



TUGAS AKHIR - ME184834

**STANDARDISASI SHIPBOARD SYSTEM
KAPAL KOINTAINER 100 TEU.S**

Dani Fakhri Andrikha
NRP 04211340000071

Dosen Pembimbing:
DR. Ir. A.A. Masroeri, M. Eng
Dr. Eng. M. Badrus Zaman, S.T., M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2019

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”



FINAL PROJECT - ME184834

**STANDARDIZATION OF SHIPBOARD SYSTEM
CONTAINER SHIP 100 TEU.S**

Dani Fakhri Andrikha
NRP 0421134000071

Advisor:
DR. Ir. A.A. Masroeri, M. Eng
Dr. Eng. M. Badrus Zaman, S.T., M.T.

DEPARTMENT OF MARINE ENGINEERING
Faculty of Marine Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2019

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

STANDARDISASI SHIPBOARD SYSTEM KAPAL KOINTAINER 100 TEU.S

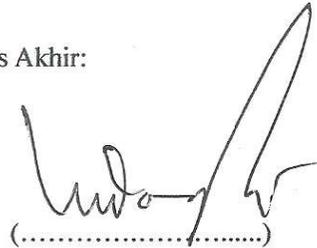
Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
•
Bidang Studi Marine Elctrical and Automation System (MEAS)
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Dani Fakhri Andrikha
NRP 04211340000071

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

DR. Ir. A.A. Masroeri, M. Eng.
NIP. 1958 0807 1984 03 1004



(.....)

Dr. Eng. M. Badrus Zaman, S.T., M.T.
NIP. 1977 0802 2008 01 1007



(.....)

SURABAYA
Juli 2019

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

STANDARDISASI SHIPBOARD SYSTEM KAPAL KOINTAINER 100 TEU.S

SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Bidang Studi Marine Electrical and Automation System (MEAS)
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Dani Fakhri Andrikha
NRP. 0421134000071

Disetujui oleh:
Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan



“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

STANDARDISASI SHIPBOARD SYSTEM KAPAL KOINTAINER 100 TEU.S

Nama Mahasiswa : Dani Fakhri Andrikha
NRP : 0421134000071
Dosen Pembimbing I : DR. Ir. A.A. Masroeri, M. Eng.
Dosen Pembimbing II : Dr. Eng. M. Badrus Zaman, S.T., M.T.

ABSTRAK

Sebagai negara kepulauan, angkutan laut sangat penting dimana sekitar 80 persen angkutan barang domestik dan ekspor impor dilakukan melalui laut. Posisi Indonesia yang sangat strategis juga berpotensi menjadi poros maritim dunia. Peran kapal kontainer sangatlah penting bagi transportasi laut di Indonesia. kebutuhan kapal niaga Indonesia dalam jangka waktu tahun 2015-2019 mencapai 609 unit kapal yang terdiri dari 83 unit kapal kontainer berbagai ukuran, 26 unit kapal barang perintis stara 208 TEUs, dan 500 unit kapal pelayaran rakyat. Selain itu untuk mendukung terwujudnya program Tol Laut dalam program Poros Maritim kebutuhan 50 unit kapal perintis penumpang dan barang berbagai ukuran termasuk kapal kontainer 100 TEUs, 100 unit kapal patrol kesatuan penjagaan laut dan pantai (KPLP), 50 unit kapal kenavigasian, dan 43 unit kapal *marine inspector* (kebutuhan Kementerian Perhubungan Tahun 2015-2019), serta sejumlah kapal untuk mendukung eksplorasi migas di Indonesia dan kebutuhan kapal untuk mendukung alutista laut Indonesia. Besarnya kebutuhan domestik termasuk peremajaan kapal menjadi peluang bagi standarisasi kapal dengan tipe dan ukuran yang sama (*sister ship*). Sesuai dengan kajian yang telah dilakukan, langkah strategis yang dapat dilakukan adalah standarisasi pada kapal kontainer. Hal ini akan mendorong produktifitas galangan kapal dengan penggunaan teknologi yang maju. Standarisasi pada komponen-komponen pendukung kerja mesin utama (*shipboard system*) dapat meningkatkan tingkat pemakaian komponen dalam negeri sehingga menciptakan skala ekonomi bagi industri komponen lokal dan sumberdaya produksi lainnya dengan produk-produk standar. Standarisasi juga diperlukan untuk mempercepat *stage* perancangan kapal, mempercepat *approval class* yang akan memberikan efek pada percepatan pembangunan kapal. Dengan adanya standarisasi diharapkan dapat mendukung industri pengadaan *sister ship* pada kapal kontainer 100 TEU.s.

