MODUL PEMBELAJARAN

DESAIN SISTEM IV (PERANCANGAN LAYOUT KAMAR MESIN & KELISTRIKAN KAPAL)

Disusun oleh:
Dr.Eng., MOHAMMAD DANIL ARIFIN ST. MT

PROGRAM STUDI TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
UNIVERSITAS DARMA PERSADA
JAKARTA
2022

DESAIN SISTEM IV

KATA PENGANTAR

Penyusunan Modul Pembelajaran Desain Sistem IV (Perancangan Layout Kamar Mesin dan Kelistrikan Kapal) ini merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari upaya untuk mewujudkan *Student Centered Learning* yang aktif dan kreatif serta dalam rangka meningkatkan kompetensi lulusan Teknik Sistem Perkapalan.

Modul pembelajaran ini dapat terselesaikan dengan baik tidak lepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, baik secara langsung maupun secara tidak langsung. Sehubungan dengan itu, maka melalui kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih dan penghargaan sebesar besarnya khususnya kepada Fakultas Teknologi Kelautan dan Universitas Darma Persada pada umumnya.

Penulis sepenuhnya menyadari bahwa modul pembelajaran ini belum sempurna. Saran-saran yang bersifat konstruktif dari berbagai pihak, tetap penulis nantikan. Semoga modul pembelajaran ini dapat memberi kontribusi yang bermakna bagi peningkatan efektivitas proses dan optimalisasi hasil pembelajaran dalam lingkup Universitas Darma Persada, dan khususnya dalam lingkup Fakultas Teknologi Kelautan pada masa mendatang.

Jakarta, 19 Juli 2022

Penulis

BAB 1
UMUM

Diskripsi Umum Kapal

1.1.1 Jenis Kapal

Kapal MT REVIEANA merupakan kapal tanker. Kapal ini didesain untuk memuat minyak, dalam hal ini adalah minyak mentah atau sering disebut debgan crude oil. Kapal MT REVIEANA ini memiliki 16 kompartemen terbagi oleh 1 sekat memanjang dan memiliki volume 11000 m^3. Kapal ini didesain memiliki pompa bongkar-muat sendiri yang terletak di ruang pompa dan dilengkapi dengan striping pump. Berangkat dari banyaknya kebutuhan akan minyak, maka adanya kapal tanker sangat membantu kelancaran arus perekonomian suatu bangsa. Inilah tantangan kita sebagai seorang marine engineering, maka kita dituntut untuk dapat mendesain kapal yang memenuhi permintaan serta tidak mengabaikan unsur keselamatan.

1.1.2 Jarakl Pelayaran, Kecepatan dan Waktu satu kali Trip

Jarak pelayaran dari MT REVIEANA ini adalah 1500 mil laut. Berarti kapal dapat menempuh jarak terjauh dengan kapasitas tanki bahan bakar untuk 1500 mil laut. Rute pelayaran dalam operasinya harus mempertimbangkan jarak pelayaran ini. Rute pelayaran ini ditentukan oleh operator kapal dengan mempertimbangkan tempat untuk pengisian bahan bakar.

1.1.3 Kecepatan Kapal

MT REVIEANA didesain dengan kecepatan service (Vs) sebesar 13 knots. Kecepatan service adalah kecepatan dinas kapal yang digunakan selama operasionalnya.

1.1.4 Waktu yang dibutuhkan untuk 1 kali trip

Rute pelayaran dari MT. REVIEANA ini adalah perairan Asia Tenggara , dengan kecepatan dinas 13 knot dan waktu yang dibutuhkan untuk satu kali trip 5 hari atau 120 jam maka jarak pelayaran yang akan dicapai adalah:

R = Vs x T

Dimana:

R = Radius / Jarak Pelayaran (mill)

Vs = Kecepatan dinas (knot)

T = Waktu satu trip (jam)

Sehingga

R = 13 x (120)

= 1560 mill

1.2 Principal Dimension

Perancangan kamar mesin ini dilakukan untuk kapal dengan dimensi utama sebagai berikut :

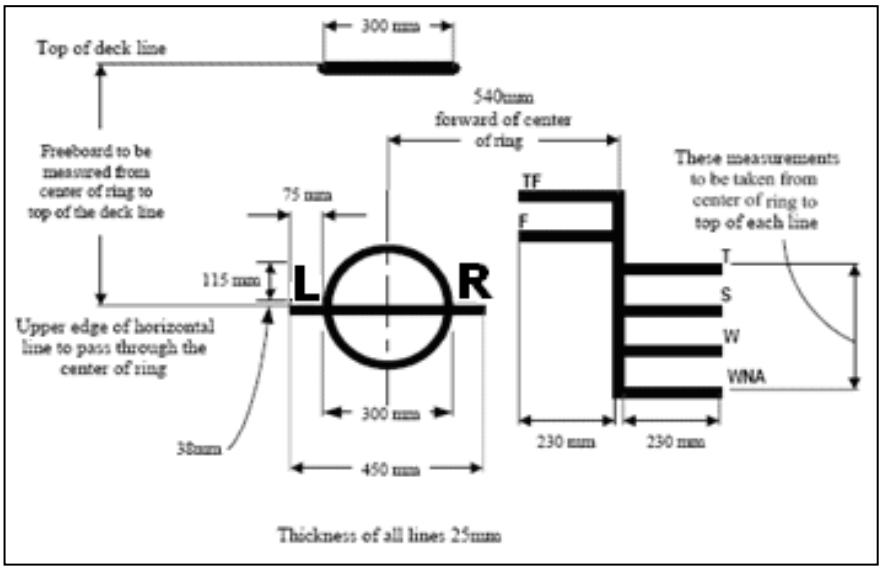
Nama Kapal	: MT. REVIEANA	
Type Kapal	: Oil Tanker	
L_{WL}	: 109.2	m
L_{PP}	: 105	m
B	: 19	m
H	: 10	m
T	: 7,5	m
C_b	: 0,72	

1.3 Load Lines

Load Line merupakan istilah formal yang diberikan untuk menandai bagian dari midship kapal pada kedua sisi dari kapal tersebut untuk menunjukkan batas sarat kapal ketika kapal bermuatan. Pembatasan sarat ini didapat dengan pengukuran dari dek kedap cuaca (normalnya dek freeboard) sampai pada tanda garis muat midship. Jarak antara ini disebut juga dengan “Freeboard” (lambung timbul) pada kapal. (Principal of Naval Architect, hal 173). Titik pusat dari lingkaran diletakkan pada setiap sisi badan kapal di bagian midship kapal, hal ini didefinisikan sebagai Load Line Regulations. Dimana lingkaran dan garis-garis harus dibuat permanen.

Adapun keterangan untuk simbol pada gambar di bawah adalah sebagai berikut :

LR = Lloyd's Register
TF = Tropical Fresh Water Allowance
F = Fresh Water Allowance
T = Load Line in Tropical Zones
S = Summer Load Line
W = Winter Load Line
WNA = Winter North Atlantic Load Line



1.3.1 Design Draft

Adalah sarat yang direncanakan yang merupakan jarak antara dasar kapal sampai pada garis air muatan penuh atau water line. Pada perencanaan ini kapal MT REVIEANA mempunyai nilai desain sarat air sebesar 7,5 m.

1.3.2 Displacement

Merupakan jumlah volume air yang dipindahkan oleh berat badan kapal yang terecelup air. Ada 2 faktor yang mempengaruhi displacement kapal, yaitu berat komponen kapal yang bisa berubah dan berat komponen kapal yang tidak bisa berubah. Besarnya displacement pada kapal ini adalah 11.000 ton *(Doc.No.03 - 4206053).*

1.3.3 Class Notation

Dalam jangkauan klasifikasi, ciri-ciri lambung, mesin dan perlengkapan jangkar ditunjukkan dalam tanda kelas dan notasi yang dibubuhkan pada tanda kelas. Contoh penetapan tanda kelas yang lengkap untuk lambung, mesin dan perlengkapan jangkar adalah sebagai berikut :

	Tanda Kelas
Lambung	✠ 100A1
Permesinan	✠ LMC

Sedangkan untuk penjelasan notasi kelas yang digunakan pada kapal ini adalah sebagai berikut :

- Lambung
  - ✠ Tanda ini digunakan jika kapal baru dibangun dibawah pengawasan Lloyd's Register Special Survey dengan persyaratan yang telah sesuai dengan Lloyd's Register Rules and Regulation.
  - 100 Simbol ini digunakan untuk semua kapal sea-going service.
  - A Simbol huruf ini digunakan untuk semua kapal yang telah dibangun atau diterima oleh Class dan telah sesuai dengan Lloyd's Register Rules and Regulation.
  - 1 Notasi ini digunakan untuk kapal dengan perlengkapan jangkar dan tambat telah memenuhi Lloyd's Register Rules and Regulation.
- Permesinan

  ✠ LMC

  Notasi ini digunakan jika sistem permesinan dan sistem propeller dibangun, dan diuji dibawah pengawasan Lloyd's Register Special Survey dengan mengacu Lloyd's Register Rules and Regulation.

1.3.4 DWT (Dead Weight Tonnes)

DWT adalah perbedaan antara displasemen kapal pada sarat musim panas di air laut tanpa trim dengan massa kapal kosong. Dengan bahasa yang lebih sederhana DWT (dead weight) adalah massa dari semua barang yang bisa dipindahkan dari kapal. Unsur tersebut adalah jumlah massa dari muatan yang diangkut, bahan bakar, minyak pelumas, air tawar, perbekalan, ABK atau penumpang, bagasi dan

ballast tidak tetap. DWT akan berpengaruh pada payload kapal. Besarnya DWT pada kapal ini adalah 8105 ton *(Doc.No 3 - 4206053).*

1.3.5 LWT (Light Weight Tonnes)

Merupakan berat komponen kapal yang bersifat tetap. Pada umumnya dapat dibagi menjadi tiga bagian besar, yaitu :

- Berat baja badan kapal (berat korpus) yaitu berat badan kapal, bangunan atas (superstructure) dan rumah geladak (deck house)
- Berat peralatan yaitu berat dari seluruh peralatan antara lain jangkar, rantai jangkar, mesin jangkar, tali temali, capstan, mesin kemudi, mesin winch, derrick boom, mast, ventilasi, alat-alat navigasi, life boat, davit, perlengkapan dan peralatan dalam kamar-kamar, dll.
- Berat mesin penggerak beserta instalasi pembantunya yaitu berat motor induk, motor Bantu, ketel, pompa-pompa, separator, botol angin, cooler, intermediate shaft, propeller shaft, bantalan-bantalan poros, reduction gear, dan keseluruhan peralatan yang ada di kamar mesin.

  LWT kapal ini sebesar 2936 ton *(Doc.No 3 - 4206053)*

1.3.6 Payload

Merupakan kapasitas cargo atau penumpang yang dapat diangkut oleh kapal. Dalam merancang sebuah kamar mesin dikapal harus diupayakan seminimal dan seefisien mungkin sehingga payloadnya besar atau maksimum sehingga keuntungan yang besar dapat dicapai. Payload yang dimiliki kapal ini sebesar 7964 ton *(Doc.No 3 - 4206053)*

1.3.7 Hubungan Antara DWT, LWT, Displacement dan Payload

Hubungan antara DWT, LWT, dan Displacement adalah dapat dilihat pada perumusan seperti di bawah ini :

$$DWT = \Delta - LWT$$

Sehingga dari perumusan tersebut dapat disimpulkan bahwa displacement adalah total penjumlahan dari DWT dan LWT. Hubungan antara Payload dan DWT dapat dilihat dari perumusan payload , yaitu

$$Payload = DWT - Wt$$

Dimana Wt adalah penjumlahan dari berat bahan bakar, berat berat minyak pelumas, berat air tawar, berat kebutuhan makanan dan berat crew. Semakin besar nilai dari DWT maka semakin besar pula berat dari payload.

1.3.8 GRT (Gross Tonnage)

Merupakan volume ruang didalam kapal. International Tonnage Conference London (1969) diputuskan bahwa 1 tonnage units = gross ton, dan 1 GRT = 100 cbf = 2.83 m^3. Dari buku The Merchant Shipping Tonage Regulation 1982 bisa diketahui peraturan dari tonnage. Rumusan dari tonnage adalah GT = K V, dimana V merupakan volume total untuk semua ruang tertutup dalam meter kubik, K adalah $0.2 + 0.002 \log_{10} V$.

1.4 Main Propulsion System

Untuk memilih jenis penggerak utama kapal yang akan dipergunakan terlebih dahulu diperlukan menghitung besarnya seluruh tahanan yang bekerja pada kapal. Tahanan (resistance) kapal adalah gaya fluida yang bekerja pada kapal sedemikian rupa sehingga melawan gerakan kapal tersebut. Ada banyak metode untuk menghitung besarnya tahanan suatu kapal pada tugas ini menggunakan metode *Harvald*. Dengan metode ini tahanan dihitung dengan menggunakan pendekatan koefisien-koefisien tahanan kapal. Sehingga didapatkan hasil kalkulasi sebagai berikut :

Tahanan Total, Rt = 210 kN *(Doc. No. 02-4206053)*

Tahanan dan daya yang dihitung ini berlaku untuk kapal dalam kondisi pelayaran ideal, yaitu untuk kondisi ideal dari segi angin, gelombang, kedalaman air, dan kemulusan badan kapal. Untuk kondisi rata-rata pelayaran dinas harus diberikan kelonggaran tambahan pada tahanan dan daya efektif yang disebabkan oleh angin, laut, korosi dan fouling pada badan kapal. Tambahan kelonggaran ini sangat tergantung pada jalur pelayaran. Kondisi pelayaran dinas dengan rute Asia Timur, maka terdapat tambahan sea margin sebesar (15%-20%). Sehingga besarnya tahanan yang diterima oleh kapal dalam kondisi sebenarnya, mempunyai harga sebagai berikut :

Tahanan Total, $Rt_{(dinas)}$ = 252 kN *(Doc. No. 02-4206053)*

Kemudian setelah diketahui besarnya tahanan maka dapat ditentukan besarnya daya yang dibutuhkan agar kapal bisa melaju dengan kecepatan yang diinginkan. Pada sistem propulsi kapal daya dari mesin induk hingga daya yang dibutuhkan untuk mendorong kapal mengalami reduksi daya karena sistem propulsi ini mengalami beberapa kali proses transmisi tenaga. Pembagian daya pada sistem propulsi kapal dapat dilihat pada bagan berikut ini :

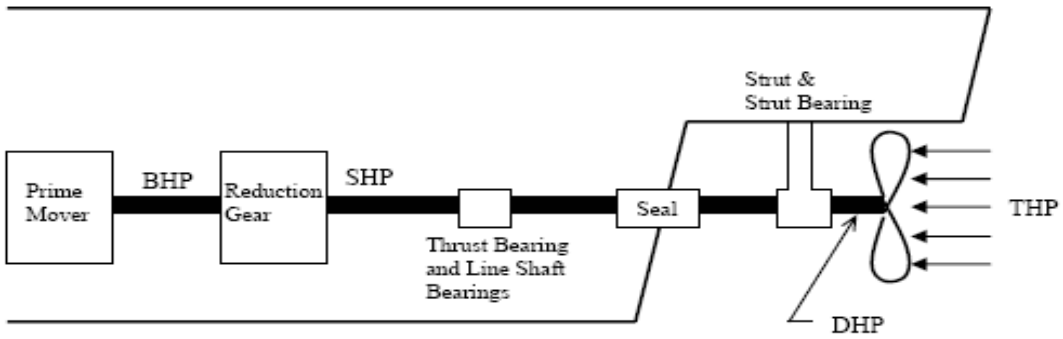


Figure 7.1 – Simplified ship drive train

Dimana ;

- EHP (Effective Horse Power)
  adalah daya yang diperlukan untuk menggerakkan kapal di air atau untuk menarik kapal dengan kecepatan V.
- THP (Thrust Horse Powe r)
  adalah daya yang diperlukan untuk menghasilkan gaya dorong pada bagian belakang propeller kapal.
- DHP (Delivered Horse Power)
  merupakan daya pada tabung poros baling-baling.
- SHP (Shaft Horse Power)
  merupakan daya pada poros baling-baling.
- BHP (Brake Horse Power)
  adalah daya yang keluar dari motor induk. Untuk pemilihan motor induk diperlukan Brake Horse Power saat keadaan maximum continous rating.

Berdasarkan perhitungan daya diatas sehingga dapat dipertimbangkan untuk memilih mesin dengan spesifikasi sebagai berikut : Adapun data-data utama motor induk ini antara lain :

Jenis : MAN B&W

Type : 5 L 35 MC

Daya Max : 3250 KW

Jml.Sylinder : 5

Bore : 350 mm

Stroke : 1050 mm

RPM : 210 RPM

Cycle : 2 strokes engine

SFOC : 177 g/kWh

SLOC : 0.8 – 1.2 g/kWh)

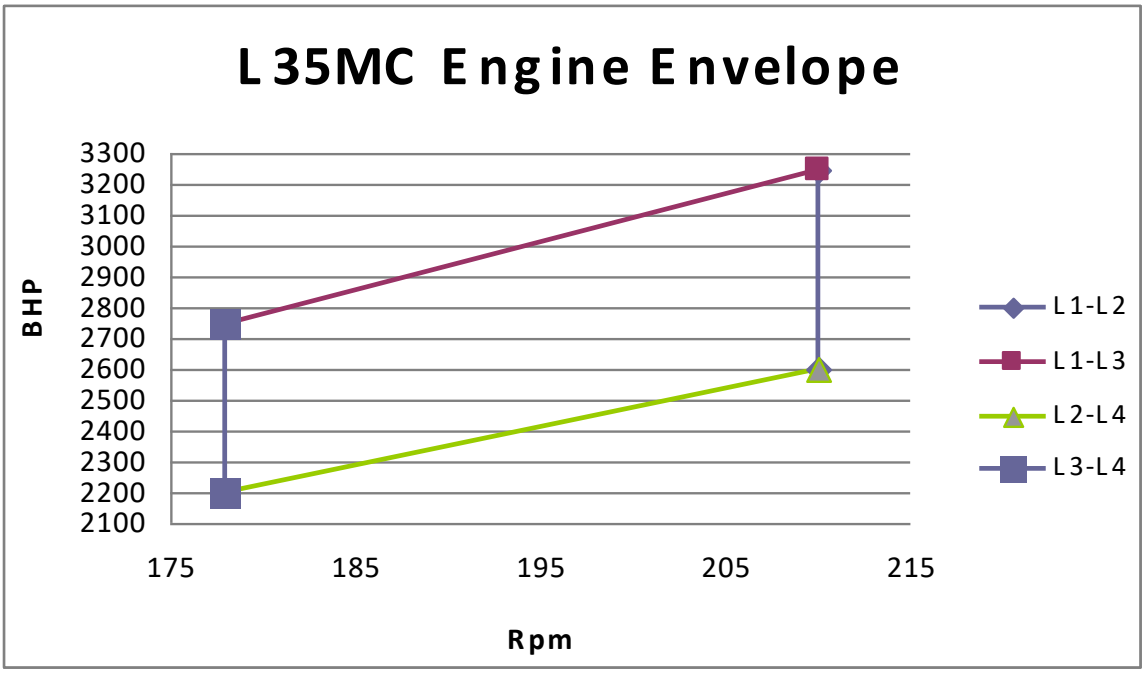
Engine Rating:

MAN B&W Diesel A/S Two Stroke

5 L 35 MC

point	KW	RPM
L1 =	3250	210
L2 =	2600	210
L3 =	2750	178
L4 =	2200	178

Engine Rating Diagram :



Engine Rating diagram diatas menunjukkan hubungan antara daya dan putaran mesin, dimana dapat dilihat besarnya daya yang dibutuhkan oleh motor untuk memutar poros engkol pada kecepatan tertentu. Bahan bakar yang digunakan untuk mendukung operasional motor induk adalah bahan bakar jenis MDO(Marine Diesel Oil) dan HFO (Heavy Fuel Oil). Dimana Bahan bakar MDO ini digunakan pada waktu *starting engine* karena bahan bakar jenis MDO memiliki kualitas pembakaran yang lebih baik, dalam arti karena bahan bakar jenis MDO ini memiliki titik penyalaan dengan suhu yang lebih rendah, artinya bahan bakar MDO dapat terbakar dalam suhu yang lebih rendah bila dibandingkan dengan jenis bahan bakar HFO. Ketika proses starting pada ruang bakar motor diesel masih memilki kondisi temperatur yang relatif rendah sehingga dengan penggunaan bahan bakar MDO maka akan dapat mempermudah dalam melakukan proses tersebut.

