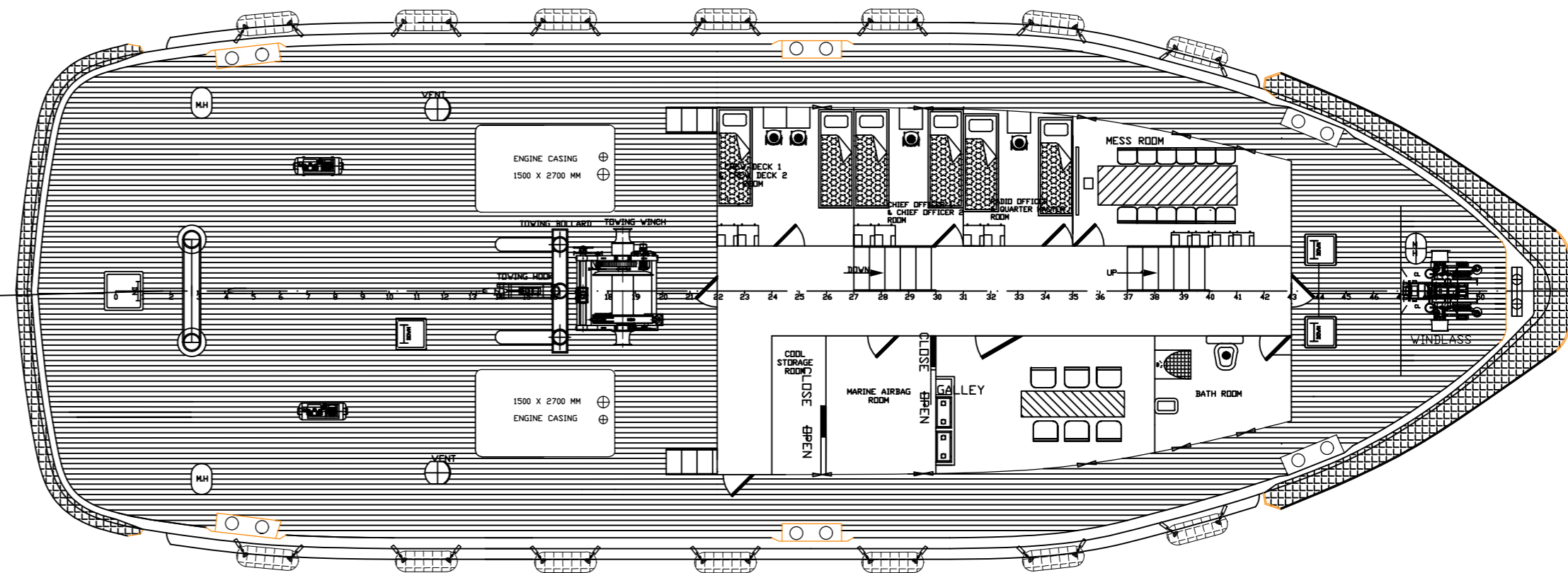
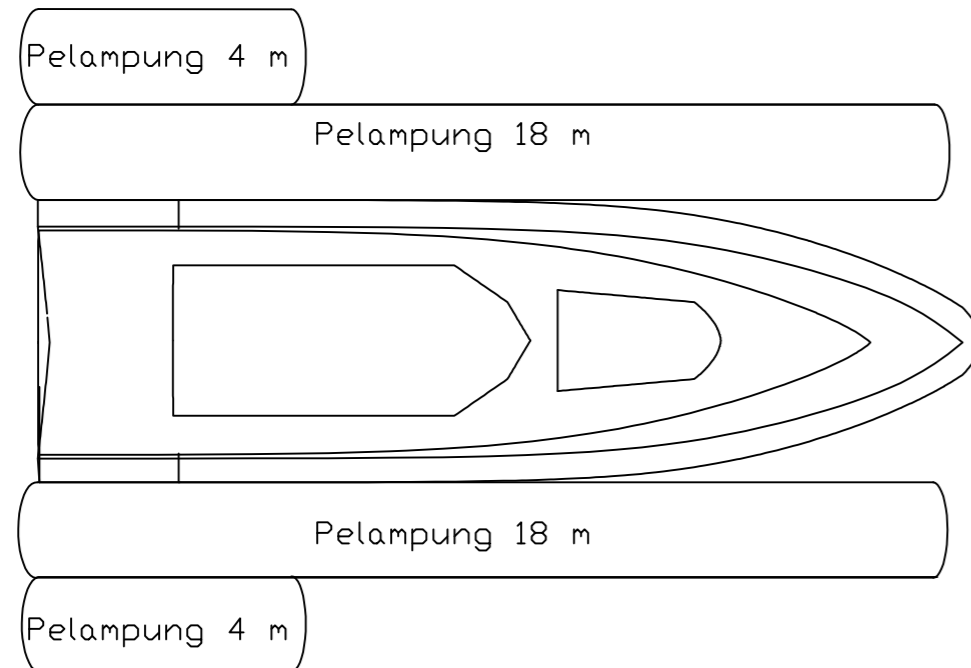
This drawing and the information contained here and supplied on the understanding that those are for educational purpose only and shall not be used for industrial purpose