Kata kunci: *standardization, container ship, shipboard system, sister ship.*

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

STANDARDIZATION OF SHIPBOARD SYSTEM CONTAINER SHIP 100 TEU.S

Student Name : Dani Fakhri Andrikha
NRP : 0421134000071
Supervisor I : DR. Ir. A.A. Masroeri, M. Eng.
Supervisor II : Dr. Eng. M. Badrus Zaman, S.T., M.T.

ABSTRACT

As an archipelagic country, transportation is very important where around 80 percent of domestic and export goods transport needs to be carried out by sea. Indonesia's position, which is also very strategic, is also a global maritime axis. The role of container ships is important for sea transportation in Indonesia. The needs of Indonesian commercial vessels in the period of 2015-2019 reached 609 ship units consisting of 83 units of various sizes of vessels, 26 units of freight vessels pioneer 208 TEUs, and 500 units of shipping vessels. In addition to supporting the program for the realization of Sea Tolls in the Maritime Axis program requires 50 pioneer ship units and 100% cargo transport vessels, 100 units of sea and coast transport patrol boats (KPLP), 50 navigational ship units, and 43 units of Marine Inspectors (Ministry requirements Transportation in 2015-2019), as well as a number of vessels to support exploration in Indonesia and ships need to support Indonesian marine equipment. The large domestic needs including boat rejuvenation are opportunities for standardization of vessels of the same type and size. In accordance with the studies conducted, the strategic step that can be taken is standardization on container ships. This will encourage the productivity of shipyards with the use of advanced technology. Standardization of the supporting components of the main engine work (board system) can increase the level of domestic component use increasing the economies of scale for the local component industry and other production resources with standard products. Standardization is also needed to improve the design stage of the ship, increasing the approval class which will have an effect on the acceleration of ship construction. With the standardization, it is expected to be able to support the industry in the procurement of sister ships on 100 TEU container ships.

Keywords: Standardization, container ship, shipboard system, sister ship.

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji dan syukur kepada Allah SWT karena atas rahmat, taufik dan hidayahNYA, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul **“RANCANG BANGUN SISTEM KENDALI *DYNAMIC POSITIONING SYSTEM (DPS)* PADA PROTOTYPE *SEMI-SUBMERSIBLE PLATFORM* MENGGUNAKAN LOGIKA FUZZY”** sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan sarjana di Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi, Sepuluh Nopember.

Dalam proses menyelesaikan Tugas Akhir ini, penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada :

1. Kepada orang tua, Ibu Riza Livia dan Ayah Alm. Khairuddin yang terus memberikan dukungan dan menjadi penyemangat dalam melakukan aktifitas selama perkuliahan dan penulisan tugas akhir ini. Dodi Fikhri Andrikha dan Dzaki Fadhil Andrikha yang memberikan pencerahan dan warna baru serta semangat dalam kehidupan penulis.
2. Bapak DR. Ir. A.A. Masroeri, M. Eng dan Bapak Dr. Eng. Badrus Zaman, ST., M.T. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir penulis atas bimbingan ilmu dan arahnya kepada penulis.
3. Bapak Dr. Eng Muhammad Badrus Zaman, ST., MT. selaku kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan, FTK, ITS dan selaku dosen wali yang selalu memberikan arahan dan motivasi selama penulis menempuh pendidikan di departemen ini.
4. Seluruh dosen, tenaga kependidikan serta manajemen Departemen Teknik Sistem Perkapalan FTK – ITS.
5. Maya Sungeb selaku *partner* penulis yang selalu setia menemani, memotivasi, dan membimbing penulis selama proses penelitian ini sampai selesai.
6. Keluarga besar BARAKUDA ‘13, dan *Laboratorium Marine Electrical and Automation System* selaku keluarga terdekat dan tempat penulis mengembangkan diri selama berkuliah di ITS.
7. Dan semua pihak yang telah membantu menyelesaikan tugas akhir ini, yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, sehingga kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan. Akhir kata semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak.