Sedangkan bahan bakar jenis HFO biasa digunakan ketika motor diesel tersebut sudah beroperasi, namun dalam penggunaan jenis bahan bakar ini diperlukan beberapa treatment khusus, seperti pemanasan, penyaringan, pemurnian dan lain. Beberapa treatment tersebut digunakan untuk memenuhi kondisi bahan bakar yang siap untuk diinjeksikan dalam ruang bakar. Pemanasan digunakan untuk menjaga kekentalan bahan bakar agar mudah dalam penyaluran ataupun proses pembakaran, sedangkan pemurnian dan penyaringan dilakukan untuk menjaga kualitas bahan bakar tetap bersih dari kotoran maupun campuran bahan lain seperti air dan udara.

Motor induk jenis ini memiliki nilai Specific Fuel Oil Consumption (SFOC) sebesar 177 g/kWh artinya, motor diesel yang digunakan menghabiskan sebanyak 177 gram setiap pemakaian daya sebesar 1 kW perjamnya. Sedangkan untuk Specific Lubrication Oil Consumption (SLOC) mempunyai nilai sebesar 0.15 g/kWh untuk pelumasan pada system dan 0.8 – 1.2 g/kWh untuk pelumasan pada silinder.

Lebih detail mengenai SFOC dan SLOC yang dibutuhkan dapat dilihat pada tabel berikut :

Fuel and lubricating oil consumption

At load Layout point	Specific fuel oil consumption g/kWh		Lubricating oil consumption		
	With conventional turbocharger		System oil Approximate g/kWh	Cylinder oil g/kWh	
	100%	80%		Mechanical cyl. lubricator	MAN B&W Alpha cyl. lubricator
L_1	177	175	0.15	0.8-1.2	0.7
L_2	172	170			
L_3	177	175			
L_4	172	170			

Sistem propulsi pada kapal merupakan suatu sistem yang digunakan untuk menggerakkan kapal. Umumnya sistem ini terdiri dari Motor Penggerak, Gigi Transmisi (Gigi Reduksi), poros antara dan poros propeller dan baling-baling. Motor penggerak yang paling banyak digunakan saat ini adalah jenis motor diesel. Sedangkan poros digunakan untuk mentransmisikan gaya dari motor penggerak ke baling-baling kapal. Gear box merupakan suatu sistem transmisi roda gigi yang digunakan untuk membalik arah putaran (reverse gear) atau untuk mengurangi besarnya putaran (reduction gear). Untuk mereduksi besarnya putaran mesin digunakan Gear Box dengan spesifikasi berikut :

Merk	: ZF Marine
Type	: ZF7549
Ratio	: 2,028

Kapal MT REVIEANA ini menggunakan type propulsor yang konvensional yaitu dengan sebuah baling-baling dengan spesifikasi sebagai berikut :

Series	Wageningen B4-70
Diameter	5 m
P / D	0,9
h propeller	58%
N propeller	101,44 rpm

Baling-baling jenis ulir (screw propeller) merupakan bentuk alat penggerak kapal yang paling umum. Sebuah baling-baling ulir mempunyai dua buah daun atau lebih yang menjorok dari hub atau boss. Boss ini dipasang pada poros yang digerakkan oleh mesin penggerak kapal. Daun baling-baling tersebut dapat merupakan bagian yang menyatu dengan hub, atau merupakan bagian yang dapat dilepas dari dan dipasang pada hub (umumnya jarang dipakai), atau dapat merupakan daun yang dapat dikendalikan (controllable pitch propeller).

Baling-baling umumnya diletakkan pada kedudukan yang serendah mungkin di bagian belakang kapal. Suatu baling-baling harus mempunyai garis tengah sedemikian rupa sehingga bila kapal dalam keadaan bermuatan penuh baling-baling tersebut akan terbenam dan memadai sehingga dapat menghindari sejauh mungkin terjadinya fenomena terikutnya udara (air drawing) dan pemacuan baling-baling (racing) ketika kapal mengalami gerakan angguk (pitching).

1.5 Rules, Regulation and Recomendation

- Rules yang dipergunakan yaitu Lloyd's Register
- Regulation yang dipakai adalah peraturan dari International Maritime Organization (IMO) yang berupa: Marpol, Solas, Tonnage Measurement, Load Line.
- Recommendation meliputi buku-buku yang dipakai dalam perhitungan yaitu: Tahanan dan Propulsi Kapal, Principal Naval Architect, serta Project Guide MAN B&W S26MC.

BAB II
HULL CONSTRUCTION

2.1 Deskripsi Umum Konstruksi Lambung Kapal

Sekat kedap air dan dasar ganda dari sebuah kapal dapat didefinisikan sebagai gambaran penentuan dari ruang muat, kamar mesin, dan peletakan dari sekat – sekat sesuai dengan nomor – nomor frame pada dasar ganda. Kesesuaian itu harus didasarkan pada kesesuaian dengan peralatan, fungsi, dan kebutuhan serta terdapatnya koordinasi antar lokasi.

2.1.1 Jarak Gading (Frame Spacing)

Besar jarak Gading di tentukan oleh klasifikasi, dalam hal ini *Lloyd's Register 2006 Part 4 Chapter 9 section 4 Hull envelope Plating 4.2* menentukan untuk jarak gading di ruang muat untuk kapal dengan panjang > 100 adalah:

sb = 470 + (L/0.6)

sb = 470 + (109.2/0.6) = 652 mm

maka diambil:

a. pada kamar mesin: 600 mm
b. pada ruang muat : 650 mm

Sedangkan jarak gading diluar sekat yaitu jarak antara dua gading yang terdapat di belakang After Peak Bulkhead dan di depan Collison Bulkhead tidak boleh melebihi 600 mm. Pada perencanaan ini diambil jarak gading sebesar 600 mm.

2.1.2 Double Bottom dan Double Hull

- Tinggi Double Bottom menurut klasifikasi adalah:

  d_B = B/15

  d_B = 19/15

  d_B = 12.67 m diambil 12.7 m

- Lebar Double Hull (Dh) adalah :

  d_S = 0,5 + (DWT/20000)

  d_S = 0.5 + (8526/20000)

  = 0.926

diambil harga sebesar 1 m karena menurut klasifikasi *(CSR For double hull oil tanker section 5 / 3.3.1.1)* harga minimum adalah 1 m

- Tinggi Double Bottom di Kamar Mesin adalah menyesuaikan dengan konfigurasi main propulsion system maksimal 2 m. Dalam hal ini direncanakan tinggi double bottom kamar mesin sebesar 1760 mm. *(doc.no. 05 – 42 06 053)*.

2.1.3 Rules dan Rekomendasi

- LR Rules an Regulation Part 3 chapter 5 section 2, dan chapter 6 section 2 - Deck structure
- LR Rules an Regulation Part 4 chapter 9 section 1 – General

2.2 Penempatan Sekat

Pada perencanaan kali ini juga mengatur perencanaan sekat pada kapal. Hal ini penting untuk membagi kapal menjadi bagian – bagian yang kecil dan sesuai dengan fungsinya. Dan juga salah satu fungsinya adalah untuk keselamatan. Berikut ini pembagian sekat – sekat pada kapal ini :

2.2.1 Sekat Buritan

Peletakan sekat buritan mengacu pada panjang minimum dari stern tube. Dimana untuk panjang stern tube minimal sebesar 3 frame spacing. Dalam perancangan kali ini letak sekat buritan terletak pada frame ke- 8.

2.2.2 Letak Sekat Kamar Mesin

Peletakan sekat kamar mesin mengacu pada panjang kamar mesin. Dimana panjang kamar mesin mengacu pada konfigurasi main propulsion system yang dipilih beserta dengan aspek-aspek lainnya. Dalam hal ini panjang kamar mesin didesain dari frame 8 sampai dengan frame 28 sehingga panjang kamar mesin adalah 12 meter.

2.2.3 Sekat Ruang Muat

- Cargo Hold I : terletak antara frame 137 – 151
- Cargo Hold II : terletak antara frame 123 – 137
- Cargo Hold III : terletak antara frame 109 – 123

- Cargo Hold IV : terletak antara frame 95 – 109
- Cargo Hold V : terletak antara frame 81 – 95
- Cargo Hold VI : terletak antara frame 67 – 81
- Cargo Hold VII : terletak antara frame 53 – 67
- Cargo Hold VIII : terletak antara frame 39 - 53

2.2.4 Sekat Tubrukan

Letak sekat tubrukan adalah (0.05 - 0.08)L_L dari FP. Maka sekat tubrukan diletakkan pada frame 152 sebesar 8.4 meter. *(doc.no. 05 – 42 06 053)*

2.2.5 Letak Sekat di Double Bottom

Peletakan sekat di double bottom adalah berkaitan dengan peletakan tangki-tangki yang ada dalam double bottom. Peletakan sekat kedap menurut klasifikasi panjang maksimal 0.5L. Dalam hal ini sekat di double bottom menyesuaikan dengan ruang muatnya. Untuk tangki-tangki yang berada di bawah ruang muat digunakan untuk tangki ballast, dan juga tangki storage bahan bakar.

2.2.6 Rules dan Rekomendasi

- LR Rules an Regulation Part 4 chapter 1 section 9 – Bulkheads
- LR Rules an Regulation Part 4 chapter 1 – General cargo ship

2.3 Tangki – Tangki

Dalam desain kapal ini ada beberapa macam tangki penampungan yang berfungsi untuk menampung segala macam fluida yang berguna dalam operasional kapal. Tangki – tangki tersebut adalah:

2.3.1 Tangki Ballast

Tangki yang paling banyak dijumpai adalah tangki ballast, yang volumenya berkisar antara 10 - 17 % volume displacement kapal. Berikut diskripsi penempatan tangki-tangki ballast:

	Frame	Volume (m^3)
Water Ballast Tank 7S dan 7P	53 - 67	220.19
Water Ballast Tank 6S dan 6P	67 - 81	226.34
Water Ballast Tank 5S dan 5P	81 - 95	198.99

Water Ballast Tank 4S dan 4P	95 - 109	199.03
Water Ballast Tank 3S dan 3P	109 - 123	186.41
Water Ballast Tank 2S dan 2P	123 - 137	138.4
Water Ballast Tank 1S dan 1P	137 - 151	64.14
Volume Total		1233.52 m^3

2.3.2 Tangki Bahan Bakar

Telah diketahui sebelumnya kebutuhan volume masing masing bahan bakar dan untuk memenuhi kebutuhan tersebut maka desain untuk tangki storage bahan bakar diletakkan di double bottom. Berikut diskripsi peletakan tangki bahan bakar:

	Frame	Volume (m^3)
HFO	34 - 51	112.21 m^3
MDO	30 - 34	25.75 m^3

2.3.3 Tangki Air Tawar

Kebutuhan air tawar dipengaruhi oleh pemakaian air tawar dari ABK dan juga kebutuhan untuk pendinginan permesinan. Dari ABK adalah untuk keperluan makan-minum, sanitasi, dan memasak. Kebutuhan air tawar dari ABK adalah sebesar 1.615 untuk sekali trip.

Letak tangki air tawar biasanya berada diatas daerah buritan kapal. Desain kali ini tangki air tawar diletakkan di belakang sekat belakang kamar mesin yaitu di after peak tank dengan volume sebesar 38.73 m^3.

2.3.4 Rules dan Rekomendasi

- LR Rules an Regulation Part 3 chapter 5 section 2, dan chapter 6 section 2 - Deck structure
- LR Rules an Regulation Part 4 chapter 1 – General cargo ship

2.4 Akomodasi

Pemilihan jumlah kru / Anak Buah Kapal adalah salah satu hal yang penting. Ini disesuaikan dengan ke-efisiensian mengenai tugas dan juga ruangan disamping cost juga memiliki pengaruh. Pembagian ruang akomodasi juga harus diperhatikan, ini untuk mengatur supaya ruang muat dibuat semaksimal mungkin. Disamping itu juga harus memperhatikan rasa kenyamanan para kru yang bekerja di kapal.

Berikut adalah perencanaan – perencanaan dalam pemilihan kru dan pembagian ruang akomodasi :

2.4.1 Crew

Crew / Anak Buah Kapal direncanakan berjumlah 17 orang antara lain :

Captain	: 1 orang
Deck Department	
Chief officer (kepala mualim)	: 1 orang
Second officer (mualim I)	: 1 orang
Third officer (mualim 2)	: 1 orang
Deck Crew	
Sea Man	: 1 orang
Quarter Master	: 1 orang
Engine Department	
Chief Engineer (KKM)	: 1 orang
2nd Engineer	: 1 orang
3rd Engineer	: 1 orang
4rd Engineer	: 1 orang
Mechanic	: 2 orang
Electrician	: 2 orang
Catering Department	
Cooker	: 1 orang
Assistant	: 1 orang
Boy	: 1 orang
Total	: 17 orang

2.4.2 Pembagian Ruang Akomodasi

MT. REVIEANA didesain mempunyai 4 deck untuk akomodasi, yakni main deck, poop deck, boat deck, 4 dan navigation deck, dengan tinggi masing-masing deck 2.6 meter. Untuk gambar dan pembagian ruangan dapat dilihat pada *doc. No. 05 – 42 06 053*.

2.4.3 Rules dan Rekomendasi

- LR Rules an Regulation Part 4 chapter 1 section 9 – Bulkheads
- LR Rules an Regulation Part 4 chapter 1 – General cargo ship

2.5 Permesinan Geladak

Pada operasionalnya kapal, tidak selalu terpusat pada kamar mesin saja. Sistem permesinan yang mendukung operasional kapal dan terletak di luar kamar mesin adalah permesinan geladak (Deck Machinery) yang terletak pada geladak cuaca. Berikut adalah berbagai permesinan geladak pada kapal ini:

2.5.1 Permesinan Kemudi

Kemudi yang dipilih :

Bentuk: segi empat (pada umumnya kapal niaga menggunakan kemudi segi empat)

Profil : NACA (profil ini lebih hydro dinamis, sehingga manuver akan lebih baik)

Type : Unbalance

Dari perhitungan mesin kemudi didapatkan torsi kemudi sebesar 160 KNm. Daya motor listrik penggerak dengan effisiensi 0.25 didapatkan sebesar 160 Kw. *(doc. 07 – 42 06 053)*

2.5.2 Permesinan Jangkar dan Alat Tambat

Jumlah dan ukuran jangkar, rantai, tali temali, dan perlengkapan jangkar lainnya ditentukan oleh klasifikasinya. Dalam hal ini menurut Lloyd's Register Rules and Regulation hal tersebut ditentukan oleh karakteristik equipment number Nc, dimana karakteristik tersebut dipengaruhi oleh displacement kapal dan luas proyeksi kapal yang dilihat dari depan dan dari sisi samping. Gaya yang bekerja pada jangkar dipengaruhi oleh besar kapal yang diwakili oleh displacement, dan juga pengaruh tahanan angin yang diwakili oleh luas proyeksi kapal yang berada diatas garis air.

$$Nc = \sqrt[3]{\Delta^2} + (2xhxB) + \left(\frac{A}{10}\right)$$

$$Nc = 1032.61$$

dari tabel 13.7.2 Equipment – bower anchor, didapatkan :

jumlah jangkar =	2	buah
berat jangkar =	3060	kg
Diameter rantai jangkar=	56	mm
panjang tali tarik =	495	m
Beban putus tali tarik =	156.9	KN
Jumlah tali tambat =	4	buah

Jangkar yang dipilih adalah type stockless hall anchor, karena jenis jangkar ini cocok untuk dipakai dalam segala kondisi dasar laut. Tali tambat yang dipilih adalah dari bahan nylon karena lebih tahan lama dan lebih kuat tegangan tariknya untuk diameter yang sama. Untuk menghandle jangkar tersebut diperlukan mesin windlass, dimana untuk karakteristik seperti di atas dibutuhkan daya minimal motor listrik penggerak sebesar 79 KW. Permesinan tambat lainnya yang di butuhkan adalah capstan yang digunakan untuk menarik dan menggulung tali tambat. Direncanakan jumlah capstan yang di install adalah 4 buah, dua di forecastle deck, sisanya berada di geladak cuaca poop deck. Daya minimum motor capstan adalah sebesar 8 KW. *(doc 07 – 42 06 053).*

2.5.3 Rules dan Rekomendasi

- Auxiliary Machinery, M. Khetagurof. for auxiliary machinery (deck machinery)
- SOLAS 74...Aturan aturan tentang keselamatan kapal ketika berlayar
- Permesinan Bantu, Sukarsono mengenai permesinan geladak.

BAB III
GENERAL SERVICE SYSTEM

3.1 Sistem Bilga (Bilge System)

Didalam kapal sistem ini merupakan salah satu sistem yang digunakan untuk keselamatan kapal. sistem ini memiliki fungsi utama yaitu sebagai penguras *(drainage)* apabila tejadi kebocoran pada kapal yang disebabkan oleh grounding (kandas) atau Collision, sistem harus mampu memindahkan air dengan cepat dari bagian dalam keluar kapal. Dengan demikian hal ini akan menyebabkan kapasitas pompa menjadi semakin besar seiring dengan bertambah besarnya ruangan, sedangkan fungsi sampingnya yaitu sebagai penampungan air yang jumlahnya relative kecil yang terkumpul pada sumur bilga (*bilge well*) sekaligus sebagai pengurasannya. Pada kapal tanker air tersebut dapat berasal dari :

1. Pengembunan air laut pada pelat
2. Perembesan pada sambungan pelat sebagai akibat kurang baiknya sambungan tersebut (karena retak)
3. kebocoran pada shaft tunnel

Sistem bilga dibedakan menjadi 2 (dua) yaitu :

1. *Clean Bilge System*, merupakan sistem yang digunakan untuk mengatasi terjadinya kebocoran kapal khusus pada ruang muat untuk kapal cargo, sedangkan pada kapal tanker tidak ada.
2. *Oily water Bilge System*, merupakan sistem yang digunakan untuk mengatasi kebocoran dan drainage air pendingin di kamar mesin, mengatasi pengembunan pada kamar pompa beserta kebocoran muatan minyak yang timbul saat unloading. Sistem ini terpisah dari sistem yang digunakan pada ruang muat karena jenis fluida yang ditangani berbeda, yaitu air yang bercampur minyak.

Komponen-komponen sistem bilga terdiri dari :

1. Well (sumur/penampungan) yang terletak pada plate bilge dibagian pinggir dan belakang kompartment dan jumlahnya minimal 2, masing-masing pada port side

dan starboard side. Volume well maximum 0,5 m^3 dan tidak boleh kurang dari 0.15 m^3 (Rules Recommendation) dengan kedalaman < 0,5 tinggi double bottom ($H_{d/b}$)

2. Pipa utama yang digunakan untuk melayani dan mengatasi kebocoran pada kamar mesin dan ruang pompa, sehingga menurut klasifikasi diameter minimum (D_{min}) yang diijinkan merupakan fungsi dari ukuran kapal.
3. Pipa cabang yang digunakan untuk melayani dan mengatasi khusus pada compartment saja, sehingga menurut klasifikasi diameter minimum yang diijinkan merupakan fungsi ukuran compartment.