Monitor Fire Fighter Spec.	
Material =	Stainless Stel
Type =	Electric Remote Control
Capacity =	600 m3/hr
Range =	>105 m
Inlet Flange =	DN150
Fluid =	Sea Water / Water

External Fire Fighter Pump Spec.	
Model =	250CXB200-565
Type =	Centrifugal Pump
Capacity =	600 m3/hr
Head =	140 m
Rpm =	1800 rpm
Power =	314 kW

PRINCIPAL DIMENSION	
Lpp	26,95 m
Lwl	28,13 m
B	10,00 m
H	4,80 m
T	3,70 m
Cb	0.55
Vs	12 knots

	DEPARTMENT OF MARINE ENGINEERING - ITS	
	FINAL TASK EVEN SEMESTER 2019/2020	
<b>TB. PASUNDAN</b>		
TUGBOAT		
Class : BKI		
<b>EXTERNAL FIRE FIGHTER SYSTEM</b>	Prepared by : Mochammad Fajar Tris Rinaldi 0421174600021	Signed
	Approved by : Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD., M.MT	Signed
	Approved by : Dr. Eddy Setyo Koenhardono, S.T., M.Sc	Signed
Dwg no. Dwg no. 01	Date 20 - 11 - 2019	Scale Rev.



PRINCIPAL DIMENSION SHIPWRECKS	
Lpp	18,5 m
B	4,6 m
H	1,8 m
T	1,2 m
Vs	3 knots
Resistance	1,5 kN

Marine Airbag Fire Fighter Spec.	
Material =	Polyester
Diameter =	1,5 m
Length =	max 18 m

PRINCIPAL DIMENSION SALVAGE VESSEL	
Lpp	26,95 m
Lwl	28,13 m
B	10,00 m
H	4,80 m
T	3,70 m
Cb	0.55
Vs	12 knots
Resistance	69,3 kN
Power Main Engine	400 BHP

	DEPARTMENT OF MARINE ENGINEERING - ITS		
	FINAL TASK		
EVEN SEMESTER 2019/2020			
<b>TB. PASUNDAN</b>			
TUGBOAT			
Class : BKI			
TOWING SYSTEM	Prepared by :	Mochammad Fajar Tris Rinaldi 0421174600021	Signed
	Approved by :	Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD., M.MT	Signed
	Approved by :	Dr. Eddy Setyo Koenhardono, S.T., M.Sc	Signed
Dwg no.	Dwg no. 03	Date	20 - 11 - 2019
		Scale	Rev.

## **LAMPIRAN B**



**lange**

**MACHINERY GROUP**  
МАШИНЕРУП ГРУП



# External Fire Fighting System



# 目录 Contents

PART 01 Classification

PART 02 Engine Type

PART 03 Fire Pump Series

PART 04 Fire Monitor Series

PART 04 The Other Equipments

PART 04 Piping System

## Classification

Fire fighting<sup>1</sup> (or 2 or 3) are class notations granted to vessels built and equipped in compliance with the relevant class requirements. We supply external Fire Fighting Systems for AHTS, AHT, PSV, FPSO, FSO, Offshore Vessels, Platforms, Maintenance Vessels, Supply Vessels, Fire Fighting Vessels, Escort Tugs, Tugs, etc. With CCS, BV, ABS, DNV and other classification Certificate.