Surabaya, 30 Juli 2019

Dani Fakhri Andrikha

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
BAB I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	2
C. Tujuan.....	2
D. Batasan Masalah.....	2
E. Manfaat Penelitian.....	2
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	3
A. Kebutuhan Kapal dan Daya Saing Galangan Nasional.....	3
B. Standardisasi.....	6
C. Shipboard System.....	9
D. Kapal Kontainer 100 TEUs	18
E. Pembangunan Sister Ship.....	19
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN.....	21
A. Diagram Alir (<i>Flowchart</i>).....	21
B. Tahap Penelitian.....	22
C. Sistematika Penulisan.....	23
BAB IV ANALISA DATA.....	25
A. Analisa Data	25
B. Pembahasan.....	87

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	95
A. Kesimpulan.....	95
B. Saran.....	95
LAMPIRAN A	99
LAMPIRAN B	101
LAMPIRAN C	103
LAMPIRAN D	105
LAMPIRAN E.....	107
LAMPIRAN F.....	109
LAMPIRAN G	111
LAMPIRAN H	115
LAMPIRAN I.....	117
LAMPIRAN J	119
LAMPIRAN K	121
PROFIL PENULIS.....	125

DAFTAR GAMBAR

<i>Gambar 2. 1. Distribusi Umur Kapal di Indonesia. (KEMENPERIN, 2015).</i>	3
<i>Gambar 2. 2. Proyeksi Kebutuhan Kapal Niaga 2015-2019. (PERINDO, 2015).</i>	4
<i>Gambar 2.3. Proses Design Kapal. (Roy L. Harrington, 1971)</i>	10
<i>Gambar 2.4. Visualisasi Shipboard Systems.</i>	12
<i>Gambar 2.5. Rancangan Umum Kapal Kontainer 100 TEUs.</i>	19
<i>Gambar 3.1. Diagram Alur Tahapan Penyelesaian Masalah</i>	21
<i>Gambar 4.1. Bills of Quantities Pengerjaan pada Kapal 100 TEUs</i>	27
<i>Gambar 4.2. P&ID Fuel Oil System Perancangan.</i>	43
<i>Gambar 4.3. P&ID Sistem Minyak Lumas Perancangan.</i>	56
<i>Gambar 4.4. P&ID Balas System Perancangan.</i>	63
<i>Gambar 4.5. P&ID Bilge System Perancangan.</i>	69
<i>Gambar 4.6. P&ID OWS System Perancangan.</i>	78