Sedangkan konfigurasi instalasi perpipaannya terdiri dari Branch (satu cabang pipa untuk mengatasi satu bilge well, dengan buka tutup katup secara manual) dan O ring Type (satu pipa cabang melayani semua bilge well, dengan buka tutup katup dibantu oleh control pneumatik ataupun hidraulik). Pada perancangan ini instalasi pipa cabang direncanakan menggunakan type branch, dengan pertimbangan kemudahan operasi dan pemeliharaan. Pompa yang digunakan type Vertical Gear Pump dengan tekanan (head) minimum mampu memindahkan fluida minimal sampai overboard (O/B). Pada perancangan, sistem bilga direncanakan memiliki komponen dan spesifikasi sebagai berikut:

1. Bilge well
2. Pipa utama dan pipa cabang
3. Pompa
4. Over board
5. Separator
6. Sludge tank

Detail perhitungan tertera pada Doc. No. 08- 42 06 053

3.2 Sistem Ballast (Ballast System)

Merupakan system yang digunakan untuk menjaga keseimbangan (stabilitas) kapal apabila terjadi trim atau list (oleng) terutama pada saat bongkar muat dipelabuhan. Untuk menjaga keseimbangan perlu dilakukan pengisian dan pembuangan air laut pada tangki-tangki ballast, sehingga dapat menjaga titik berat kapal serendah mungkin dan mepertahankan posisi kapal selalu dalam kondisi even keel. Pertimbangan untuk mendapatkan titik berat serendah mungkin maka tangki ballast diletakkan pada double

bottom. Proses water ballast dibedakan menjadi dua yaitu ballasting (pengisian air ballast) dan deballasting (pembuangan air ballast).

Prinsip kerja dari sistem ini sangat sederhana, dimana pompa digunakan sebagai pemindah air laut, dari sea chest dan dipindahkan kedalam tangki-tangki ballast atau mengosongkan air ballast pada tangki ke overboard (O/B). sistem ini menjadi rumit untuk didesain karena pompa yang berfungsi sebagai mesin fluida hanya dapat menyalurkan air laut dalam satu arah saja. Sehingga perancangan lebih lanjut yang terkait dengan pelayanan umum di kapal (General Service System) dilakukan secara interkoneksi dengan sistem lainnya.

Desain sistem ballast erat kaitannya dengan proses bongkar muat di pelabuhan terutama waktu yang dibutuhkan untuk melakukan bongkar-muat, dan secara langsung juga berpengaruh terhadap perubahan displacement kapal. pada beberapa literatur disebutkan bahwa berat air ballast secara keseluruhan berkisar antara 10% – 17% dari displacement kapal. Komponen-komponen penyusun sistem ballast terdiri dari:

1. Sea Chest, merupakan lubang pada lambung kapal berfungsi sebagai pusat sumber air laut untuk semua kebutuhan kapal termasuk kebutuhan air ballast, jumlah dan ketinggiannya disesuaikan dengan kebutuhan, yang lebarnya dibatasi 1 (satu) jarak frame.
2. Pipa utama dan pipa cabang, merupakan tempat air ballast dari dan keluar tangki ballast, untuk desain diameternya dapat ditentukan dari volume tangki ballast secara keseluruhan dan desain waktu pengisian yang disesuaikan dengan waktu bongkar muat di pelabuhan.
3. Tangki ballast, merupakan tempat untuk air ballast yang terletak pada double bottom tank dan sebagian pada tangki ceruk. Untuk tangki yang terletak pada double bottom dipisah menjadi 2 bagian yaitu bagian port dan starboard yang tiap sisinya terdiri dari empat buah tanki.
4. Pompa yang digunakan merupakan jenis centrifugal dengan pertimbangan debit lebih diutamakan daripada headnya.
5. Overboard, merupakan tempat yang digunakan untuk semua proses pembuangan air laut yang bersifat clean, yang terletak diatas garis air muat.

Pada perancangan ini, sistem ballast direncanakan memiliki komponen dan spesifikasi sebagai berikut;

1. Tangki ballast
2. Sea chest
3. Pipa utama dan cabang
4. jumlah katup dan fitting
5. pompa
6. Overboard

Detail perhitungan tertera pada Doc. No. 12 – 42 06 053

3.3 Sistem Pemadam Kebakaran (Fire Extinguishing System)

Adalah sistem yang digunakan untuk mengatasi, mencegah dan menghentikan terjadinya kebakaran yang terjadi pada kapal, secara keseluruhan maupun per bagian. Kebakaran menjadi salah satu bahan pertimbangan yang penting dan tidak bisa diabaikan begitu saja, karena menyangkut keselamatam awak, muatan dan kelangsungan kapal itu sendiri. Walaupun kebakaran di atas kapal tidak terjadi secara periodic, namun semua komponen dan spesifikasinya telah diatur dengan baik di dalam klasifikasi maupun standart perancangan kapal. Kebakaran merupakan suatu peristiwa terjadinya nyala api sebagai akibat adanya reaksi antara material, sumber panas dan oksigen yang cukup. Secara umum senyawa dan unsur tersebut dinyatakan sebagai bentuk segitiga api, sebagai berikut: material, oksigen, sumber panas. Satu-satunya cara untuk mencegah terjadinya kebakaran adalah dengan menghilangkan atau memisahkan salah satu dari ketiga unsur tersebut. Hal ini dapat dilakukan dengan cara:

1. Menurunkan suhu dibawah suhu pembakaran
2. Menurunkan kadar Oksigen
3. Menjauhkan material yang mudah terbakar

Kebakaran yang mungkin terjadi pada kapal digolongkan menjadi 3 (tiga) bagian besar beserta penanggulangannya, yaitu sebagai berikut :

1. Kebakaran material yang terjadi pada ruang muat (cargo tank) dapat dipadamkan dengan menggunakan air laut dan foam
2. Kebakaran yang terjadi pada kamar mesin terutama yang disebab oleh minyak dapat dipadamkan dengan menggunakan foam dan CO_2.

3. Kebakaran yang disebabkan oleh hubungan pendek arus listrik biasanya terjadi pada ruang kemudi (Wheelhouse) dan di engine control room, dapat dipadamkan dengan menggunakan portable extinguisher dan CO_2

Secara umum sistem pemadam kebakaran dikapal minimal harus tersusun atas beberapa sistem yang disesuaikan dengan jenis kebakaran yang mungkin terjadi.

3.3.1 Sea Water Fire Fighting System

Merupakan sistem pemadam kebakaran yang memanfaatkan air laut sebagai media pemadamannya yang diambil langsung melalui sea chest menggunakan ballast pump dan juga general service pump sebagai fire pump kedua. Air laut tersebut disemburkan ke beberapa titik api yang kemungkinan terjadi melalui deck hydrant, baik di ruang muat ataupun di geladak akomodasi. Jalur pipa utama untuk pemadam kebakaran dipasang secara permanent pada main deck dan deck house.

Khusus pada main deck jalur utamanya dipasang Hydrant yang dirancang dengan 2 (dua) hose outlet yang dapat digunakan untuk menyemburkan air secara simultan ke segala arah. Sedangkan pada deck house kecuali wheelhouse dipasang secara permanent suatu instalasi pemadam yang berupa water sprinkle dan smoke detector yang diinterkoneksikan dengan sea water hydrophore sebagai pendistribusi aliran fluida. Komponen-komponen penyusun pada sistem ini adalah sebagai berikut:

1. Sea chest, merupakan tempat masuk air laut yang berfungsi sebagai pasokan air laut yang digunakan untuk memadamkan api. Ketentuan, letak, dan jumlah sea chest sama dengan sub bab 3.2 pada system ballast.
2. Pipa utama dan pipa cabang, yang berfungsi sebagai jalur air laut untuk memadamkan api yang disebarkan secara merata ke seluruh kapal.
3. Hydrant, merupakan sumber distribusi air laut yang terletak pada main deck di sekitar geladak ruang muat dan akomodasi dengan peletakannya pada gangway dimana intensitas ABK melewatinya cukup tinggi dengan pertimbangan kemudahan untuk dicapai oleh awak kapal.
4. Fire hoses untuk ukuran standart 2,5 inchi inside diameter dengan panjang 60 feet dan dilengkapi dengan hoses nozzle yang dapat digunakan untuk mengatur jenis semprotan air.

3.3.2 Foam Fire Fighting system

Merupakan system pemadam kebakaran yang memanfaatkan ketebalan lapisan campuran foam kering dan air laut (busa) untuk menutupi (mengisolasi) permukaan material yang terbakar api dari udara dan sekaligus mendinginkannya, secara umum digunakan di kamar mesin dan di Main Deck (atas Cargo hold). Foam tersedia sepanjang waktu dan kecil kemingkinannya untuk terbakar. Foam ini terbuat dari campuran antara dry powder foam dan air laut yang direaksikan pada compound tank, yang hasilnya di busakan pada proporsioner (ejector).

BAB IV
FUEL OIL SYSTEM

4.1 Umum

4.1.1 Filosofi Perencanaan Sistem Bahan Bakar

Sistem bahan bakar pada kapal ini dirancang dengan menggunkan 2 jenis bahan bakar, yaitu heavy fuel oil (HFO) dan Diesel Oil (DO). Pada sistem HFO, HFO dipompa dengan pompa yang digerakkan dengan electric motor menuju settling tank, pompa ini disebut dengan HFO transfer pump. Dari setling tank HFO di pompa dengan HFO feed pump menuju HFO service tank melalui centrifuge yang dipasang paralel untuk memisahkan antara bahan bakar dengan endapan yang terjadi dan juga air. Pada feed pump terdapat filter dan juga heater, heater ini berfungsi sebagai pemanas sebelum bahan bakar masuk ke sentrifuge. Untuk sistem DO, DO disimpan di DO storage tank kemudian dipompa dengan DO feed pump melalui sebuah centrifuge yang memisahkan DO dengan endapan dan juga air menuju ke DO service Tank.

Dari service tank bahan bakar didorong dengan supply pump yang digerakkan secara elektris dengan menjaga tekanannya pada sekitar 4bar – 6bar sebelum masuk ke circulating pump, tekanan circulating pump berkisar antara 8bar – 10bar. Bahan bakar kemudian didorong masuk ke main engine melalui heater dan full flow filter, dan perlu dipastikan kapasitas circulating pump harus melebihi jumlah yang dibutuhkan oleh main engine sehingga kelebihan bahan bakar yang disuplai akan kembali ke service tank melalui venting box dan de aerating valve yang mana pada valve tersebut akan melepaskan gas dan membiarkan bahan bakar masuk kembali ke pipa circulating pump. Tekanan terukur pada main engine sekitar 7-8 bar tekanan ini eqivalen dengan tekanan pada circulating pump yaitu 10 bar.

4.1.2 Jenis Bahan Bakar

Pada operasi engine yang konstan, maka engine harus menggunakan heavy fuel. Jika rekomendasi ini tidak dilakukan, maka akan terjadi *Latent risk* atau kerusakan tersembunyi pada kualitas diesel oil dan heavy fuel yaitu pembentukan

campuran yang tidak sempurna selama penggantian bahan bakar. Oleh karena itu tidak disarankan menggunakan diesel oil untuk operasi engine pada semua beban kerja.

ada keadaan khusus, penggunaan diesel oil diperbolehkan dan diperlukan dan dapat dilakukan sewaktu-waktu ketika engine tidak dioperasikan. Penggantian ini menjadi diperlukan untuk waktu yang sesaat. Pada penggunaan ini, kapal disyaratkan tidak bekerja atau berhenti pada waktu yang cukup lama dengan kondisi engine dingin. Kondisi ini adalah:

- Saat kapal docking
- Berhenti selama lebih dari 5 hari
- Dilakukannya reparasi pada system bahan bakar utama
- Kondisi lingkungan yang terjadi.

Spesifikasi bahan bakar (HFO)yang digunakan oleh mesin L 35 MC berdasarkan rekomendasi

MAN BW (L 35 MC Project Guide, 6.02.06) adalah sebagai berikut :

Property	Value
Density at 15 ^{o}C	≤ 991 [kg/m3]
Kinematic viscosity - at 100 ^{o}C - at 50 ^{o}C Flash point	 ≤ 55 [cSt] ≤ 700 [cSt] ≤ 60 [^{o}C]
Pour point	≤ 30 [^{o}C]
Carbon Residue	≤ 22 [% mass]
Ash	≤ 0,15 [% mass]
Total sediment after ageing	≤ 0,10 [% mass]
Water	≤ 1 [% mass]
Sulphur	≤ 5 [% mass]
Vanadium	≤ 600 [mg/kg]
Aluminium + Silicon	≤ 80 [mg/kg]

Componen dari fuel oil system antara lain :

a. Fuel oil centrifuge

type dari manual cleaning centrifuge tidak direkomendasikan untuk AMS begitupula untuk UMS.Dapat digunakan pada instalasi antara lain :

- Specific gravities < 0.991 (corresponding to ISO 8217and British Standard 6843 from RMA to RMH and CIMAC from A to H grades.
- Specific gravities > 0.991 (corresponding to CIMAC K-grades)

b. Fuel oil supply pump

Fuel oil supply pump merupakan pompa type screw atau type gear pump

Fuel oil viscosity, specified up to	700 cSt at 50^0 C
Fuel oil viscosity maximum	1000cST
Pump head	4 bar
Delivery pressure	4 bar
Working temperature	100^0 C

c. Fuel oil circulating tank

Fuel oil supply pump merupakan pompa type screw atau type gear pump

Fuel oil viscosity, specified up to	700 cSt at 50^0 C
Fuel oil viscosity maximum	1000cST
Fuel oil viscosity normal	20cST
Pump head	6 bar
Delivery pressure	10bar
Working temperature	150^0 C

4.2 Storage To Settling Tank

4.2.1 Storage Tank

Adalah tangki yang dipergunakan untuk tempat penimbunan bahan bakar yang terletak pada engine room dan untuk pengisian dilakukan dari geladak cuaca.

4.2.5 Transfer Pump

Adalah pompa yang digunakan untuk memindahkan fluida (Fuel Oil) dari tangki penimbun ke tangki pengendapan, sesuai dengan peletakan peralatan pada kamar mesin maka dipilih spesifikasi pompa. Adapun spesifikasi untuk transfer pump adalah sebagai berikut :

type	: ONV-7	
putaran	:850	rpm
kapasitas	:14	m^3/h
daya motor	:2.6	hp
head	:20	m

4.2.6 Settling Tank

Adalah tangki yang digunakan untuk mengendapkan bahan bakar yang telah di pindahkan oleh transfer pump dari tangki penimbun**.** Lama waktu yang diperlukan untuk mengendapkan bahan bakar ini minimal adalah 24 jam hal ini berdasarkan class rule.

4.3 Settling To Service Tank

4.3.1 Pre-heater

Pada system bahan bakar ini perlu adanya pemanasan lebih lanjut. Pemanasan dilakukan pada supply system dan pemanasan sebelum masuk ke main engine (pre-heater). Karena suhu bahan bakar yang masuk ke engine adalah 150^0 C. Adapun heater yang digunakan dalam perencanaan ini adalah electrical heater.

4.3.2 Feed Pump

Adalah pompa yang digunakan untuk memindahkan fluida (Fuel Oil) dari tangki penimbun (settling tank) ke tangki harian (service tank). Jenis pompa yang digunakan adalah jenis screw wheel atau gear wheel.

spesifikasi HFO feed pump :

type	: ON-V 6	
putaran	: 850	rpm
kapasitas	: 11	m^3/h
daya motor	: 2,2	hp
head	: 20	m

Spesifikasi DO feed pump :

merk	: Iron	
pompa	Pump	
type	: ON-V 5	
putaran	: 1150	rpm
kapasitas	: 13	m^3/h
daya motor	: 2,7	hp
head	: 15	m

4.3.3 Supply pump

Adalah pompa yang digunakan untuk memindahkan fluida (Fuel Oil) dari tangki harian ke pompa injeksi, dapat mempertahankan tekanan suction pada circulating system mendekati 4 bar. Jenis pompa yang dipakai adalah jenis screw wheel atau gear wheel.

Spesifikasi supply pump :

merk		
pompa	: Alweiler	
type	: SPF 20-46	
tekanan	: 5	bar
kapasitas	: 17.2	liter/menit
daya motor	: 0.25	hp
head	: 10	m

4.3.4 Circulating Pump

Spesifikasi circulating pump :

merk		
pompa	: Alweiler	
type	: SPF 40-46	
tekanan	: 10	bar
kapasitas	: 33.8	liter/menit
daya motor	: 0.8	hp
head	: 20	m

4.3.5 Service Tank

Merupakan tangki yang digunakan untuk melayani kebutuhan bahan bakar pada mesin induk. Bahan bakar dialirkan dari service tank melalui sebuah saringan (strainer) ke pompa penyalur bahan bakar yang pompa tersebut digerakkan oleh mesin itu sendiri. Bahan bakar dikeluarkan dari pompa dan mengalir dengan melalui sebuah filter dan kadang-kadang juga melalui filter tahap akhir sebelum ke pompa injeksi bahan bakar.

4.4 Auxiliary Engine Fuel System

Untuk system bahan bakar pada auxiliary engine menggunakan bahan bakar MDO.

BAB V
LUBRICATING OIL SYSTEM

5.1. Umum

5.1.1 Engine Project Guide tentang system pelumas

System pelumasan dalam project guide L 35 MC ini terdiri dari dua macam system yaitu Uni-Lubricating Oil System dan Cylinder Lub Oil System. Untuk sistem Uni–Lubricating Oil minyak pelumas dilewatkan inlet “RU” hingga mendinginkan bagian bantalan mesin hingga naik ke torak, camshaft dan katup pembuangan (exhaust valve). Crankcase dari mesin mempunyai saluran ventilasi melalui “AR” dengan sebuah pipa yang tersambung langsung dengan geladak.

Pipa ini mempunyai sebuah sistem penguras (drain) sehingga minyak yang terkondensasi bisa dibuang ke tangki penguras (drain tank). Minyak disalurkan oleh pompa hingga melewati pendingin, katup thermostat dan saringan aliran penuh kemudian disalurkan ke bagian-bagian mesin. Pembagian utama dari pelumas dibagi untuk pendingin piston dan bantalan. Kemudian dari mesin pelumas dikumpulkan didalam oil pan atau penampung minyak pelumas, lalu disalurkan ke dalam sump tank. Untuk sambungan eksternal kecepatan maksimal aliran ditentukan sebesar 1.8 m/s.

Minyak pelumas yang digunakan harus dapat menghindari terjadinya oksidasi dan karat dengan jenis SAE 30. Untuk mempertahankan keadaan piston dan crankcase bersih dari deposit, maka minyak perlu kandungan deterjen dan dispersion yang cukup. Beberapa merk minyak pelumas yang dapat dipakai adalah pada yang terlampir pada bagan berikut dibawah ini :

Company	Circulating oil SAE 30/TBN 5-10
Elf-Lub.	Atlanta Marine D3005
Castrol	Marine CDX-30
Chevron	Veritas 800 Marine
Exxon	Exxmar XA

Fina	Alcano 308
Mobil	Mobilgard 300
Shell	Melina 30/30S
Texaco	Doro AR 30
BP	Energol OE-HT-30

Pelumas Silinder umumnya digunakan pelumas dengan grade viskositas SAE 50. Karena untuk mesin dua langkah memiliki permintaan tersendiri pada kandungan deterjen pada pelumas silindernya. Dimana direkomendasikan memilki kandungan deterjen dan TBN yang tinggi. Yaitu dengan kandungan TBN 70. Beberapa merk minyak pelumas yang direkomendasikan pada project guide adalah sebagai berikut ini :

Company	Cylinder oil SAE 50/TBN 70
Elf-Lub.	Talusia HR 70
Castrol	S/DZ70 cyl.
Chevron	Delo Cyloil Special
Exxon	Exxmar X 70
Fina	Vegano 570
Mobil	Mobilgard 570
Shell	Alexia 50
Texaco	Taro special
BP	CLO 50-M

5.2. Uni Lubricating Oil system

5.2.1 Storage/Service tank

Service tank merupakan tangki yang digunakan untuk melayani kebutuhan pelumas selama pelayaran.