The following matters are covered by the classification:

- 1.1. The vessel's fire fighting capability.
- 1.2. The vessel's stability and its ability to keep position when the fire fighting monitors are in operation.
- 1.3. The vessel's ability for self protection.

<b>Main component:</b>								
Diesel engine set								
Fire Pump								
Fire Monitor(Water or foam)								
Remote control system								
Foam proportioner								
Water spray system (For FIF1-FIF3)								
Deck Discharge Head(For FIF2-FIF3)								
Mobile high expansion foam generator(For FIF3)								
<b>Class Notation</b>	<b>FIF1 1/2</b>		<b>FIF1</b>	<b>FIF2</b>			<b>FIF3</b>	
No. of Monitors	1	2	2	2	3	4	3	4
Monitor Capacity (M3/H)	120	600	1200	3600	2400	1800	3200	2400/2500
	0							
No. of Pumps	1		1-2	2	2-4		2	2-4
Tot. Pump Capacity (M3/H)	1200		2400	7200	7200		9600	9600/1000
								0
Throw Length (M)	120		120	180(FROM BOW)	150		180(FROM BOW)	150
Throw Height(M)	45		45	110AT 70M	70		110AT 70M	70

## Engine Type

### PTO type marine fire pump sets



Fire pump coupled with speed-up gearbox is installed in a common base frame, forming water supply unit for external vessel is driven via main engine front PTO and fabricated according to the requirement of FIF class.

Flow:	600~3600m <sup>3</sup> /h
Input speed:	460~1600rpm
Total head:	110~180m

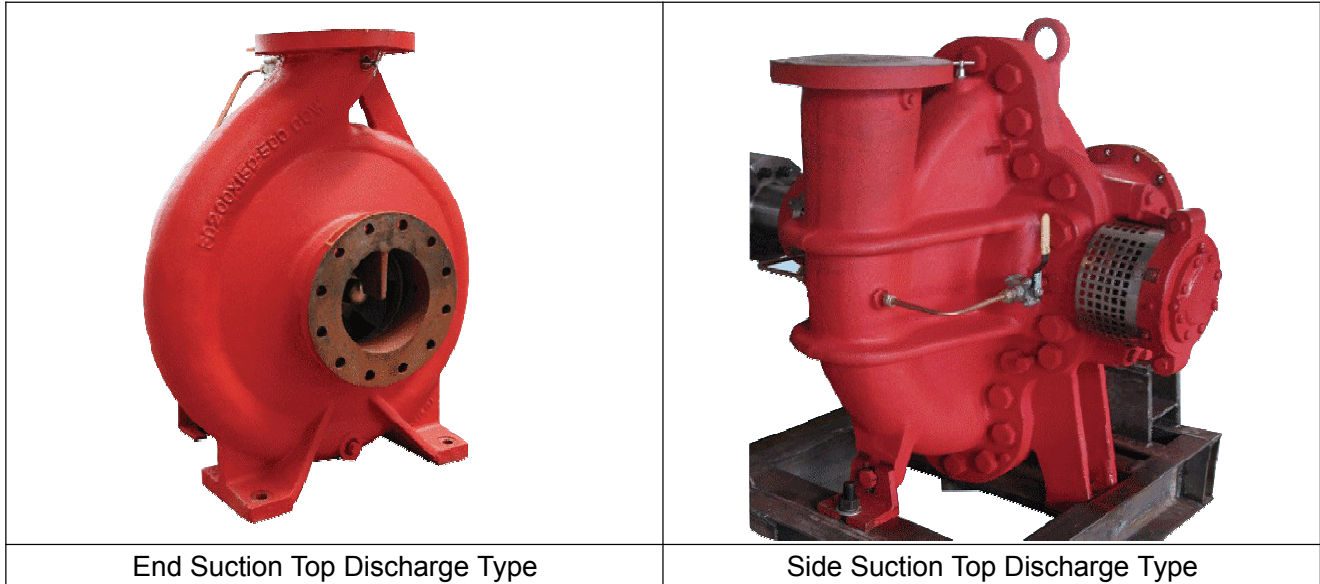
### XBC type Diesel engine fire pump sets



Fire pump is driven by dedicated diesel engine. We can choose different pumps meeting different piping arrangement and work conditions. Cooling or starting type of diesel engine can be selected on request: water cooling/air cooling, electric start/ compressed air start.