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR TABEL

<i>Tabel 2.1. Perbedaan Standar, Standardisasi, Spesifikasi.</i>	7
<i>Tabel 2.2. Penjabaran Tipe Standar.</i>	9
<i>Tabel 2.3. Keuntungan dari Standardisasi.</i>	9
<i>Tabel 4.1. Pemilihan Shipboard System Pengerjaan pada Kapal.</i>	28
<i>Tabel 4.2. Accessories Losses at Suction Line Pompa Transfer HSD.</i>	43
<i>Tabel 4.3. Accessories Losses at Discharge Line Pompa Transfer HSD.</i>	45
<i>Tabel 4.4. Accessories Losses at Suction Line Pompa Pasokan HSD.</i>	49
<i>Tabel 4.5. Accessories Losses at Discharge Line Pompa Pasokan HSD.</i>	50
<i>Tabel 4.6. Accessories Losses at Suction Line Sistem Minyak Lumas.</i>	56
<i>Tabel 4.7. Accessories Losses at Discharge Line Sistem Minyak Lumas.</i>	58
<i>Tabel 4.8. Accessories Losses at Suction Line Sistem Balas.</i>	63
<i>Tabel 4.9. Accessories Losses at Discharge Line Sistem Balas.</i>	65
<i>Tabel 4.10. Accessories Losses at Suction Line Sistem Bilga.</i>	70
<i>Tabel 4.11. Accessories Losses at Discharge Line Sistem Bilga.</i>	71
<i>Tabel 4.12. Penentuan Kapasitas Tangki OWS.</i>	73
<i>Tabel 4.13. Perencanaan Dimensi Tangki Oli.</i>	73
<i>Tabel 4.14. Penentuan OWS Separator.</i>	74
<i>Tabel 4.15. Perencanaan Dimensi Sludge Tank.</i>	75
<i>Tabel 4.16. Pemilihan Pipa Oily Bilge.</i>	76
<i>Tabel 4.17. Accessories Losses at Suction Line Sistem OWS.</i>	78
<i>Tabel 4.18. Accessories Losses at Discharge Line.</i>	80
<i>Tabel 4.19. Database Sistem Bahan Bakar.</i>	82
<i>Tabel 4.20. Database Sistem Pelumas.</i>	83
<i>Tabel 4.21. Database Sistem Balas.</i>	84
<i>Tabel 4.22. Database Sistem Bilga.</i>	85
<i>Tabel 4.23. Database Sistem OWS.</i>	86
<i>Tabel 4.24. Spesifikasi Shipboard System Perhitungan.</i>	88
<i>Tabel 4.25. Spesifikasi Shipboard System Kapal Galangan.</i>	89
<i>Tabel 4.26. Perbandingan Kapasitas Pompa.</i>	90
<i>Tabel 4.27. Standardisasi Kapasitas Pompa.</i>	92
<i>Tabel 4.28. Perbandingan Head Pompa.</i>	92

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB I.

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang.

Industri galangan kapal Indonesia mempunyai potensi yang cukup besar jika ditinjau dari kebutuhan kapal dari dalam negeri, termasuk banyaknya jumlah kebutuhan Kapal Kontainer 100 TEUs dalam waktu dekat. Untuk memenuhi kebutuhan sekaligus meningkatkan daya saing perekonomian global di mata dunia dibutuhkan pengembangan teknologi produksi kapal. Hal ini didukung dengan lahirnya asas *cabotage* dari INPRES No. 5 Tahun 2005 tentang pemberdayaan industri maritim nasional juga memberi pengaruh positif pada perkembangan industri kapal di Indonesia. Dengan ini kebutuhan Kapal Kontainer 100 TEUs memungkinkan untuk dibangun secara massal dengan adanya standardisasi.

Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar di dunia, maka fungsi angkutan laut sangat penting dalam pembangunan dan perekonomian. Indonesia negara kepulauan yang mempunyai luas sekitar 1,5 juta km² dengan wilayah laut empat kali luas daratan, maka sudah sewajarnya bila negara maritim ini menempatkan perhubungan laut dalam kedudukan yang amat penting karena dalam wilayah seluas itu tersebar 17.508 pulau baik besar maupun kecil dan hampir setengahnya dihuni oleh manusia yang mutlak saling berhubungan. Dengan kondisi geografis demikian dan dilihat dari data kebutuhan tersebut industri kapal nasional memiliki potensi dan peluang pasar yang cukup besar. Meskipun memiliki potensi dan peluang pasar yang terus menerus, tingkat produktivitas dan daya saing galangan kapal nasional selama ini tetap rendah, dimana pangsa pasarnya hanya sekitar 0,35-0,5 persen dari total produksi kapal dunia (Ma'ruf, 2006).

Untuk meningkatkan daya saing galangan kapal Nasional di pasar global diperlukan pengembangan teknologi produksi, standardisasi tipe dan ukuran kapal, serta masing masing galangan kapal fokus pada produksi jenis kapal tertentu (Ma'ruf, 2014).

Berdasarkan proyeksi IPERINDO (2015), kebutuhan kapal niaga Indonesia dalam jangka waktu tahun 2015-2019 mencapai 609 unit kapal yang terdiri dari 83 unit kapal kontainer berbagai ukuran, 26 unit kapal barang perintis stara 208 TEUs, dan 500 unit kapal pelayaran rakyat. Selain itu untuk mendukung terwujudnya program Tol Laut dalam program Poros Maritim kebutuhan 50 unit kapal perintis penumpang dan barang berbagai ukuran termasuk kapal kontainer 100 TEUs, 100 unit kapal patrol kesatuan penjagaan laut dan pantai (KPLP), 50 unit kapal kenavigasian, dan 43 unit kapal *marine inspector* (kebutuhan Kementerian Perhubungan Tahun 2015-2019), serta sejumlah kapal untuk mendukung eksplorasi migas di Indonesia dan kebutuhan kapal untuk mendukung alutista laut Indonesia.