5.2.2 Sump tank

Sump tank digunakan untuk menampung pelumas yang keluar dari main engine, serta dapat digunakan sebagai tangki sirkulasi.

5.2.3 Filter

Spesifikasi filter yang digunakan dalam perencanaan ini adalah sebagai berikut :

Merk : ALFA LAVAL

5.2.4 Lub Oil Cooler

Lub oil cooler dalam perencanaan ini digunakan untuk mendinginkan temperature pelumas yang akan masuk ke main engine. Temperature masuk pelumas ke main engine harus dijamin 45^{o} C. Dalam perencanaan ini digunakan heat exchanger tipe shell and tube.

5.3 Cylinder Lub Oil System

5.3.1 Cylinder lub oil storage tank

Cylinder lub oil storage tank digunakan untuk menampung semua kebutuhan cylinder lub oil selama pelayaran.

5.3.2 Cylinder lub oil service tank

Cylinder lub oil service tank digunakan melayani kebutuhan pelumas silinder selama 2 hari (48 jam). Pelumas dari tangki ini akan mengalir secara gravitasi, sehingga ketinggian minimum untuk tangki service ini adalah 3000 mm dari inlet main engine (AC).

5.3.3 Cylinder lub oil pump

Merk Pompa	Taiko pump	
Type	NHG-6	
Putaran	1500	rpm
Daya	3.7	kW
Kapasitas	7.5	m3/h
Tekanan	6	bar

BAB VI
ENGINE COOLING SYSTEM

6.1 Umum

Sistem pendinginan mesin secara prinsipnya ada dua jenis, yaitu sistem pendinginan terbuka dan sistem pendinginan tertutup.

1. Sistem pendinginan terbuka

   Merupakan sistem pendinginan yang menggunakan fluida, yang mana fluida tersebut langsung berhubungan dengan udara. Sistem pendinginan ini maksudnya adalah air pendingin yang digunakan untuk mendinginkan mesin diambil dari katub pemasukan, kemudian mengerjakan tugas mendinginkan mesin, lalu secara langsung dibuang ke lingkungan. Sehingga dapat dikatakan bahwa air pendingin berhubungan langsung dengan udara.

2. Sistem pendinginan tertutup

   Merupakan sistem pendinginan yang air pendinginnya tidak secara langsung berhubungan dengan udara. Maksudnya adalah air pendingin yang mendinginkan mesin didinginkan oleh fluida lain yang dapat secara teratur digantikan.

Pada jenis mesin yang dipilih terdapat dua jenis tipe pendinginan yang dapat digunakan, diantaranya yaitu:

- Sistem Pendingin air laut (Sea Water Cooling System)

  Merupakan sistem pendingin terpisah dalam pengertian masing–masing bagian yang didinginkan disediakan cooler sendiri – sendiri, fluida pendinginnya langsung dengan air laut. Kerugian pada sistem ini memerlukan material komponen yang tahan korosi, biaya maintenance lebih besar, bila terjadi salah satu komponen mengalami kerusakan akan menyebabkan komponen yang lainnya terganggu fungsinya. Kelebihan sistem jenis ini maintenance lebih mudah dan biaya awal lebih murah.

  Pada spesifikasi sistem pendingin untuk engine MAN & BW pendingin digunakan untuk mendinginkan minyak pelumas, jacket water, pendingin udara bilas.

- Sistem Pendinginan Terpusat (Central Cooling System)

  Sistem pendingin ini didesain dengan hanya mempunyai satu heat exchanger yang didinginkan dengan air laut, sedangkan untuk cooler yang lain termasuk jacket water,

minyak pelumas, udara bilas, air tawar yang bertemperatur rendah. Sistem pendingin jenis ini sangat kecil peralatan yang berhubungan langsung dengan air laut sehingga masalah korosi dapat dikurangi.

Sistem pendingin terpusat terdidri atas tiga sirkuit yaitu :

1. Sea water circuit , merupakan pendingin dengan fluida air laut yang mendinginkan central cooler, sirkuit ini disuplai dengan pompa sea water pump, air laut diambil dari sea chest pada sisi kapal, out put aliran ini akan langsung dibuang keluar melaui over board.
2. Fresh water sirkuit, dibagi lagi menjadi 2 yaitu:

a. High temperature circuit, digunakan untuk mendinginkan jacket water cooler, dimana fresh water dialirkan oleh jacket water pump, dan sisa–sisa penguapannya diolah pada deaerating tank untuk dimanfaatkan kembali untuk pendinginan.
b. Low temperature circuit, digunakan untuk mendinginkan Lube oil cooler dimana temperatur inletnya sebesar 36^0C dan outletnya 43^0C, mendinginkan scavenging (udara bilas).

- *Seawater Cooling System*

  Sea water cooling system digunakan untuk mendinginkan main engine lubricating cooler, jaket water cooler dan scavenge air cooler. Sistem pendingin air laut digunakan untuk mendinginkan pendingin oli main engine, jacket water cooler, dan juga scavange air cooler. Kapasitas dari sea water pump didasarkan pada temperatur keluaran dari air laut yaitu 50^0C setelah melewati pendingin dengan temperatur masukan 32^0C (pada kondisi tropis), dari temperatur tersebut temperatur dapat naik sebesar 18^0C.

  Air laut diambil melalui sea chest dan disirkulasikan oleh sea water pump. Air laut yang keluar dari sea water pump disirkulasikan menuju lubricating oil cooler dan sebagian dari air laut yang disirkulasikan diarahkan pada scevenging air cooler pada engine. Fluida yang melalui lubricaing oil cooler menyerap panas dari lubricating oil kemudian diteruskan untuk mendinginkan jacket water cooler. Setelah keluar dari jacket water cooler, sea water dapat dibuang melalui over board atau disirkulasikan kembali dalam system.

Katup-katup yang diletakkan dalam sistem dapat mengatur aliran air pendingin dan harus disediakan dalam skala gradual. Hubungan posisi satu sama lain dalam pendingin dalam sistem tersebut untuk dapat mencapai :

- Temperatur pendingin yang rendah yang masih memungkinkan untuk mendapatkan pendingin yang lebih murah. Dilain pihak, dalam rangka untuk mencegah oli pendingin membeku pada kondisi dingin, inlet dari pendingin tidak boleh kurang dari 10^0C
- Cooling inlet temperatur pada scavange air cooler dibuat serendah mungkin, dalam rangka untuk menjaga konsumsi bahan bakar sesedikit mungkin.

- *Central Cooling Water System*

Air laut diambil melalui sea chest dan disirkulasikan oleh sea water pump. Air laut yang keluar dari sea water pump masuk ke central cooler untuk mendinginkan fresh water yang ada di dalamnya, kemudian keluar melalui sea water outlet. Sedangkan fresh water yang telah didinginkan di sentral cooler disirkulasikan ke scavenging dan ke lubricating oil cooler apabila temperaturnya belum sesuai. Setelah didinginkan di lubricating oil cooler, sea water disirkulasikan ke jacket water cooler. Pada jacket cooling system pendinginan harus berjalan dengan baik sehingga harus dijaga komponen-komponennya agar tidk terjadi kerusakan baik korosi, fatig, kavitasi, dan scale. MAN B&W merekomendasikan untuk menggunakan preheater jika tidak tersedia preheater dari auxiliary engine.

Untuk koneksi pipa eksternal, velosity dari air untuk keadaan maksimum mengikuti :

Jacket water.....3.0 m/s
Central cooling water (FW-Lt).....3.0 m/s
Seawater…….....3.0 m/s

Berikut ini adalah beberapa keuntungan dan kerugian dalam pemilihan cooling system

Seawater Cooling System

Keuntungan :

1) Hanya menggunakan 2 set cooling water pump
2) Instalasinya simple dan hanya menggunakan sedikit system pipa

Kerugian :

1) Membutuhkan maintenance sangat banyak dan mahal

2) Pipa untuk seawater yang tahan terhadap korosi sangat mahal seperti misalnya pipa Cu-Ni.

Central Cooling System

Keuntungan :

1) Hanya satu heat exchanger yang didinginkan oleh seawater dan hanya satu heat exchanger yang dioverhoul.
2) Seluruh heat exchanger didinginkan oleh fresh water dan material yang digunakan lebih murah.
3) Hanya sedikit pipa yang korosif pada instalasi
4) Mengurangi maintenance untuk komponen pendingin
5) Penambahan utilitas alat

Kerugian :

1) Ada 3 set cooling water pump (seawater, freshwater low temperature, dan jacket water temperature)
2) Membutuhkan biaya awal yang mahal.

Dalam perancangan ini digunakan sistem central cooling karena lebih menguntungkan dalam pengeluaran biaya mintenance karena hanya sedikit pipa yang korosif pada instalasi. Selain itu biaya yang dikeluarkan untuk material pipa lebih murah karena tidak membutuhkan pipa yang tahan korosi.

6.2 Seawater cooling circuit

6.2.1 Seawater cooling pump

Pompa dengan type sentrifugal

Seawater flow……79 m^3/h

Test pressure.....according to class rule

Working temperature……..maximum 50^0 C

Kapasitasnya harus terpenuhi dengan toleransi antara 0% sampai 10% dan memenuhi pendinginan hanya untuk main engine. Dalam perancangan kamar mesin ini, sea water cooling pump yang dipakai adalah dengan spesifikasi peralatan sebagai berikut :

Merk pompa	:	Taiko pump	
Type	:	EHC -130D	
Putaran	:	1800	Rpm
Frekwensi	:	50	Hz
Daya motor	:	30	Kw
Kapasitas	:	110	m^3/h
head pompa	:	60	m

6.2.2 Pipa Sea Water Cooling

Pipa jenis carbon steel standard JIS :

Inside diameter = 108.3 mm

Thickness = 6 mm

Outside diameter = 114.3 mm

Nominal pipe size = 100 A

Minimum thickness (class requirement) = 3.2 mm

Class I, Schedule 40

6.2.3 Central Cooler

Heat dissipation .....1160 kW

Central cooling water flow.....60 m^3/h

Central cooling water temperature,outlet…….. 36^0 C

Pressure drop on central cooling side……....maximum 0.2 bar

Seawater flow……..98 m^3/h

Seawater temperature inlet……...32^0 C

Pressure drop on SW side…… maximum 0.2 bar

Pressure drop mungkin cukup besar, tergantung pada desain sesungguhnya. Panas disipasi dan aliran SW tergantung pada keluaran MCR pada kondisi tropis, temperature SW 32^0 C dan udara pada ambient temperatur adalah 45^0 C.

6.2.4 Over Board

Air yang tidak terpakai akan dikeluarkan melalui Outboard. Dimana peletakan Outboard ini haruslah 0,76 m diatas garis air, pada satu outboard harus diberi satu katup jenis SDNRV (Screw Down Non Return Valve)

6.3 Fresh Water Cooling Circuit

6.3.1 Pipa Fresh Water Cooling System

Pipa jenis carbon steel, standart JIS

Inside diameter = 108.3 mm

Thicness = 6 mm

Outside diameter = 114.3 mm

Nominal pipe size = 100A

Minimum thickness (class requirement) = 3.2 mm

class III, Schedule 40

6.3.2 Central Cooler (Fresh Water Side)

Pressure drop : maximum 0.2 bar

6.3.3 Fresh Water Cooling Pump

Berdasarkan perhitungan, spesifikasi fresh water cooling pump yang digunakan dalam perancangan ini adalah sebagai berikut :

Merk pompa	:	Taiko Pump	
Type	:	EHC130D	
Frekwensi	:	50	Hz
Kapasitas	:	110	m^3/h
head pompa	:	60	m

6.3.4 Jacket Water Cooling Pump

Berdasarkan perhitungan, spesifikasi jacket water cooling pump yang digunakan dalam perancangan ini adalah sebagai berikut :

Merk pompa	:	Taiko Pump	
Type	:	TMC-65B	
Frekwensi	:	50	Hz
Kapasitas	:	40	m^3/h
head pompa	:	43	m

6.3.5 Jacket Water Cooler

Jacket water cooler digunakan untuk mendingin silinder dari main engine. Jacket water cooler ini didinginkan oleh Fresh Water-Low Temperature.

BAB VII
STARTING AIR AND
COMPRESSED AIR SYSTEM

7.1 Umum

Sistem starting yang digunakan pada main engine di kapal sering menggunakan media udara bertekanan yang disuplai kedalam silinder. Peng-injeksian udara bertekanan ini dilakukan dengan urutan yang sesuai untuk arah putaran yang disyaratkan. Suplai udara bertekanan di simpan dalam tabung udara(bottles) yang siap digunakan setiap saat. Sistem starting umumnya dilengkapi dengan katup pembalik(interlocks valve) untuk mencegah start jika segala sesuatunya tidak dalam kondisi kerja. Udara bertekanan di produksi oleh kompresor dan disimpan pada tabung(air receiver). Udara bertekanan lalu di suplai oleh pipa menuju automatic valve dan kemudian ke katup udara start silinder.

Pembukaan katup start akan memberikan udara bertekanan ke dalam silinder. Pembukaan katup silinder dan automatic valve dikontrol oleh pilot air system. Pilot air ini diberi dari pipa besar dan menerus ke katup pengontrol yang dioperasikan dengan lengan udara start pada engine. Jika lengan ini dioperasikan, suplai pilot air mampu membuka automatic valve. Pilot air untuk arah operasi yang sesuai juga disuplai ke distributor udara.

Alat ini umumnya digerakkan dengan camshaft dan memberi pilot air ke silinder kontrol dari katup start. Pilot air lalu disuplai dalam urutan yang sesuai dengan operasi engine. Katup udara start dipertahankan tertutup oleh pegas jika tidak digunakan dan dibuka oleh pilot air yang langsung memberi udara bertekanan ke dalam silinder. Sebuah interlock didalam automatic valve yang menghentikan pembukaan katup jika turning gear engine menempel. Katup ini mencegah udara balik yang telah dikompresikan oleh engine kedalam sistem.

7.1.1 Rules dan Rekomendasi yang Digunakan

a) Starting dengan udara bertekanan

- Main engine yang distart dengan udara bertekanan dilengkapi dengan paling tidak dua kompresor. Satu diantaranya berpenggerak independen dari main engine, dan harus mampu mensuplai 50% dari total kapasitas yang diperlukan.
- Kapasitas total udara start dalam tabung harus dapat diisi dari tekanan atmosfir sampai tekanan kerja 30 bar dalam waktu 1 jam.
- Tabung udara disediakan dua dengan ukuran yang sama dan dapat digunakan secara independen.
- Kapasitas total tabung harus memperhatikan paling tidak dapat digunakan start 12x baik maju atau mundur untuk engine yang reversibel dan tidak kurang dari 6x start untuk engine non-reversibel. Jumlah start berdasar pada engine saat dingin dan kondisi siap start.
- Jika sistem udara start digunakan untuk starting auxilary engine, mensuplai peralatan pneumatic, peralatan manoeuvering, atau tyfon semuanya disuplai dari tabung udara maka harus dipertimbangkan dalam perhitungan kapasitas tabung udara.

b) Starting dengan Listrik

- Jika Main engine distart dengan listrik maka harus tersedia dua bateray yang independen. Rangkaian bateray ini direncanakan tidak dapat dihubungkan pararel antara satu dengan yang lainnya karena masing - masing Baterey harus mampu untuk starting main engine dalam kondisi dingin. Total kapasitas bateray harus cukup untuk operasi selama 30 menit tanpa pengisian.
- Jika dua atau lebih auxiliary engine di start dengan listrik paling tidak tersedia dua bateray yang independen. Kapasitas bateray harus cukup paling tidak 3x operasi start-up untuk setiap engine. Jika hanya satu auxiliary engine distart dengan listrik, satu bateray cukup.
- Bateray start hanya boleh digunakan untuk starting(pemanas mula jika perlu) dan untuk memonitor peralatan yang ada pada engine.

  Pada Engine MAN & BW tidak direkomendasikan menggunakan sistem ini, sedangkan untuk auxiliary engine (genset) menggunakan sistem starting electric

dimana untuk memenuhi kapasitas starting 3x setiap auxiliary engine (2 genset,1 sebagai cadangan).

c) Jalur Udara Bertekanan

- Jalur tekanan yang terhubung ke kompresor dipasang dengan non-RV pada outlet kompresor.
- Jalur udara start tidak boleh digunakan sebagai jalur pengisian untuk tabung udara.
- Hanya slang/pipa dengan material yang sudah dites yang dapat dipasang pada jalur starting diesel engine dimana tetap terjaga tekanannya.
- Jalur udara start untuk setiap engine dilengkapi dengan non return valve dan penguras(drain).
- Tyfons harus disambungkan pada dua tabung udara.
- Sebuah safety valve harus dipasang dibelakang pad setiap katup penurun tekanan(reducing valve).
- Tekanan tangki air dan tangki lainnya yang dihubungkan ke sistem udara bertekanan dipertimbangkan sebagai tabung tekan dan harus sesuai persyaratan standart.

7.1.2 Engine Project Guide tentang Sistem Start

Udara start dengan tekanan 30 bar disuplai oleh kompresor ke tabung udar (receiver) dan dari receiver menuju ke main engine melalui inlet " A". Melalui tahap penurunan tekanan, udara bertekanan 7 bar disuplai ke engine seperti:

- Kontrol udara untuk sistem manuvering, dan pegas udara exhaust valve, melalui "B".
- Udara pengaman untuk emergency stop melalui "C"
- Melalui reducing valve udara bertekanan 10 bar disuplai ke titik "AP" untuk membersihkan turbo charge (soft blasting), dan volume yang sedikit digunakan untuk menguji katup bahan bakar.

Konsumsi udara untuk control air, safety air, pembersihan turbo charge, pelapis udara untuk exaust valve dan untuk menguji katup bahan bakar dan untuk starting auxiliary engine yang dilayani dengan laju aliran tabung udara dan

kompresor sebesar 8,6 kg/s. Pipa udara start, yang terdiri dari katup start utama, non return valve, distributor udara dan katup start. Katup star utama dikombinasi dengan sistem manuvering yang mengontrol starting engine.

Distributor udara mengatur suplai kontrol air ke katup start berdasarkan urutan pengapian. Katup exaust dibuka secara hidraulik, dan gaya menutupnya didapat dengan pegas pneumatik yang menyebabkan valve spindel berputar bebas. Udara bertakanannya diambil dari sistem manuvering.

Pelapis kedap udara untuk spindel katup exaust didapat dari sistem manuvering dan diaktifkan oleh kontrol air pressure.

7.2 Starting Air System

7.2.1 Pipes & Accessories

Diameter Pipa untuk sistem start ini telah ditentukan oleh Project Guide MAN B&W sehingga tidak dilakukan perhitungan terhadap pemilihan pipa.

Pipa yang dari B dan AP sebesar 25 mm

Pipa dipilih jenis carbon steel, yang ada dipasaran sesuai Standart JIS:

Inside diameter (dH) = 30.6 mm
Ketebalan = 3.4 mm
Outside diameter = 34 mm
Nominal pipe size = 25A
Schedule 40

Pipa yang dari C sebesar 12 mm

Pipa dipilih jenis carbon steel, yang ada dipasaran sesuai Standart Amerika B36.10:

Inside diameter (dH) = 15 mm
Ketebalan = 2.3 mm
Outside diameter = 17.3 mm
Nominal pipe size = 10A
Schedule 40

Pipa yang dari A sebesar 65 mm

Pipa dipilih jenis carbon steel, yang ada dipasaran sesuai Standart Amerika B36.10:

Inside diameter (dH) = 71.1 mm

Ketebalan = 5.2 mm
Outside diameter = 76.3 mm
Nominal pipe size = 65A
Schedule 40

7.2.2 Botol Udara Start

Botol udara start digunakan untuk menampung udara yang telah dimampatkan oleh kompressor. Botol udara start *(Starting air receiver)* harus disediakan manhole dan flage untuk pipe connection. Starting air receiver memiliki volume untuk reversible 12 start sebesar 2 x 1 m^3, dengan tekanan kerja sebesar 30 bar. Letak botol udara start di platform (starboard).