Flow:	360~2400m <sup>3</sup> /h
Input speed:	1500~2100rpm
Total head:	120~180m

## Fire Pump Series



End Suction Top Discharge Type

Side Suction Top Discharge Type

**Material :**

Pump shell	Nodular cast iron/ casting iron						
Impeller	Ni-Al-bronze/bronze						
Shaft	Stainless steel						
Model	Capacity (m <sup>3</sup> /h)	Head (m)	Speed (r/m)	NPSH (m)	Power absorbed (kw)	Rated Power (KW)	Efficiency (%)
350CXB300-565	1500	140	1800	4.5	715	850	79
350CXB300-565(A)	1200	140	1800	3.5	587	700	78
300CXB250-565	1000	140	1800	3	496	600	77
300CXB250-565(A)	800	140	1800	2.5	410	500	75
250CXB200-565	600	140	1800	2.5	314	400	73
200CXB150-565	400	140	1800	2.5	218	275	70
200CXB150-565(A)	300	140	1800	2.5	164	200	70

## **Fire Monitor Series**



Manual Water Monitor



Manual Foam/Water Monitor



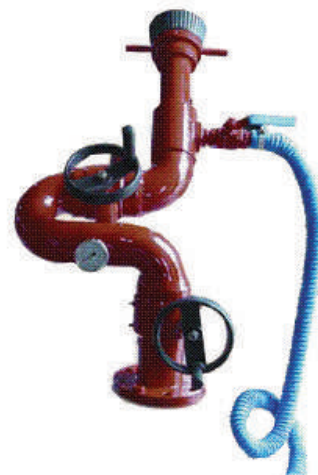
Electric Water Monitor



Hydraulic High Pressure Monitor



Double Pipe Fire Monitor

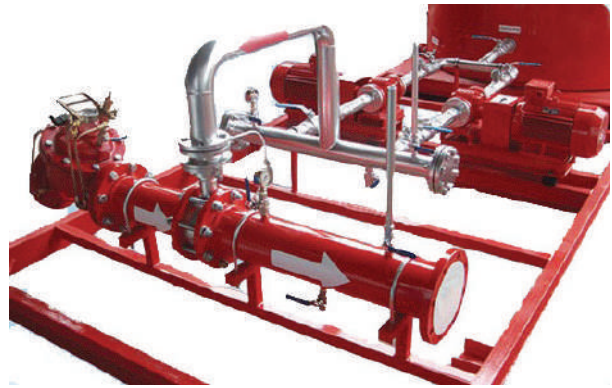


Self-priming Fire Monitor

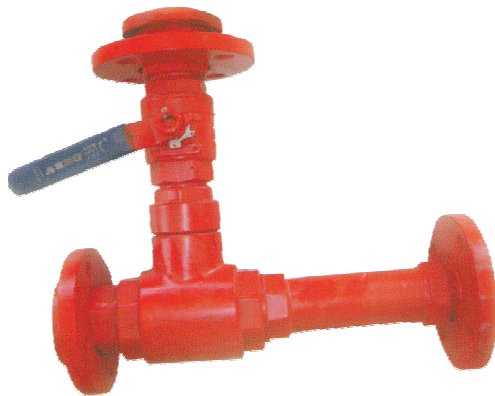
## The Other Equipments



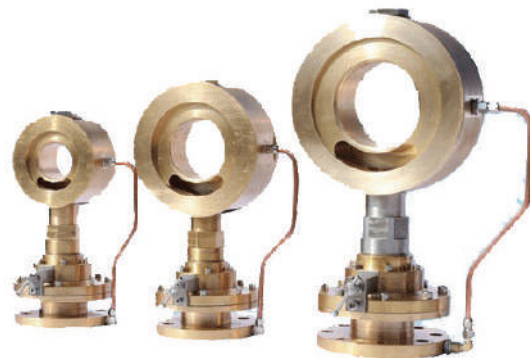
Pressure Type Foam Proportioning Equipment