Standardisasi bertujuan untuk mempercepat proses produksi dengan desain *engineering* yang sama, sehingga produktivitas dan daya saing galangan kapal dapat meningkat. Salah satunya adalah standardisasi *shipboard system*. Dimana *shipboard system* itu sendiri merupakan seluruh sistem yang ada dikapal, sistem yang mendukung kinerja kapal, baik secara langsung ataupun tidak langsung. Contoh *shipboard system* yang ada dikapal adalah *main propultion*, sistem *oily-water separated*, *firefighting sistem*, dan sistem-sistem penunjang lainnya.

Sehingga diharapkan dengan adanya standardisasi tersebut maka pembangunan kapal dengan spesifikasi yang sama dan dibangun dimana saja akan menghasilkan kapal yang sama. Untuk itu perlu adanya standardisasi yang digunakan sebagai rujukan dalam pembangunan massal pada kontainer 100 TEUs.

B. Rumusan Masalah.

Berdasarkan latar belakang, maka perumusan masalah pada penelitian ini adalah “Bagaimana menganalisa standardisasi *shipboard system* untuk kapal kontainer 100 TEUs?”.

C. Tujuan.

Penulisan tugas akhir ini bertujuan untuk membuat standar *shipboard system* untuk kapal kontainer 100 TEUs.

D. Batasan Masalah.

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

- 1) Kapal kontainer 100 TEUs di perairan Indonesia.
- 2) *Shipboard System* (Sistem-sistem yang mendukung kerja mesin utama).

E. Manfaat Penelitian.

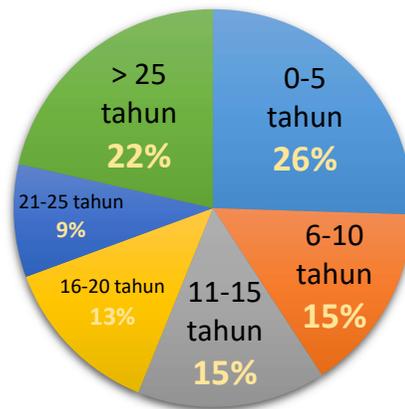
Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

- 1) Membuat *database* kapal kontainer 100 TEUs.
- 2) Mempercepat perancangan kapal dengan tipe yang sama.
- 3) Efisiensi waktu pengerjaan kapal.
- 4) Meningkatkan dan mempercepat TKDN (Tingkat Kandungan Dalam Negeri).

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Kebutuhan Kapal dan Daya Saing Galangan Nasional.

Sejak diterbitkannya INPRES 5/2005 tentang azas *cabotage*, terjadi peningkatan jumlah armada kapal nasional hingga tahun 2014 sebesar 8,259 kapal, namun demikian sekitar 30% dari jumlah armada kapal niaga nasional saat ini telah berumur lebih dari 20 tahun. Jika diasumsikan *lifetime* suatu kapal sekitar 30 tahun maka dalam 10 tahun kedepan dibutuhkan penggantian kapal tua sekitar 2,478 kapal. Ilustrasi persentase kapal berdasarkan umur dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1. Distribusi Umur Kapal di Indonesia. (KEMENPERIN, 2015).

Pada Gambar 2.2 merupakan proyeksi IPERINDO (2015) yang menjelaskan bahwa kebutuhan kapal niaga Indonesia dalam jangka waktu tahun 2015-2019 mencapai 609 unit kapal yang terdiri dari 83 unit kapal kontainer berbagai ukuran, 26 unit kapal barang perintis stara 208 TEUs, dan 500 unit kapal pelayaran rakyat. Selain itu untuk mendukung terwujudnya program Tol Laut dalam program Poros Maritim kebutuhan 50 unit kapal perintis penumpang dan barang berbagai ukuran termasuk kapal kontainer 100 TEUs.