7.2.3 Kompressor

Berdasarkan perhitungan compressor, maka didapatkan spesifikasi compressor sebagai berikut :

Merk	=	Hatlapa
Series	=	L80II - 2 STAGES
Berat	=	380 kg
Putaran	=	1450 RPM
kapasitas	=	72.5 m3/h
Daya	=	15.5 kW
Panjang	=	1300 mm
Lebar	=	655 mm
Tinggi	=	775 mm

7.3 Compressed Air System

Equipment dan system lain yang disuplai oleh compressed air system antara lain :

- Sea chest (blasting)
- Sirine
- Workshop
- Hydrophore
- Genset start system
- Genset control system

BAB VIII
SANITARY AND SEWAGE SYSTEM

8.1 Umum

Sanitary dan sewage sytem merupakan sistem yang digunakan untuk pemenuhan air tawar (fresh water) dan air laut (sea water) untuk pemenuhan kebutuhan para ABK dan ruang akomodasi. Penggunaan tersebut antara lain pada ruang atau tempat sebagai berikut:

1. Tempat cuci/laundry
2. Dapur
3. Kamar mandi dan WC
4. Wastafel-wastafel di mess room, hospital dan di kamar mandi
5. Pencucian geladak

Pada buku Kethagurov (marine auxilary engine and system) kapasitas pompa dapat ditentukan dari kebutuhan orang perhari,yaitu sebagai berikut:

a. Sea water : 20 – 30 liter/hari
b. Air pencuci : 20 liter/hari
c. Air minum : 10 liter/hari

Kapasitas pompa harus dirancang sedemikian rupa, sehingga service tank yang memuat 0.2-0.4 dari konsumsi perhari.

8.1.1 Rules yang digunakan

Acuan regulasi yang digunakan adalah

a. Scuppers dan overboard discharges harus sesuai
b. Untuk discharge diatas freeboard deck/bulkhead deck pipa berikut dapat digunakan:
   - Pipa yang memiliki ketebalan lebih tipis dengan persetujuan klas
   - Pipa tipe special dengan persetujuan klas.
c. Jika sanitary discharge melewati ruang muat harus terlindungi dari benturan dari muatan.
d. Sewage tank harus dipasang pipa udara menuju open deck.

e. Sewage tank harus dipasangi dengan filling connection, rinsing connection dan level alarm.
f. Pompa ballast dan bilga tidak boleh digunakan untuk mengosongkan tanki sewage.

8.2 Sistem Air Tawar

8.2.1 Tangki Air Tawar

Adalah tangki untuk menyimpan kebutuhan air tawar yang digunakan untuk kebutuhan ABK sehari-hari dan kebutuhan air tawar untuk mesin induk selama berlayar.

8.2.2 Pipa-pipa pada masing-masing deck

Diameter pipa	= 50 mm
Material	= Carbon steel
Standart	= JIS
Inside diameter	= 56.6 mm
Thickness	= 3.9 mm
Outside diameter	= 60.5 mm
Nominal pipe size	= 50A
Schedule 40	

8.2.3 Fresh Water Hydrophore

Spesifikasi hydrophore yang akan digunakan dalam perencanaan sistem air tawar ini adalah sebagai berikut :

Model	: UH 051 Shinko
Capasity	: 5 – 15 m^3/jam
Volume	: 1 m^3
Head	: 40 – 60 m
Operating pressure	: 3 – 5.5 kg/cm^2
Speed pump	: 3000 Rpm

8.2.4 Pompa AirTawar

Berdasarkan perhitungan, pompa sirkulasi untuk air tawar yang akan digunakan dengan spesifikasi sebagai berikut :

Merk pompa	: Shinko Pump
Type	: AHJ 50-2
Putaran	: 3000 Rpm
Daya	: 2.2 kW
Kapasitas	: 11 m^3/hr
Head	: 35 m
Frekuensi	: 50 Hz

8.3 Sistem Air Laut

8.3.1 Pipa-pipa pada masing-masing deck

Diameter pipa	= 50 mm
Material	= Carbon steel
Standart	= JIS
Inside diameter	= 56.6 mm
Ketebalan	= 3.9 mm
Outside diameter	= 60.5 mm
Nominal pipe size	= 50 A
Schedule 40	

8.3.2 Seawater Hydropore

Spesifikasi hydrophore yang akan digunakan dalam perencanaan sistem air laut ini adalah sebagai berikut :

Model	: UH 051 Shinko
Capasity	: 5 – 15 m^3/jam
Volume	: 1 m^3
Head	: 40 – 60 m
Operating pressure	: 3 – 5.5 kg/cm^2
Speed pump	: 3000 Rpm

8.3.3 Pompa Air Laut

Berdasarkan perhitungan, pompa sirkulasi untuk air laut yang akan digunakan dengan spesifikasi sebagai berikut :

Merk pompa : Shinko Pump
Type : AHJ 50-2
Putaran : 3000 Rpm
Daya : 2.2 kW
Kapasitas : 11 m^3/hr
Frekuensi : 50 Hz

8.4 Sistem Sanitari dan Sewage

8.4.1 Pipa Sewage

Material = Carbon steel
Standart = JIS
Inside diameter = 56.6 mm
Ketebalan = 3.9 mm
Outside diameter = 60.5 mm
Nominal pipe size = 50A
Schedule 40

8.4.2 Pompa Sewage

Berdasarkan perhitungan, pompa sewage yang akan digunakan dengan spesifikasi sebagai berikut :

Merk pompa : Shinko Pump
Type : AHJ 50-2
Putaran : 3000 Rpm
Daya : 2.2 kW
Kapasitas : 5 m^3/hr
Head : 20 m
Frekuensi : 50 Hz

BAB IX
CARGO HANDLING

IX.1 Sistem Bongkar Muat

Sistem perpipaan yang direncanakan untuk tipe kapal tanker ini dirancang menggunakan jalur pipa yang sama untuk masing-masing proses pembongkaran muatan dan pengisian muatan. Khusus pada saat loading atau pengisian muatan, digunakan fasilitas pompa dari darat. Untuk sistem stripping atau pengosongan sisa cairan digunakan sistem perpipaan tersendiri.

1) Rules yang digunakan untuk mendesain sistem bongkar muat pada kapal ini adalah LR Part 5 chapter 15 , tentang Cargo Pumps, Cargo Line System, tank Heating and Steaming out lines, dan Tankers for the carriage of Oil Cargo.
2) MARPOL annex 1, tentang Regulation for the Prevention of Pollution by Oil Applicable to Tankers

Rute pelayaran kapal ini adalah Surabaya – Singapura dengan radius pelayaran sejauh 1500 mil laut.

A) Tangki-Tangki Muatan

Tangki muatan berjumlah 16 kompartemen memanjang kapal dengan masing-masing dipisahkan oleh sekat kedap mutan melintang kapal. Tangki-tangki ini masing-masing terpisahkan menjadi dua bagian secara melintang, antara lain :

8 Tangki Starboard

8 Tangki Portside

Pertimbangan yang digunakan adalah untuk mengurangi luas permukaan bebas cairan muatan yang ada di dalam tangki. Tangki muatan ini direncanakan seluruhnya diisi dengan crude oli.

B) Sistem Perpipaan

Diagram sistem perpipaan untuk keperluan pembongkaran muatan cairan dan stripping line ini mempergunakan tipe perpipaan langsung atau inline. Sistem perpipaan untuk keperluan pembongkaran muatan cairan atau cargo discharge ini menggunakan dua jalur perpipaan untuk penyaluran muatan kargo line dengan diameter masing-masing 12”

atau 304.80 mm. Masing-masing jalur sistem perpipaan langsung berhubungan dengan ruang pompa dan dilayani oleh pompa muatan yang saling berhubungan.

C) Sistem Stripping

Sistem penyaluran pembuangan sisa muatan cairan atau stripping line ini memiliki satu buah jalur perpipaan berdiameter 6” atau 152.40 mm yang melayani stripping atau pengeluaran sisa muatan dari seluruh tangki. Sistem ini terpisah dari sistem bongkar muat utama, tetapi dalam beberapa penggunaan, sistem ini dapat dihubungkan dengan sistem bongkar muat bila diperlukan untuk mengeluarkan dan membersihkan sisa muatan minyak di saluran pengisapan setelah pembongkaran. Masing-masing jalur sistem perpipaan ini langsung berhubungan dengan ruang pompa dan dilayani oleh pompa stripping.

D) Sistem Pemompaan

1) Sistem pemompaan ini menggunakan kamar pompa yang terletak diantara ruang muatan dan kamar mesin.
2) Sistem pemompaan menggunakan 2 buah pompa sentrifugal untuk masing-masing sistem bongkar muat dan 1 Buah pompa gir untuk stripping.
3) Sistem pemompaan direncanakan mampu untuk melakukan pemuatan dua jenis muatan.

E) Oil Discharge Monitoring

Oil discharge monitoring berfungsi untuk mengontrol kandungan minyak dalam air yang akan dibuang ke laut dengan kadar yang sesuai dengan peraturan IMO mengenai penangulangan pencemaran di laut. Jika tidak memenuhi persyaratan air ini akan dipompa kembali ke slop tank. Kapasitas dan daya untuk oil discharge monitoring ini tidak termasuk di dalam perencanaan sistem bongkar muat.

IX.2 Pertimbangan Pemilihan Sistem

Pompa muatan yang terdapat pada kapal-kapal tanker dipakai untuk mengisi dan membongkar muatan, dan untuk pengisian ballast pada beberapa tangki, selain dengan melakukan pemindahan muatan antar tangki bilamana diperlukan bagi kapal untuk berlayar kembali dengan kondisi sebagian muatan telah dibongkar. Beberapa kapal tanker modern dilengkapi sistem ballast terpisah dari percampuran muatan. Khususnya minyak, dimana tangki-tangki ballasnya ini dengan sistem pompa terpisah.

Ukuran pompa muatan ditentukan berdasarkan besar muatan yang diangkut oleh kapal. Untuk sistem perpipaan pengisian secara langsung dipakai pada kapal pengangkut minyak berukuran besar, dimana muatannya hanya satu jenis saja. Pada kapal-kapal tanker berukuran lebih kecil, yang mengangkut muatan lebih dari satu jenis dan harus terpisahkan, lebih dibutuhkan sistem pompa yang lebih rumit.

Pompa muatan utama pada kapal-kapal tanker modern umumnya bertipe sentrifugal, baik dengan digerakkan turbin maupun motor listrik, dan memiliki kapasitas pemompaan yang besar. Pada kapal-kapal tanker besar pompa ini mampu berkapasitas pembongkaran sebesar 500 m^3/ jam. Pompa sentrifugal berkapasitas besar ini tidak tepat jika dipakai untuk proses stripping atau pengosongan tangki muatan, sehingga untuk keperluan ini dipakai pompa torak untuk stripping dengan kapasitas yang lebih kecil, misalnya 150 m^3/ detik dan dilengkapi dengan jalur stripping tersendiri.

IX.2.1. Sistem Perpipaan Melingkar

Sistem bongkar muat pada kapal tanker yang pertama kalinya adalah dengan menggunakan perpipaan yang menghubungkan tangki-tangki secara melingkar atau berbentuk ring. Dalam sistem ini perpipaan melintang melalui sebuah kompartemen tangki-tangki di tengah dan kedua sisi kanan dan kiri kapal, dan saling berhubungan dengan kompartemen tangki-tangki di depan dan kompartemen tangki-tangki di belakangnya. Pengisian muatan dilakukan dengan prinsip menekan muatan masuk dari tangki utama dan pembongkaran muatan
dilakukan dengan membuka katup pembuangan di dasar unutk mengalirkan muatan sehingga menuju ke tangki utama, demikian halnya dengan proses pengosongan tangki.

Umumnya sistem perpipaan melingkar ini dipakai pada kapal-kapal tanker lama, dengan tipe three island, untuk mendapatkan fleksibilitas pemompaan. Sistem ini dipakai pada kapal-kapal tanker yang mengangkut muatan lebih dari satu jenis, dengan sistem pompa yang lebih rumit dan memerlukan dua dari tiga kamar pompa. Satu pompa dipasang di depan kamar mesin, satu unit dipasang di bagian tengah, dan jika diperlukan ditambah satu unit lagi di bagian depan kapal.

Keuntungan sebagai berikut :

1. Masing-masing tangki terhubung secara melingkar, sehingga lebih memudahkan bongkar muat dan pemindahan antar tangki.
2. Pengisian dan pembongkaran muatan dapat dilakukan dengan lebih cepat.

3. Dalam satu sistem pompa dapat dipakai mengangkut lebih dari satu jenis muatan.

Kelemahan sebagai berikut :

1. Memerlukan pompa dengan daya lebih besar karena jalur perpipaan yang digunakan lebih panjang.
2. Memerlukan lebih banyak katup-katup untuk pengaturan bongkar muat muatan.

IX.2.2. Sistem Perpipaan Langsung

Sistem perpipaan langsung atau in line, dengan istilah lain sistem pengaturan secara block, merupakan sistem perpipaan untuk bongkar muat yang terdiri dari pipa bercabang yang terpasang secara memanjang badan kapal melalui tangki tengah, dimana percabangan-percabangan pipa secara memanjang tersusun untuk pengisian tangki-tangki pada kedua bagian sisi kapal. Pompa sentrifugal lebih tepat digunakan pada sistem ini.

Kapal-kapal tanker yang membawa satu jenis minyak olahan, dan kapal-kapal tanker tang didesain seluruhnya membawa minyak mentah, memiliki kamar pompa yang terpasang di belakang, di depan kamar mesin. Sistem perpipaan langsung ini biasanya banyak dipakai dimana terdapat tiga atau empat jalur perpipaan, sekaligus sebagai pengisapan dari setiap tangki. Masing-masing pompa pembongkaran berhubungan dengan sambungan darat dengan dilengkapi denagn sambunagn darat dengan dilengkapi oleh sambungan pengisian muatan pada tangki. Pada sistem ini juga dilengkapi sistem ballast yang terpisah dari muatan, dan stripping yang tersendiri.

Pada beberapa kapal tanker memiliki sistem pembongkaran muatan dengan mekanisme pengaturan katup yang terdapat pada sekat antar tangki. Sistem ini memungkinkan aliran muatan bersamaan terhisap menuju ruang pompa di belakang tangki. Kebanyakan kapal tanker besar menyesuaikan sistem ini dengan memasang katup di sekat memanjang, sehingga aliran muatan melalui jalur pipa dari sisi ke tangki tengah. Jalur pengisapan pada pompa muatan terdapat pada tangki tengah.

Keuntungan sebagai berikut :

1. Pengaturan untuk sistem pengisian dan pembongkaran muatan lebih mudah karena perpipaannya berbentuk percabangan memanjang.
2. Pompa yang digunakan memilki daya yang lebih kecil karena perpipaan yang digunakan lebih pendek.

3. Kamar pompa dapat diletakkan di belakang ruang muat, di depan kamar mesin sekaligus sebagai ruang pemisah dan menambah kapasitas tangki muatan sebuah kapal.

Kelemahannya sebagai berikut :

4. Satu sistem pompa hanya melayani satu jenis muatan sehingga lebih cocok untuk kapal yang mengangkut satu jenis muatan, atau dipasang lebih dari satu pompa untuk pengangkutan beberapa jenis muatan.
5. proses bongkar muat dan pemindahan antar tangki memerlukan waktu lebih lama karena hanya dilayani oleh satu jalur pipa. Penambahan daya pompa sebesar 15%.

IX.2.3 Cara kerja sistem

Separator pada sistem ini dilengkapi dengan saluran keluar uap(vapour outlet),sight glass dan lever controller,yang ditempatkan dekat pompa cargo pada saluran isap. Keluaran uap diteruskan ke tangki interceptor yang akan mengeliminasi kandungan titik air(moisture),dan hasil dari tangki ini yang dalam bentuk cairan akan dikembalikan ke separator dan sedangkan yang dalam bentuk uap diteruskan ke pompa ekstraksi uap melalui exhaust control valve. Pompa ini di kontrol dengan pressure switch A dan B,memindahkan dari tangki interceptor dan saluran keluarannya menuju ke udara atmosfir pada ketinggian yang sesuai melalui tangki reservoir yang dilengkapi dengan coil pendingin internal. Kuantitas air yang sedikit dibawa dengan uap jatuh ke dalam tangki dan kembali ke pompa. Perancangan sistem ini seperti dijelaskan sebelumnya harus menjamin bahwa pompa cargo selalu dalam kondisi priming penuh. Debit pada keluarannya di atur dengan katup butterfly dalam saluran keluaran dari cargo, dikontrol dengan pengatur posisi pneumatic(regulator), sebuah termostat dipasang untuk melindungi terhadap overheating jika pompa bekerja pada debit yang dibatasi atau tertutup.

Setelah elemen yang bukan cairan dipisahkan keluar, ketinggian cairan di tangki separator akan turun, selama katup kontrol tertutup. Tingkat pengontrolan di berikan dengan kebersihan, udara kering pada tekanan yang sesuai dan juga direncanakan bahwa tekanan keluar meningkat teratur dari 200 mbar sampai 1000 mbar, sampai ketinggiannya berkurang. Pada 240 mbar pressure switch A akan aktif tetapi pompa ekstraksi tidak dalam kondisi start, pada 270 mbar exhaust control valve akan terbuka dan jika diatas saluran isap, separator akan mengevakuasi ke udara atmosfir melalui

lever controller,exh.control valve, vacuum pump, Reservoir tank dan ketinggian fluida pada separator akan meningkat, tekanan keluar lever controller akan menurun, sehingga exh. Control valve akan menutup dan switch A terputus.

Selama pompa bekerja dan udara yang masuk meningkat maka ketinggian pada separator akan menurun lagi, tekanan keluar pada lever controller akan meningkat, exh.control valve akan terbuka , switch A dan B akan aktif, sehingga pompa vakum bekerja dan separator akan mengaktifkan ventilasi. Ketinggian pada separator akan meningkat pompa vakum akan berhenti exh.control valve tertutup dan switch A dan B akan terputus. Urutan proses ini akan berulang terus sampai frekwensi snoring pada sisi isap membawa udara masuk yang banyak sehingga pompa vakum bekerja terus.

IX.3. Cargo Oil System

IX.3.1. Suction

a) Pompa cargo menghisap muatan jenis minyak tanah dari tangki nomor 1- 8 dimana masing - masing tanki mempunyai satu saluran hisap yang dilengkapi dengan bell mouth dan katup tipe butterfly untuk mengatur hisapan dan isolasi dari tanki lain bila diperlukan
b) Terdapat satu crossover valve untuk mengontrol hubungan antara saluran pipa no 1 dengan no 2 digunakan bila diperlukan.
c) Saluran hisap utama mempunyai hubungan dengan suction line dari stripping system bila diperlukan.
d) Sebelum masuk pompa, minyak melewati saringan strainer untuk menyaring kotoran yang ada dan mencegah kerusakan pompa.