Balanced Foam Proportioning Equipment




Around The Pump Foam Proportioner

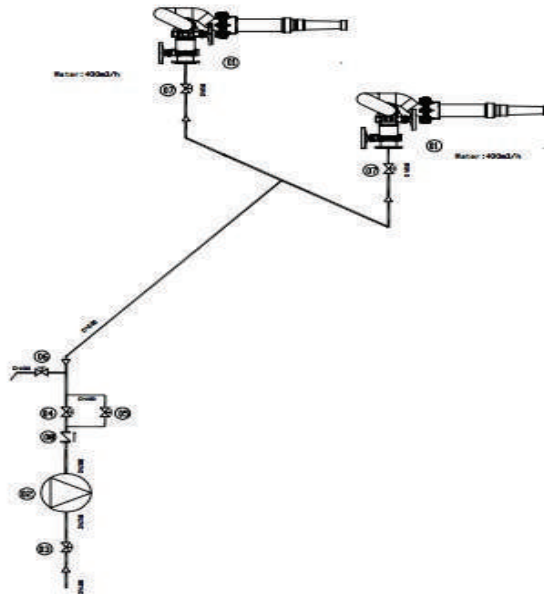


Balanced Pressure Foam Proportioner

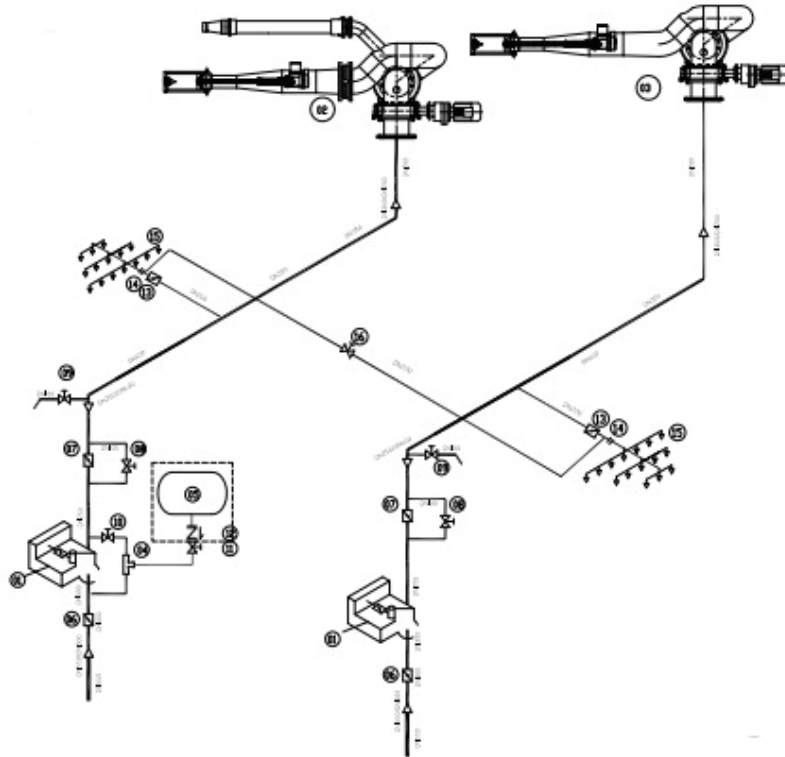


Foam Generator	Fire Monitor Tower
	
Control Panel	

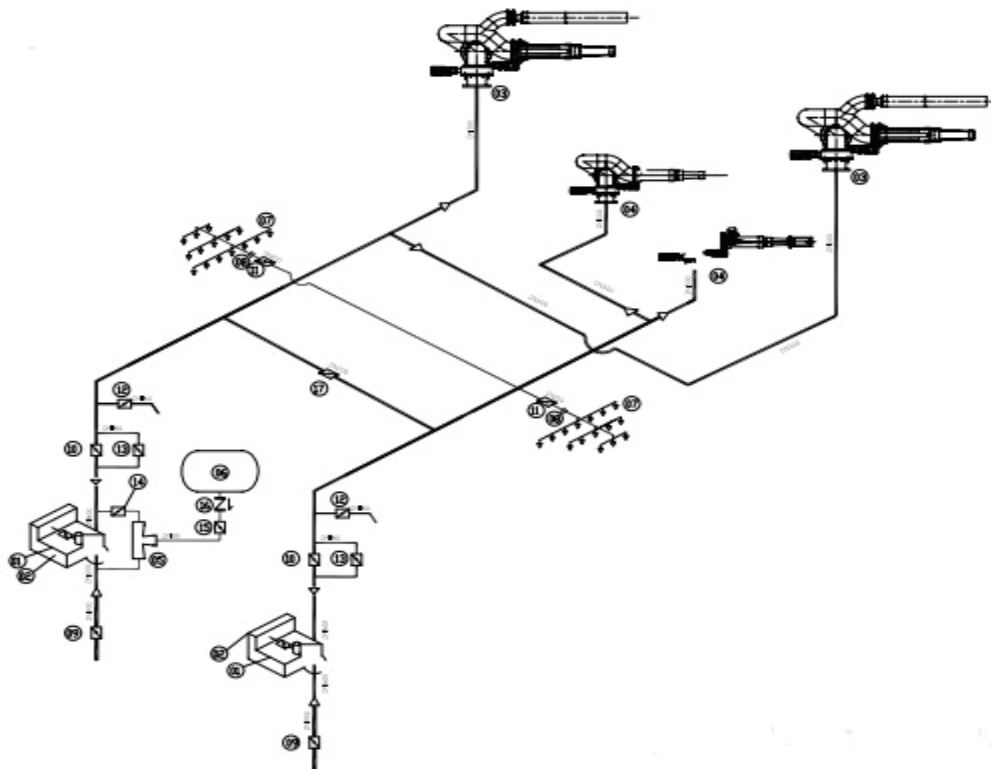
## Piping System



FIFI 1



FIFI 2



FIFI 3





**Technology Creates Value**  
**Quality Expands Market**  
**Specialty Casts Brand**

CHONGQING LANGE MACHINER GROUP CO. , LTD.

ADD:NO. 65 NORTH JIANXIN ROAD, JIANGBEI DISTRIC, CHONGQING, CHINA

TEL:+86-23-67698698      FAX:+86-23-67698691      POST CODE: 400020

E-MAIL:MARINE-FIRE@LANGEMACHINERY.COM

WEBSITE:WWW.LANGE MACHINERY.COM

## **LAMPIRAN C**

## BIODATA PENULIS



**Mochammad Fajar Tris Rinaldi** merupakan Putra kandung dari pasangan Bapak Asep Rachmat dan Ibu Teti Sumiati, yang lahir di Bandung pada 20 Juli 1994 sebagai anak pertama dari 2 bersaudara. Penulis tinggal di Jalan Cilisung No.2 RT.01 RW.05 Desa Sukamenak Kecamatan Margahayu Kabupaten Bandung, Provinsi Jawa Barat. Penulis telah menikah dengan Intan Nur'azizah Rahman, S.Tr.T., putri dari H. Siti Masitoh. Menikah pada tanggal 1 Juli 2018 di Kabupaten Subang, Provinsi Jawa Barat. Penulis memulai studi di SDN Sukamenak VIII selama enam tahun dan lulus pada tahun 2006. Melanjutkan jenjang berikutnya di SMPN 1 Margahayu (2006-2009) dan masuk SMA Negeri 10 Bandung Tahun 2009 dan Lulus SMA pada Tahun 2012. Melanjutkan kembali jenjang perguruan tinggi Diploma di Politeknik Negeri Bandung, mengambil Jurusan Teknik Aeronautika (2014-2017), dan pada Tahun 2018 melanjutkan Strata 1 di Institut Teknologi Sepuluh Nopember mengambil jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan. Dalam perkuliahan penulis mengambil penelitian untuk Tugas Akhir pada bidang studi *Marine Manufacturing and Design (MMD)*. Selama masa perkuliahan penulis aktif dalam kegiatan akademis maupun non-akademis. Untuk kegiatan non-akademis penulis aktif pada Himpunan mahasiswa jurusan Tahun 2016 sebagai ketua Rohis. Sedangkan dalam pelatihan penulis telah mengikuti beberapa sertifikasi seperti Solidwork, Training for Trainer, Mentor Pendidikan Agama Islam. Penulis telah melaksanakan program kerja praktek di PT. Dirgantara Indonesia pada tahun 2016, dan melaksanakan program kerja praktek di PT. Inti Karya Persada Tehnik pada tahun 2019.

Email : [fajartris96@gmail.com](mailto:fajartris96@gmail.com)