8.3.2. Discharge

a) Pompa cargo dilengkapi dengan relief valve (BKI Vol III '88) untuk mencegah tekanan berlebih saat discharge dalam pompa sehingga bila terjadi kelebihan tekanan, katup terbuka dan cargo mengalir kembali ke suction line pompa
b) Discharge line dilengkapi dengan katup butterfly dan check valve (non-return valve) serta gate valve dan hubungan dengan filling line saat loading sesuai dengan jenis muatannya.
c) Terdapat hubungan antar discharge line pompa no 1 dan no 2 digunakan apabila diperlukan

d) Cargo oil di discharge keluar dengan pompa cargo manifold spill tank sebagai tanki distribusi dan penyetabil aliran fluida.

IX.3.3. Loading

a) Untuk proses pemusatan tangki loading menggunakan sistem pipa dengan filling line untuk masing - masing dan sistem pompa menggunakan pompa dari darat tanpa melewati pompa cargo di kamar pompa.
b) Filling line no 1 - 10 untuk saluran pengisian tangki no 1 - 5 Filling pipe dilengkapi dengan gate valve dan pipa tipe leher angsa pada ujung pipa dan diletakkan ujungnya sampai ke dasar tangki.
c) Loading dan filling line diatur sedemikian agar memudahkan dalam pengaturan dan pengontrolan pengisian maupun saat ballast dengan loading - unlaoding antara tangki .
d) Perlu informasi untuk teknis penanganan muatan ballast dan slops yang aman.
   Yang harus tersedia diatas kapal, dengan detil pada saat pemuatan maksimum, dapat mempertahankan kapasitas dan ruang hampa dan tekanan maksimum yang diizinkan masing-masing tangki.

IX.3.4. Tangki

❖ Rule classification
❖ Technic :
- Material strength
- Dimension
- Lay out/ arranggement
- Ekonomi

❖ Maintenance (cleaning sistem)
- Harus dibersihkan secara periodik
- Harus free gas dalam perawatan
- Pompa digerakkan oleh motor fixed atau portable
- Semburan/spray ± 150 psi / lebih tinggi dari tekanan discharge

IX.3.5. Pompa

Kapasitas pompa yang dibutuhkan untuk proses discharge(keluar) pada sistem bongkar muat kapal tangker cukup besar, hal ini dikarenakan salah satunya untuk menjaga keseimbangan dengan kisaran debit kurang lebih 600 m^3/hr untuk kapal ukuran besar. Pompa yang digunakan umumnya jenis centrifugal dengan penggerak elektrik atau turbin. Dengan kapasitas yang mencukupi pompa mampu memindahkan fluuida kerja(crude oil) dengan aliran menuju orifice, dari sini akan ditentukan berdasarkan viskositas, Specific Gravity, rugi gesekan, udara yang masuk dan dalam kasus uap oli memberi peringatan pada perubahan cahaya lampu jika tekanan di saluran isap turun di bawah tekanan uap oli.Ini laju tertinggi yang sesungguhnya, dimanana akan turun sampai dibawah kondisin pompa yang disyaratkan tetapi rata-rata pemakaian akan dihasilkan dari kapasitas pompa pada saat minyak(crude) yang lewat cukup menjaga tingkat kekedapan.Masalah ini terjadi jika elemen yang bukan cairan dipisahkan dari fluida sebelum meningkatkan bukaan orifice pada sisi isap dan jika laju pada sisi keluaran(discharge) dibatasi sampai aliran ke sisi isap.

Pompa cargo harus memnuhi persyaratan sebagai berikut:

- Kapasitas total pompa harus cukup untuk discharge
- Minimal harus ada satu pompa pada setiap muatan cargo
- Pompa cargo digerakkan turbin uap, diesel engine atau electric motor.
- Pompa tidak boleh di instalasi di ruang pompa atau harus berada di ruang terpisah. (bisa diabaikan bila muatannya punya flash point > 150 ^{0} F setiap pompa harus punya suction strainer dan pengukur tekanan (loading / Discharge)
- Cross conection di ijinkan
- Sisa oil di tanki dibersihkan dengan pompa stripping
- Kapasitas pompa stripping < pompa cargo>
- Pompa vakum untuk remove gas dari pipa pengisian / pengeluaran .
- Semua pompa balast dan muatan dan pengaturan stripping harus dapat beroperasi secara

  penuh, mencakup instrumentasi yang dihubungkan ke kontrol, yang secara teratur mengontrol dan merekam muatan. Pompa harus mempunyai emergency stop yang diletakkan di deck atau di cargo control room.
- Jika cargo pump tipenya centrifugal dan diletakkan di pump room,maka dipasang bantalan dan pelindung (casing), line-nya dipasang alarm pendeteksi temperatur yang tinggi. Pada pompa displacement yang berputar positif kedua alarm harus dipasang pada saluran muatan dengan titik nyala dibawah 60^{0}C.

- Pump room harus bebas dari saluran pipa yang bocor pada muatan yang menuju ke bilge.
- Semua kapal harus mempunyai alarm untuk saluran bilge pada pump room, dan kapal dengan muatan titik nyala yang rendah harus mempunyai sistem tetap yang mampu memonitor secara terus menerus udara yang dapat mengakibatkan kebakaran pada pump room.

IX.3.6. Pipa

- Material
  - Kekuatan yang cukup untuk membawa beban pada temperatur operasional dan pada saat peningkatan beban
  - Memperhatikan bentuk yang sesuai dan dampak propertis pada semua temperatur operasi
  - Media harus tahan korosi baik secara internal maupun eksternal
  - Dapat menahan kontak dengan material lain yang dapat berpindah
  - Mampu meng-contermine fluida secara internal maupun eksternal
- Perlengkapan pipa diatur klasifikasi
- Didesain untuk bisa melayani kapasitas penuh pompa pada keadaan normal
- Ukuran pipa discharge berdasarkan pada total tekanan pompa dan tekanan minimum pada efek manifold
- Tekanan desain diinginkan tetap $\pm$ 2,75 psi
- Perencanaannya harus mudah dalam operasi
- Saluran pipa harus dalam kondisi siap dioperasikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Sv. Aa. Harvald. Ship Resistance and Propulsion. Airlangga University Press, Surabaya, 1993
- Lewis, Edward V. Principle of Naval Architecture. Second Revision. Vol II. Resistance,
  Propulsion and vibration. Published by SNAME. 601 Pavonia Avenue,Jersey City, NJ
- Biro Klasifikasi Indonesia. Volume II, Jakarta 2006
- D.J.House, Cargo Work for Maritime Operation, Elsevier,2005
- Khetagurov, M. Marine Auxiliary Machinery and System. Peace Publisher Moskow.
- Taggart. Robert, Ship Design an Construction
- Situs internet :
  - www.ebicrane.com
  - www.manbw.com
  - www.neddeck.com
  - www.zfgear.com

BAB 10
KELISTRIKAN DAN GENERATOR SET

10.1 Sistem Kelistrikan Dan Generator Set

Daya dari sumber cahaya disebut INTENSITAS ILUMINASI (*I*). Menurut sejarahnya, sumber cahaya adalah lilin dan sekarang ini merupakan standar yang disetujui yang disimpan di Laboratorium Fisika Nasional. Lilin (*kandela*) adalah satuan intensitas dari sebuah titik sumber yang memancarkan energi cahaya ke semua arah. Sumber titik merupakan suatu pengertian yang relatif karena dianggap sangat kecil dibandingkan terhadap sekelilingnya.

Aliran cahaya atau FLUKSI ILUMINASI (*F*) yang dipancarkan oleh sumber diukur dalam LUMEN. Satu Lumen adalah fluksi cahaya yang dipancarkan dalam sudut pejal satuan dari sebuah titik sumber sebesar 1 lilin. Sekarang ini satu radian dapat dipandang sebagai sudut yang dilingkupi oleh suatu busur yang sama dengan radius satuan *r*, sedangkan sebuah sudut pejal menutupi suatu daerah pada bola yang sama dengan kuadrat jari-jarinya.

ILUMINASI (*E*) adalah cahaya yang jatuh pada sebuah permukaan. Hal ini diukur terhadap fluksi penerangan yang diterima pada luas satuan, misalnya lumen setiap m^2. Satuannya adalah LUX. Penerangan cahaya (iluminasi) mengikuti hukum kuadrat terbalik sehingga jika permukaan yang diterangi berpindah sejauh dua kali dari posisinya semula, maka iluminasi menjadi seperempat dari harga semula.

Perhitungan-perhitungan hukum kuadrat terbalik sederhana hanya benar-benar dapat diterapkan pada sumber-sumber titik, bilamana tidak terdapat permukaan-permukaan memantulkan seperti halnya mungkin diperoleh pada penerangan luar. Walaupun fitting-fitting cahaya bagian dalam menghasilkan penerangan pada bidang kerja atau permukaan yang akan diterangi, terdapat suatu sumber penerangan sekunder tambahan. Hal ini dihasilkan oleh pemantulan dari fitting sendiri, dari dinding, dan dari loteng. Jenis-jenis pantulan dapat dilihat pada bagan di lampiran. Bagan-bagan praktis didasarkan pada *METODE LUMEN*, yang memperhitungkan variasi berbagai faktor yang mempengaruhi distribusi fluksi cahaya, yang mana di antaranya

adalah fluksi cahaya keseluruhan yang mungkin akan diterima bidang kerja, dan juga memperbolehkan penurunan dalam efisiensi satuan cahaya. Metode lumen memberikan penerangan umum yang harus ditambah dengan penerangan setempat. Kecenderungan modern di mana bila hanya diperlukan faktor keindahan, adalah mengurangi unit setempat sebanyak mungkin dengan memberikan penerangan keseluruhan yang baik.

Rancangan penerangan sekarang ini memanfaatkan nilai-nilai penerangan yang disediakan oleh I.E.S (Illuminating Engineering Society). Katalog-katalog tentang lampu-lampu pabrik terpilih dan fitting mencakup *kurva-kurva kutub (polar curves),* yakni grafik khusus yang memperagakan daya lilin (kandela) dalam semua arah, arah ke bawah, arah ke atas, dan menyamping mengelilingi 360° dengan menggunakan koordinat kutub atau lingkaran. Dalam perhitungan penerangan, faktor-faktor berikut ini merupakan parameter-parameter :

10.1.1 KOEFISIEN PEMAKAIAN (CU – COEFFICIENT OF USE)

Sebagian keluaran lumen dari sumber, hilang di dalam fitting. Sebagian keluaran tersebut diarahkan ke dinding dan langit-langit di mana sebagian akan diserap dan sebagiab dipantulkan. Jadi hanya sebagian dari cahaya yang mencapai permukaan kerja. Bagian ini dinyatakan sebagai sebuah bilangan yang selalu lebih kecil daripada satu. Jelas faktor pemakaian ini memperlihatkan bahwa cahaya yang mencapai bidang yang akan diterangi adalah berkurang, sehingga daya sumber cahaya mungkin harus diperbesar untuk mencapai nilai penerangan yang diinginkan. Penentuan sebesarnya dari luar sebenarnya dari nilai koefisien pemakaian memerlukan pengalaman dan pertimbangkan.

10.1.2 FAKTOR PEMELIHARAAN (MF - MAINTENANCE FACTOR)

Debu dan kotoran pada fitting dan kadang-kadang umur fitting dapat mengurangi keluaran cahaya. Penerangan juga akan terganggu oleh dekorasi yang buruk. Suatu angka sebesar 0,8 lazim diambil tetapi harus dikurangi untuk lingkungan yang berdebu dan kotor seperti yang kadang-kadang ditemukan pada pengerjaan kayu dan pengerjaan kimia. Kadang-kadang digunakan istilah faktor penyusutan:

$$\text{faktor penyusutan} = \frac{1}{\text{faktor pemeliharaan}}$$

10.1.3 PERBANDINGAN RUANG - KETINGGIAN

Ketinggian pemasangan fitting yang tepat adalah penting. Bila fitting dalam garis penglihatan, kesilauan (glare) bisa dihasilkan . Ketinggian yang berlebih dibatasi dalam mempengaruhi penerangan dan menimbulkan masalah bagi pemasangan lampu kembali dan dalam pemeliharaan. Pabrik sering mempunyai fitting-fitting yang terpasang pada tiang penopang atap atau balok tinggi. Nilai perbandingan ruang-ketinggian bergantung pada jenis fitting dan penerangan yang bisa diterapkan. Sekali tingginya telah diterapkan, perbandingan ini menentukan ruangan dan juga jumlah fitting yang akan ditentukan.

10.2 Analisa Perhitungan Penerangan di Kapal

Penentuan kebutuhan penerangan dan jumlah lampu serta jumlahnya ditentukan oleh faktor-faktor sebagai berikut :

Ukuran atau dimensi ruangan

Ukuran atau dimensi ruangan akan menentukan harga indeks ruang.

a) Warna Ruangan

Warna ruangan, dalam hal ini adalah warna langit-langit (ceiling), warna dinding (wall) serta warna lantai (floor). Warna ruangan ini menentukan besarnya faktor refleksi terhadap cahaya yang diterima ruangan.

b) *Tipe lampu*

Tipe lampu berhubungan dengan jenis ruangan yang mempengaruhi cara pengamanan lampu. Berbagai tipe lampu ini juga memberikan karakteristik yang berbeda pula.

10.3 Perhitungan Kapasitas Generator

Dalam perhitungan kapasitas generator terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan, antara lain :

- Macam kondisi operasi kapal
- Load faktor tiap peralatan
- Diversity factor

10.3.1 Macam-macam kondisi operasi

Setiap perhitungan kapasitas generator mempunyai pandangan yang berbeda mengenai kondisi operasi kapal antara lain :

a. Dua kondisi : berlayar dan berlabuh
b. Empat kondisi : berlayar, meninggalkan pelabuhan, bongkar muat serta berlabuh di pelabuhan
c. Delapan kondisi : sama seperti pembagian dalam empat kondisi hanya dibagi lagi menjadi kondisi siang dan malam

Menurut Class pada kondisi berlayar yang digunakan sebagai pedoman dalam menentukan kapasitas generator karena merupakan kondisi yang paling lama dilakukan. Kecuali untuk kapal khusus misalnya kapal keruk, karena kondisi terlamanya adalah saat mengadakan pengerukan. Saat kapal meninggalkan pelabuhan listriknya untuk mengetahui besarnya kebutuhan listrik untuk olah gerak ini, dimana peralatan berdaya besar dihidupkan misalnya balancer dan blower.

Ketika bongkar muat dilaksanakan, kebutuhan listrik digunakan untuk mengoperasikan peralatan bongkar muat serta peralatan penunjangnya. Disamping itu pada kondisi ini juga digunakan untuk mereparasi peralatan. Peralatan tersebut diantaranya adalah : cargo gear, turning gear, ballast pump, mesin bubut, mesin gerinda, mesin bor dan lain sebagainya. Kondisi ini berlaku untuk kapal cargo sedangkan untuk jenis lainnya akan berbeda pekerjaan yang dilakukan misalnya tug work untuk kapal tunda.

Pada saat berlabuh di pelabuhan kebutuhan listrik menggunakan pelayanan sewa listrik dari pihak pelabuhan karena pertimbangan biaya yang lebih murah dari pada pengoperasian generator.Dalam penentuan kapasitas generator perlu diketahui jamlah beban pada beberapa kondisi operasi kapal, hal ini dilakukan dengan perhitungan analisa beban listrik yang berupa tabel dan biasanya disebut tabel kalkulasi keseimbangan beban listrik (calculation of electric power baalance) atau disebut juga Anticipated Electric Power Consumption Table.

Analisa ini berisi kolom tentang jenis peralatan, jenis operasi, daya masuk, jumlah peralatan yang dipakai serta yang terakhir adalah jumlah beban dari kelompok peralatan tersebut. Perhitungan beban ini dikelompokkan berdasarkan fungsi beban sehingga dapat terbagi menjadi :

- Beban pada geladak, lambung
- Beban berupa motor-motor listrik/pesawat tenaga, dalam sistem permesinan kapal
- Beban yang berupa pesawat elektronika dan penerangan

Pengelompokan ini biasanya berupa kelompok mesin daya, penerangan dan peralatan komunikasi/navigasi. Untuk kapal khusus dengan instalasi pendingin yang dikelaskan juga untuk peti kemas dengan pendingin maka diperlukan juga perhitungan kebutuhan daya beban pendingin tersebut pada analisa beban listrik.

10.3.2 Load faktor peralatan

Load faktor peralatan adalah perbandingan antara daya rata-rata dengan kebutuhan daya untuk operasi maksimal untuk suatu kondisi. Sesudah diadakan pengelompokan, kemudian dari data yang ada diisikan jum;ah peralatan, daya masuk, kemudian saat pengoperasian peralatan tersebut juga banyaknya peralatan yang akan dioperasikan mengingat adanya peralatan cadangan. Prosentase faktor beban diisikan pada tiap kondisi operasi dan besarnya tergantung pada seringnya peralatan tersebut dipakai, besarnya pemakaian daya dari peralatan tersebut terhadap daya nominal dan berdasarkan pada pengalaman perancangan sebelumnya. Untuk peralatan yang jarang digunakan dapat diberikan faktor beban nol untuk semua kondisi.

Sedangkan peralatan yang beroperasi secara kontinyu dalam pengoperasian kapal mendapatkan beban tetap atau continuous load. Dan untuk peralatan dengan beban sementara atau intermitten adalah beban dari peralatan yang beroperasi tidak secara terus menerus. Setelah semua data dimasukkan menurut masing-masing kelompok, kemudian beban dijumlahkan, beban tetap dan beban sementara.

10.3.3 Diversity faktor

Diversity faktor sering juga disebut sebagai faktor kebersamaan, adalah faktor yang merupakan perbandingan antara total daya keseluruhan peralatan yang ada dengan total daya yang dibutuhkan untuk setiap satuan waktu. Faktor diversitas dapat digunakan untuk mencari beban operasi dengan tujuan menentukan jumlah total beban yang harus dilayani oleh generator akibat adanya pengoperasian beban-beban dalam waktu yang bersamaan.

Daya masuk total dari seluruh pemakai daya yang ada dikalikan dengan suatu faktor kesamaan waktu bersama dan ditambahkan kepada daya masuk total dari seluruh perlengkapan pemakai daya yang terhubung tetap.

Faktor kesamaan waktu bersama harus ditetapkan dengan dimasukkan pertimbangan beban tertinggi yang dapat diharapkan terjadi pada waktu yang sama. Jika penentuan yang tepat sulit dilaksanakan maka faktor kesamaan waktu yang dugunakan menurut aturan BKI tidak boleh rendah dari 0,5. Dalam perhitungan penentuan kapasitas generator ini diambil harga 0,7.

Daya total yang diperlukan adalah jumlah beban yang harus dilayani generator pada masing-masing kondisi operasi kapal dan besarnya menurut BKI adalah :

Jumlah beban = beban sementara x faktor diversitas + beban tetap

Untuk menentukan kapasitas generator yang dipilih dihitung dengan seminimalnya daya yang digunakan untuk mengoperasikan kapal dilaut adalah 15% lebih besar dari kebutuhan daya hasil perhitungan tabel Ballans Daya. Tujuan dari pembatasan ini adalah untuk menjaga kerja generator agar tidak terlalu berat yang berhubungan dengan masalah arus pengasutan pada motor-motor listrik.

10.3.4 Pemilihan Kabel

Dalam pemilihan kabel sangat tergantung pada keserasian antara teknis dan ekonomis dan sesuai dengan persyaratan-persyaratan pelayanan. Kode praktek untuk Instalasi listrik (CP 321 : 1965) memberikan pertimbangan-pertimbangan berikut sebagaimana diperlukan dalam perancangan dan perencanaan instalasi :

1. Tersedianya jenis sumber listrik dan rencana (skema) pentanahan.
2. Temperatur maksimum dan miminum udara sekeliling yang mungkin dalam semua bagian instalasi.
3. Kemungkinan adanya uap air atau kondisi korosif pada keduanya.
4. Kemungkinan adanya debu, uap atau gas yang mudah terbakar atau meledak.
5. Derajat pengaman mekanis yang diperlukan.
6. Pentingnya kesinambungan pelayanan, termasuk kemungkinan perlunya sumber yang siap dipakai untuk tujuan umum maupun khusus.

7. Kemungkinan perlunya perubahan dan pemasangan kabel kembali selama bangunan berdiri dan pertanyanaan apakah tidak menjadi gangguan pada yang telah terpasang.
8. Kemungkinan pengembangan lebih lanjut bagi instalasi awal.
9. Biaya operasi dan pemeliharaan yang mungkin, dengan memperhitungkan tarif persediaan listrik yang tersedia.
10. Biaya relatif fari berbagai metode kemungkinan dikaitkan dengan umur instalasi yang diperkirakan.

Untuk tujuan keamanan, undang-undang dan peraturan IEE menetapkan bahwa semua kabel harus cukup besar bagi arus yang melaluinya. Pemilihan yang tepat untuk setiap instalasi bergantung pada aspek-aspek dasar dari :

a. Persyaratan lingkungan dan karakteristik proteksi
b. Kapasitas pengaliran arus
c. Penurunan tegangan

Bila arus mengalir melalui sebuah penghantar tersebut menghasilkan kalor. Pertambahan kalor sebanding dengan tahanan kabel yang pada gilirannya bergantung pada luas penampang kabel tersebut. Karena pemanasan berlebih dapat merusak isolasi, ukuran penghantar harus sesuai untuk mencegah terjadinya hal ini.

10.4 Perhitungan Kebutuhan Daya Listrik

Dalam perhitungan kebutuhan daya listrik kapal, maka yang termasuk dalam proses perhitungan adalah

- Ruangan-ruangan yang memerlukan daya listrik baik untuk penerangan maupun untuk catu daya peralatan-peralatan yang ada.
- Dimensi ruangan tersebut.
- Jenis armatur yang akan dipasang.
- Daya yang dibutuhkan untuk tiap-tiap komponen.
- Waktu operasi komponen-komponen tersebut.
- Jenis operasi komponen tersebut intermittent atau continuous.
- Jumlah titik armature dalam ruangan-ruangan yang ada.
- Total daya tiap ruangan.

Sehingga dalam perhitungan tersebut akan dihitung daya listrik pada tiap-tiap deck yang ada, antara lain :

- Main deck
- Poop Deck
- Boat Deck
- Bridge Deck
- Navigation Deck
- Engine Room
- Lampu Navigasi dan Bongkar muat

Selain daya listrik untuk penerangan, diperhitungkan pula daya listrik untuk peralatan-peralatan yang ada di kapal, antara lain :

- Peralatan-peralatan yang termasuk dalam General Service Pump
- Peralatan-peralatan yang termasuk dalam Engine Service System
- Peralatan-peralatan yang termasuk dalam Hull Machinery
- Peralatan-peralatan yang termasuk dalam Refrigation and Ventilation
- Peralatan-peralatan yang termasuk dalam Workshop Machinery
- Peralatan-peralatan yang termasuk dalam Navigation. Communication, Safety equipment
- Stop kontak tiap-tiap ruangan
- Akumulator untuk emergency

10.4.1 Penentuan dan Perhitungan Generator Set

Perhitungan Generator Set didasarkan atas kebutuhan listrik pada saat berlayar, berangkat, berlabuh, dan bongkar muat sehingga dapat diketahui daya maksimum dari kebutuhan listrik yang ada. Dari kebutuhan maksimum tersebut, dilakukan pemilihan atas beberapa alternatif generator yang ada di pasaran dengan pertimbangan:

- Kebutuhan daya yang ada.
- Faktor daya generator.
- Maintainbility.
- Space di ruang mesin.

Faktor beban atau load faktor adalah hal terpenting dalam perencanaan karena bila melebihi faktor daya yang optimum dari generator akan mengakibatkan kelebihan daya yang menyebabkan generator bekerja tidak maksimal. Faktor beban yang optimum adalah sekitar 0,86 atau sedikit dibawahnya sehingga dalam pemilihan generator hendaknya dipilih yang mendekati faktor beban tersebut. Dalam penentuan jumlah generator harus dipikirkan tentang daya cadangan yang disyaratkan oleh BKI sehingga bila salah satu generator tidak dapat beroperasi maka dapat digantikan oleh generator lainnya. Perhitungan dari pemilihan generator dapat dilihat di lampiran.

10.4.2 Perhitungan Daya Listrik Emergency di Kapal

Perhitungan emergency ini dibutuhkan bila generator mengalami kegagalan untuk beroperasi atau kapal dalam keadaan darurat. Dasar perhitungan adalah jarak terdekat yang harus ditempuh oleh kapal ke pelabuhan terdekat bila sewaktu-waktu terjadi gangguan pada rute pelayaran yang ada atau datangnya kapal bantuan dari pelabuhan terdekat.

10.4.3 Penentuan Bagian-Bagian Power Distribution

Dalam pembuatannya, setiap-setiap peralatan yang ada di bagi dalam beberapa junction box yang tergantung dari deck, dan kesamaan fungsi-fungsi, antara lain :

- Junction Communication
- Junction Monitoring
- Junction Power
- Main Switch Board (MSB)

  Adalah terminal yang berfungsi untuk menghubungkan kabel-kabel dari Jl, JP, JM, JC, ke generator.
- Emergency Switch Board (ESB)

  Adalah terminal yang menghubungkan kabel-kabel dari junction emergencydengan battery melalui ACOS
- Diesel Generator Set (GENSET)
- Automatic Change Over Switch (ACOS)

  Merupakan alat yang yang dapat menghubungkan secara otomatis antara peralatan emergency dengan battery apabila genset tidak berfungsi.

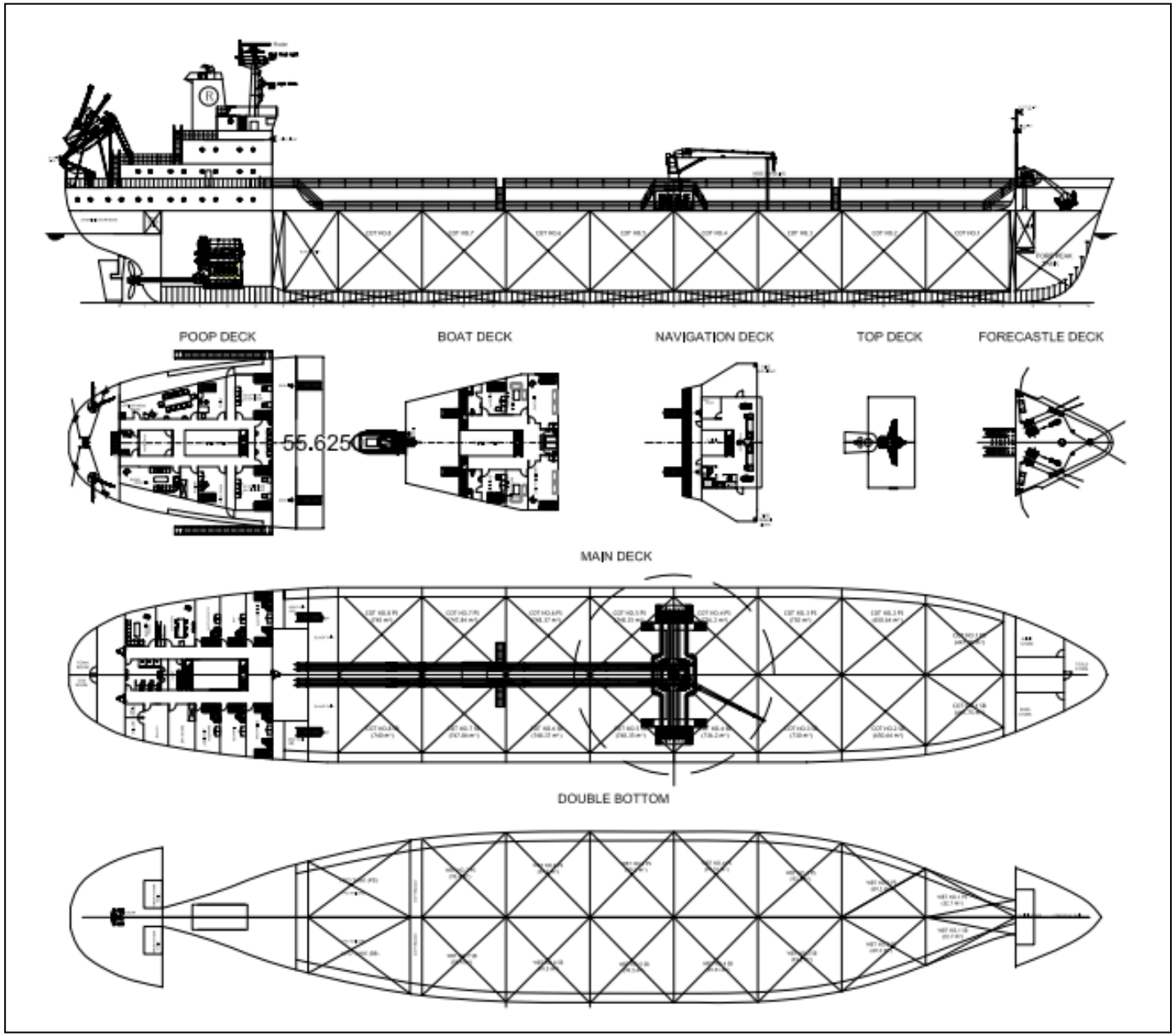
- Shore Connection (SC)

  Daya yang dipasok oleh land power plant bila kapal sandar di pelabuhan sehingga kapal tidak membutuhkan generator untuk sementara waktu. Dasar pemilihannya adalah daya terbesar yang dibutuhkan yaitu pada waktu bongkar muat.
- Battery

  Adalah akumulator yang dibutuhkan pada saat emergency dan diletakkan pada ruangan ESEP (Emergency Source Electrical Power).

LAMPIRAN

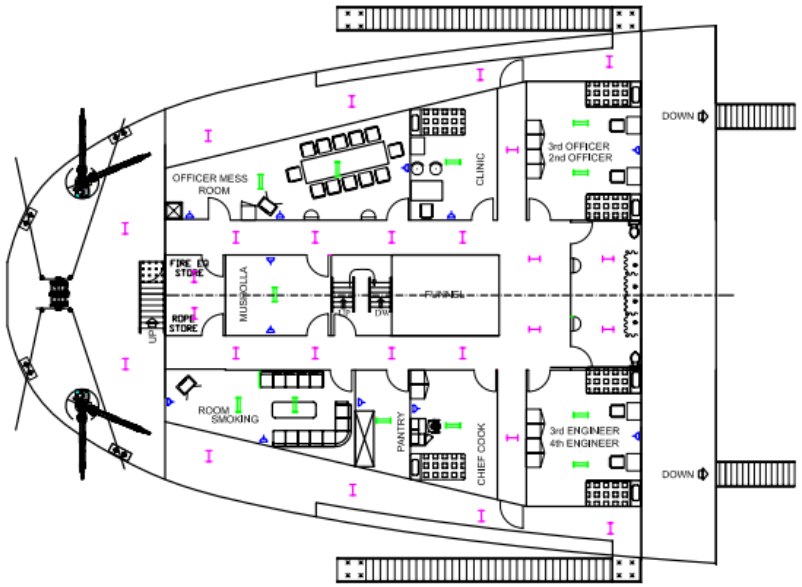
GENERAL ARRANGEMENT



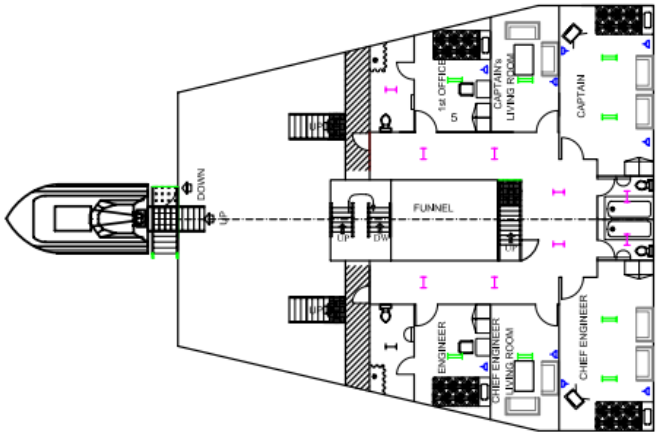
PELETAKAN TITIK LAMPU PENERANGAN

MAIN DECK

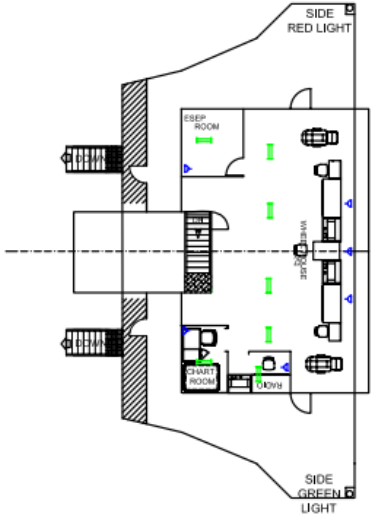
POOP DECK



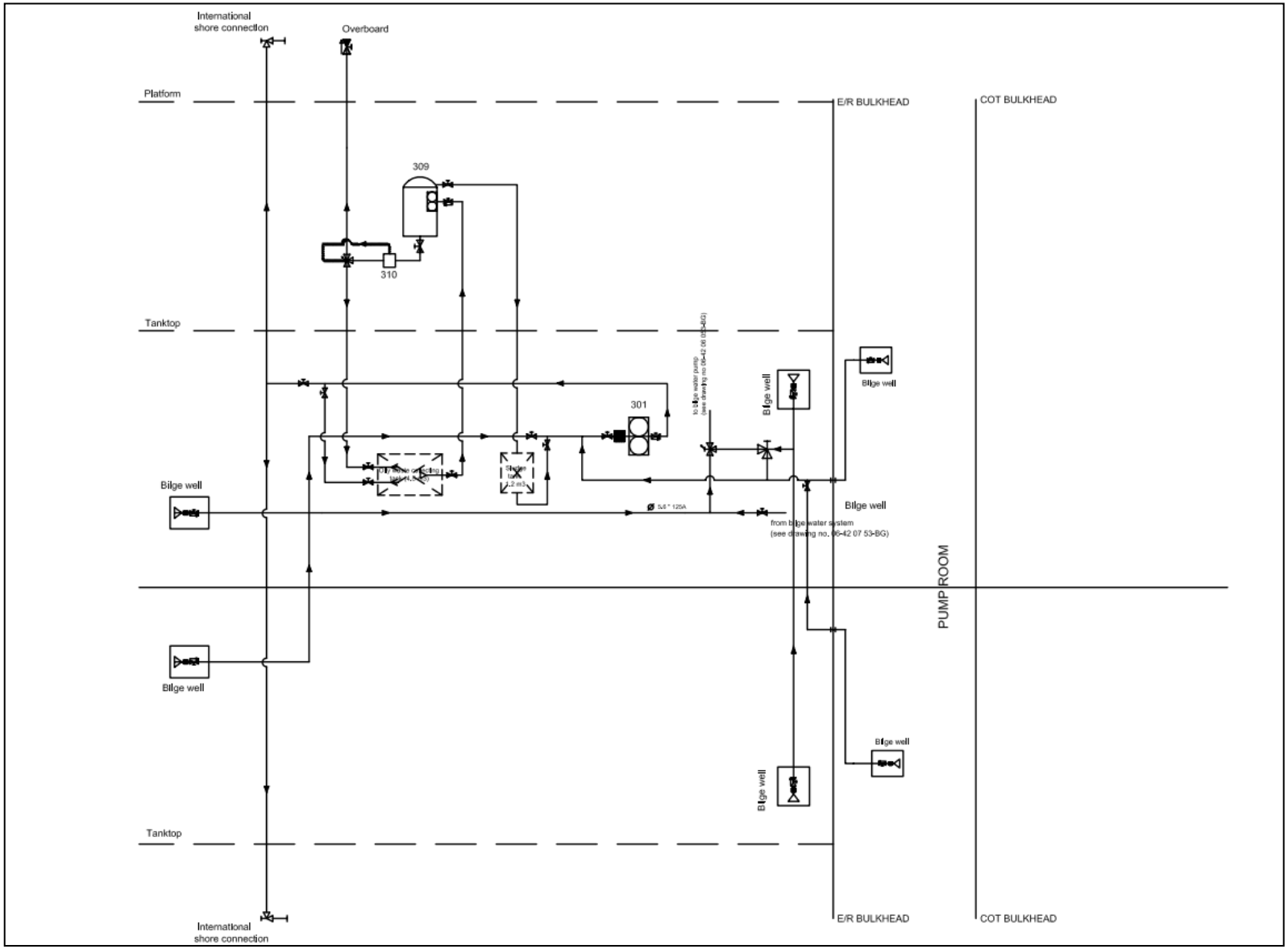
BOAT DECK



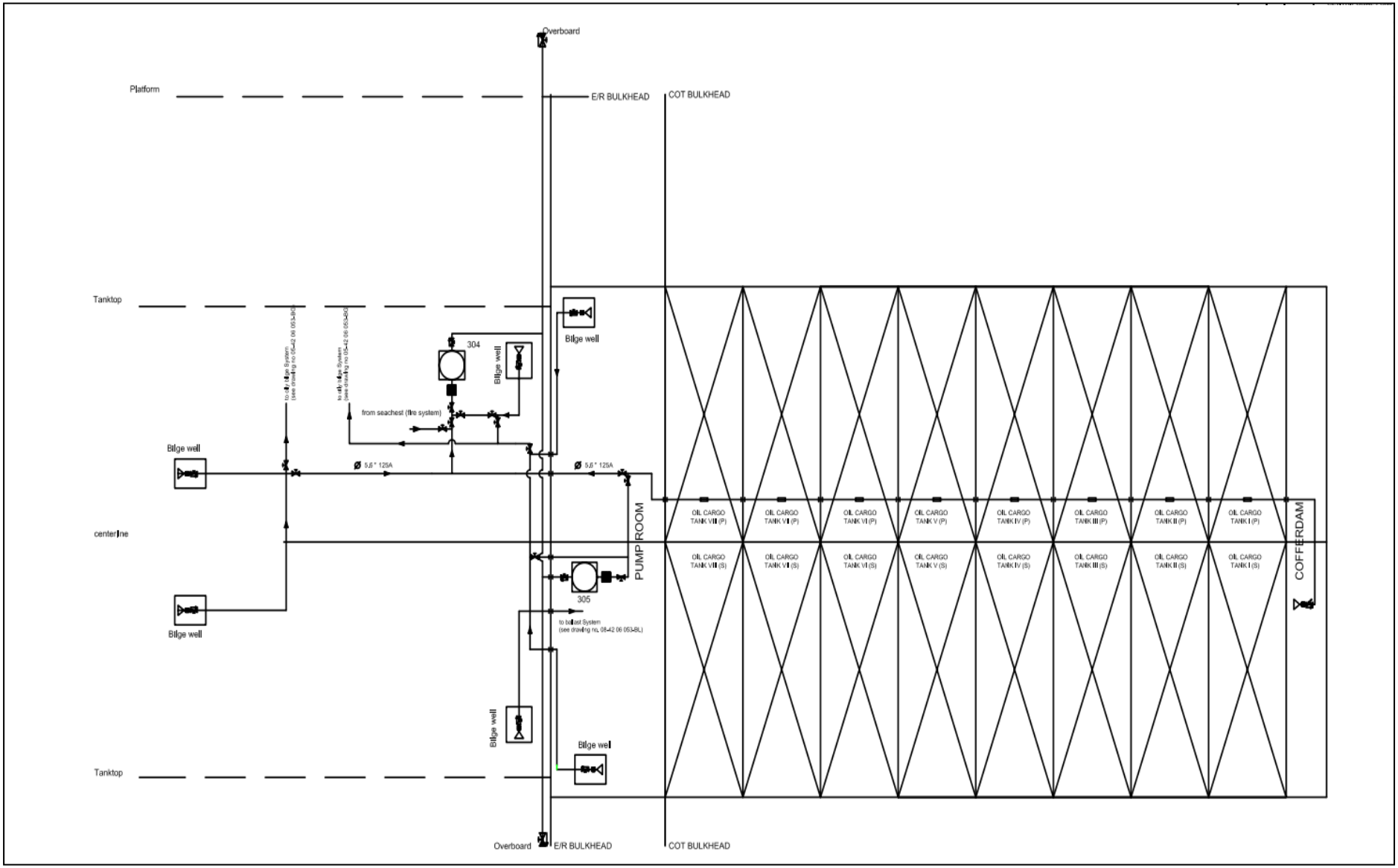
NAVIGATION DECK



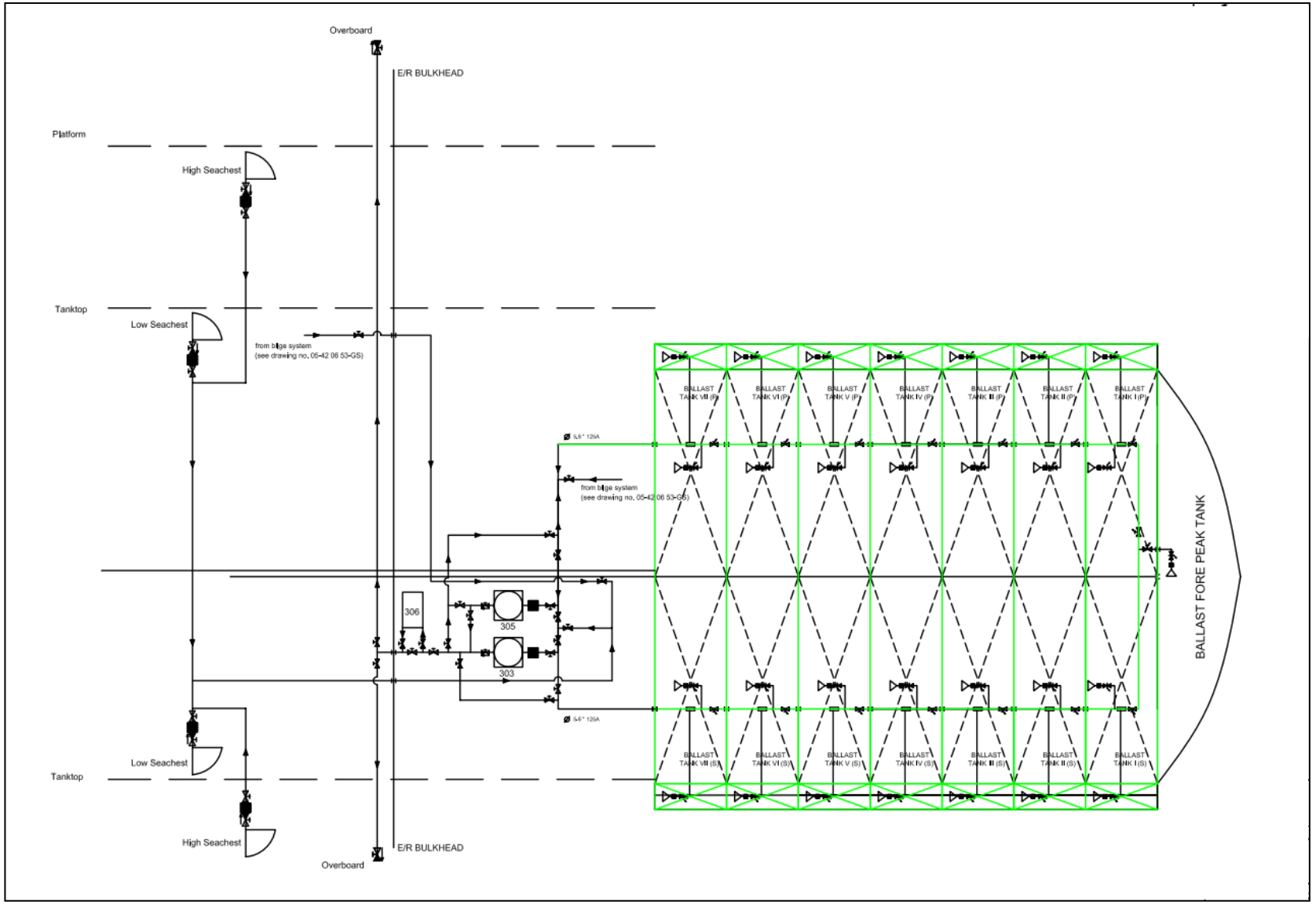
OIL BILGE SYSYTEM



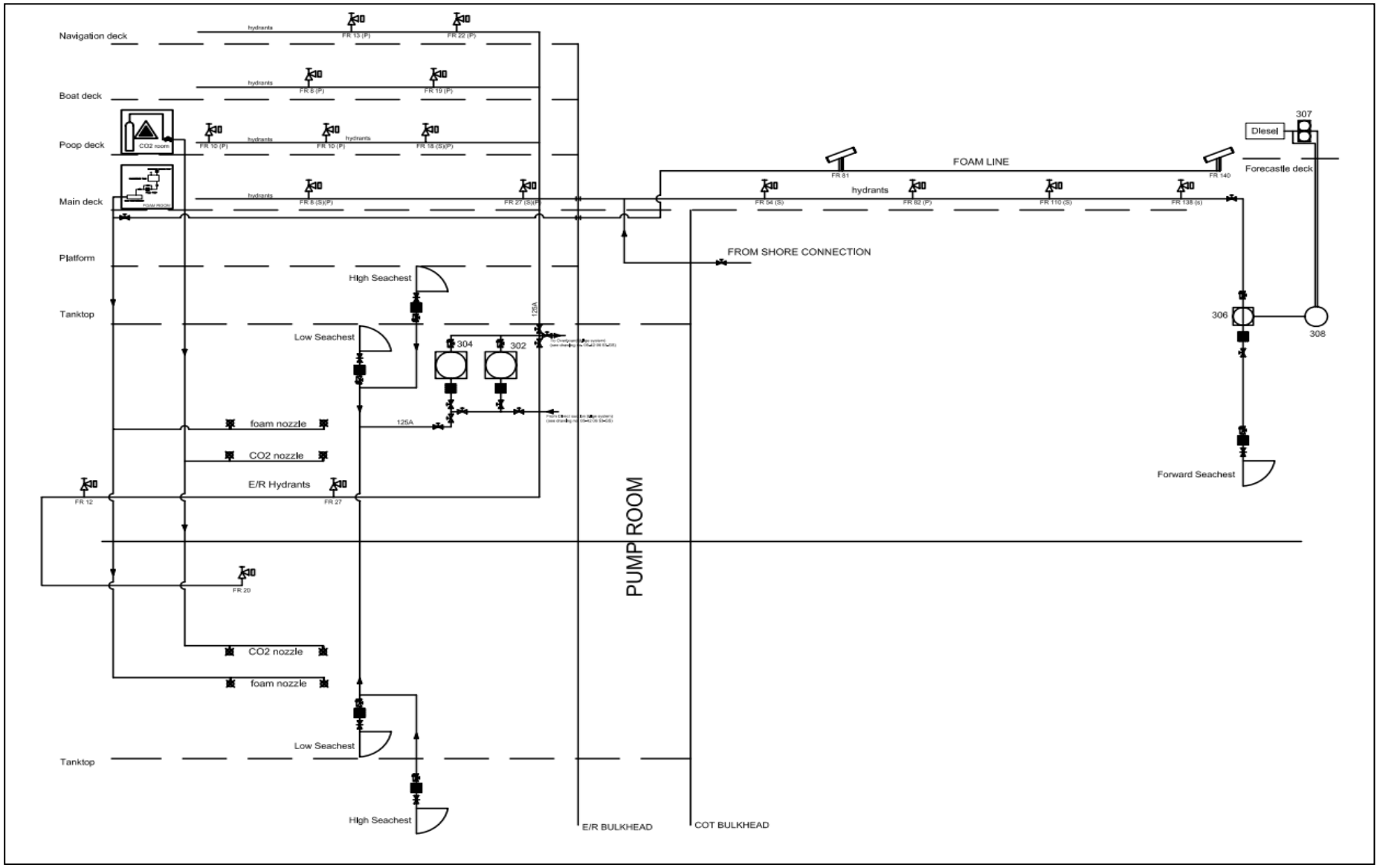
BILGE SYSTEM



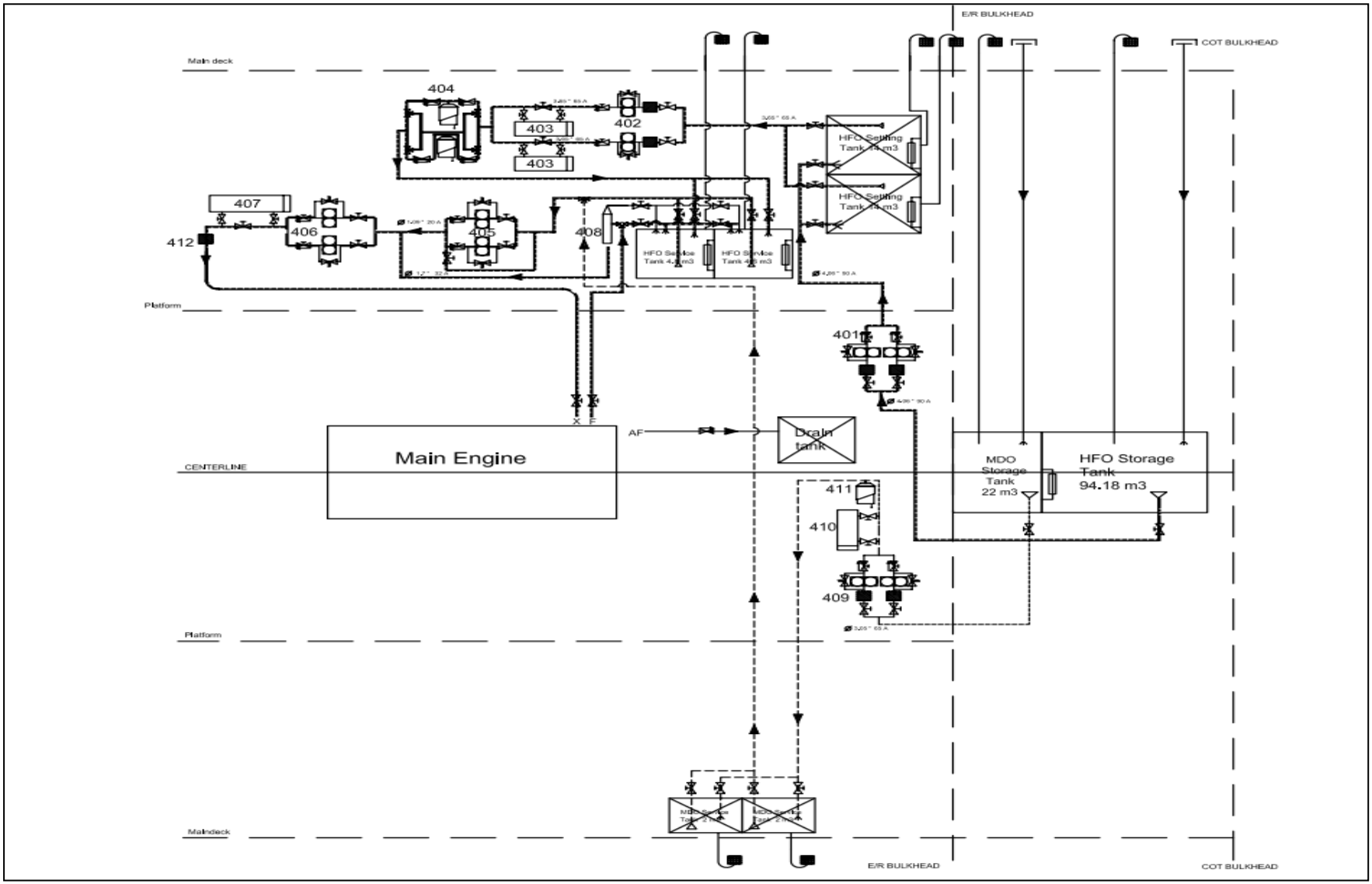
BALLAST SYSTEM



FIRE FIGHTING SYSTEM



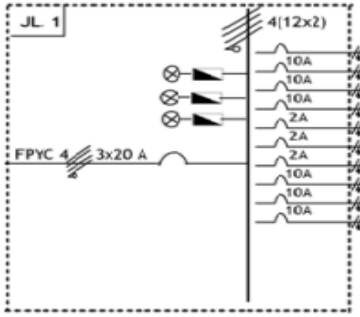
FUEL OIL SYSTEM



PERHITUNGAN JUNCTION LIGHTING

PERHITUNGAN JUNCTION LIGHTING

DECK



No. Saluran	Phase	Jmlh titik Beban	Arus (A)	Beban Lampu						Beban Stop Kontak				Daya (Watt)		
				FL 1X10 W	FL 2X10 W	FL 1X15 W	FL 2X15 W	FL 1X20 W	FL 2X20 W	2A	4A	6A	10A	R	S	T
1	R1	7	7.59			1			3	3				1335		
2	S1	7	7.59			1			3	3					1335	
3	T1	7	7.59			1			3	3						1335
4	R2	4	0.34			4								60		
5	S2	4	0.34			4									60	
6	T2	4	0.34			4										60
7	R3	8	7.53			3			2	3				1325		
8	S3	7	7.44			2			2	3					1310	
9	T3	6	7.50						3	3						1320
10	R4	SPARE														
11	S4															
12	T4															
	Σ	54	46.3	0	0	20	0	0	16	18	0	0	0	2720	2705	2715

* Menentukan kabel pengaman

$$I\ total = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \cos\varphi}$$

$$\frac{8140 \quad Watt}{(\sqrt{3} \times 380\ Volt \times 0.8)}$$

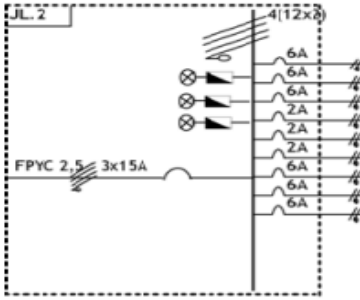
= 15.46 A

P = P total dari Pr, Ps, Pt
= 8140 Watt
V = 380 volt
Cos θ = 0.8

* Menentukan ukuran Busbar

I sc = 4 x I total
= 4 X 15,63 A
= 61.84 A

ECK



No. Saluran	Phase	Jmlh titik Beban	Arus (A)	Beban Lampu						Beban Stop Kontak				Daya (Watt)		
				FL 1X10 W	FL 2X10 W	FL 1X15 W	FL 2X15 W	FL 1X20 W	FL 2X20 W	2A	4A	6A	10A	R	S	T
1	R1	5	5.09			1			2	2				895		
2	S1	5	5.09			1			2	2					895	
3	T1	5	5.09			1			2	2						895
4	R2	8	0.68			8								120		
5	S2	7	0.60			7									105	
6	T2	7	0.60			7										105
7	R3	4	5.00						2	2				880		
8	S3	5	5.09			1			2	2					895	
9	T3	5	5.09			1			2	2						895
10	R4	SPARE														
11	S4															
12	T4															
	Σ	51	32.3	0	0	27	0	0	12	12		0	0	1895	1895	1895

* Menentukan kabel pengaman

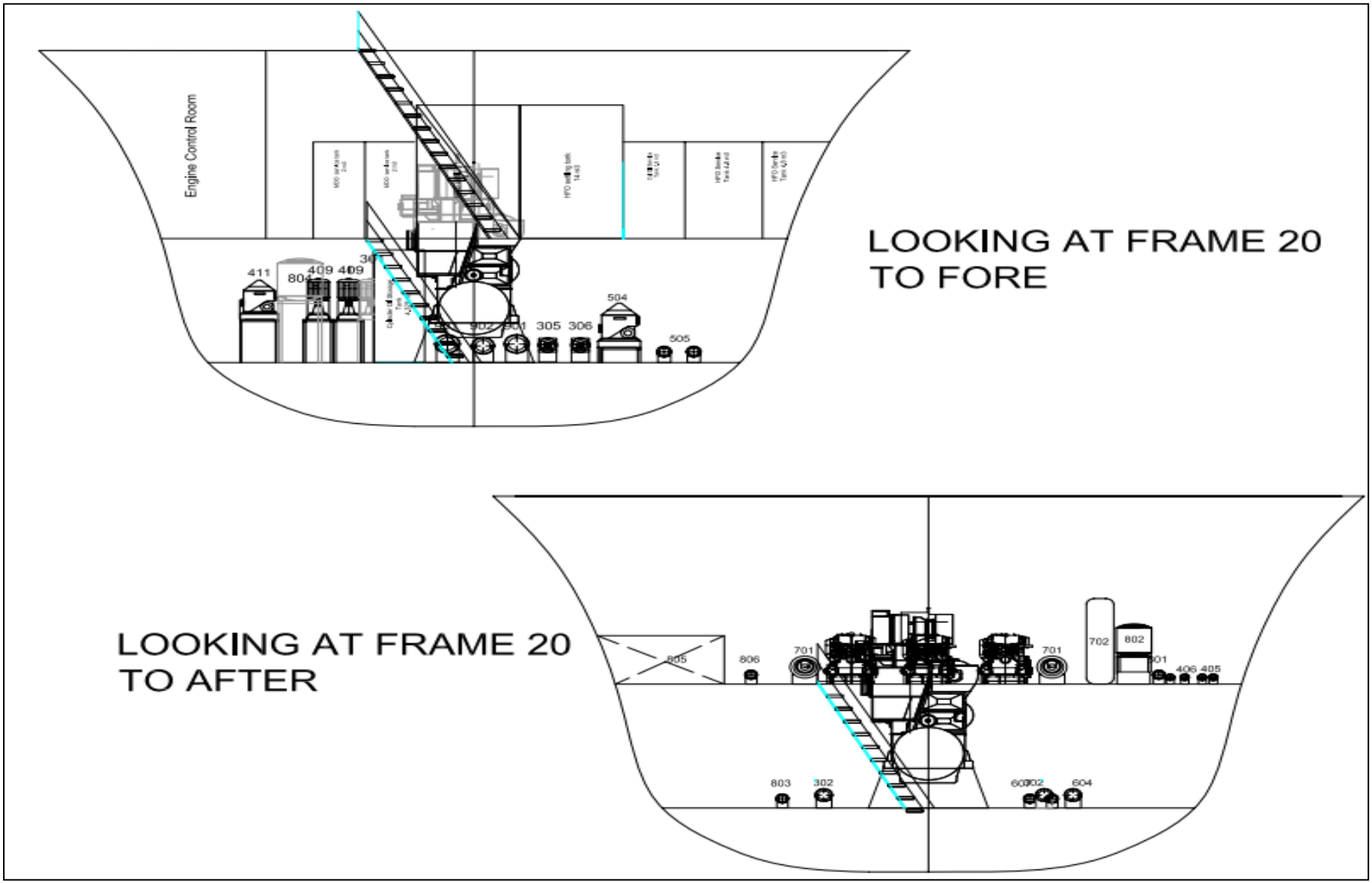
$$I\ total = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \cos\varphi}$$

$$\frac{5685 \quad W}{(\sqrt{3} \times 380\ Volt \times 0.8)}$$

= 10.80 A

P = P total dari Pr, Ps, Pt
= 5685 W
V = 380Volt Volt
Cos θ = 0.8

* Menentukan ukuran Busbar

I sc = 4 x I total
= 4 X 7,98 A
= 43.19 A

ENGINE ROOM ARRANGEMEN