Gambar 2. 2. Proyeksi Kebutuhan Kapal Niaga 2015-2019. (PERINDO, 2015).

Meskipun banyaknya kebutuhan kapal nasional, daya saing galangan kapal nasional terhadap pasar dunia masih sangat lemah. Hal ini terkait produktivitas galangan kapal nasional yang masih lemah. Tidak ada parameter pengukuran yang diterima secara universal untuk membandingkan produktivitas antar galangan kapal, oleh karena itu dibutuhkan suatu model pengukuran yang didasarkan pada parameter galangan pada saat itu. Idealnya, model pengukuran ini mempertimbangkan tipe kapal yang dibangun dan ukuran/model kapal. Kedua indikator tersebut akan sangat berpengaruh terhadap performa dari galangan. Untuk mengatasi masalah tersebut dikembangkanlah konsep *Compensated Gross Tonnage* (CGT) yang didasarkan pada pertimbangan terhadap tipe kapal (kompleksitas) dan ukuran kapal (kapasitas).

Ukuran CGT merupakan pengembangan dari diskusi antara *Association of West Europe Shipbuilder* (AWES) dan *Shipbuilder Association of Japan* (SAJ) pada tahun 1966 dan 1967. Hasil dari diskusi ini adalah dikeluarkannya aturan umum mengenai cara perhiyungan untuk menghitung *Compensated Gross Registered Tonnage* (CGRT). Pada tahun 1969 diperkenalkan koefisien baru yang dapat mengkonversikan GRT berubah menjadi koefisien GT. Pada tahun 1974 konsep ini diadopsi oleh *Organization for Economic Cooperative Development* (OECD) sebagai parameter dasar perbandingan dai output galangan nasional.

Compensation coefficient (CC) adalah koefisien yang digunakan untuk mengkonversi bentuk *Gross Tonnage* kedalam bentuk *Compensated Gross Tonnage*. Koefisien ini telah dikembangkan untuk semua jenis kapal yang bersifat komersil dan tidak berlaku untuk kapal perang. *Compensation Coefficient* (CC) telah disetujui oleh OECD (*Organization for Economic Cooperative Development*) dan berbentuk tabel untuk tipe dan kapasitas kapal diwakili oleh 40 koefisien.

Gross Tonnage (GT) kapal adalah ukuran dari volumenya. Istilah lainnya adalah *admeasurement*, yang berawal dari Inggris pada abad ke-16 dimana ini menjadi salah satu cara untuk mengukur perolehan/pemasukan dari kapal atau sering dikatakan sebagai indikasi dari ukuran atau kapasitas kapal. GT dikembangkan selama bertahun-tahun melalui aturan yang sangat kompleks, tetapi tidak sama pada tiap-tiap negara hingga akhirnya IMO mengganti proses lama tersebut dengan ukuran internasional pada tahun 1970.

Harga *Compensated Gross Tonnage* (CGT) diperoleh dari perkalian antara besar harga *Gross Tonnage* (GT) dengan *Compensation Coefficient* (*FactorCGT*). CGT yang merupakan dasar pengukuran produktivitas dapat diperluas lagi sebagai alat untuk memperhitungkan tingkat persaingan galangan.

Menurut Ma'ruf (2006), galangan kapal Indonesia hanya meraih pangsa pasar sebesar 0,35-0,5 persen, hal ini berarti hanya berkisar 1600.000 CGT dan terpaat sangat jauh dengan galangan kapal Cina dengan hasil produksi 18,9 juta CGT.

Hasil penilaian galangan kapal tidak terlepas dari aspek kualitas hasil produksi kapal, harga kapal, dan kecepatan poros produksi kapal. Hal tersebut akan menjadi tolok ukur utama dalam daya saing galangan baik secara nasional maupun internasional. Berdasarkan penelitian Ma'ruf (2006), daya saing pada galangan kapal kelas nasional dipengaruhi oleh faktor internal dan eksternal. Faktor internal termasuk *shipyard management*, *process technology*, *product performance*, dan *price quotation*. Faktor tersebut dapat mempengaruhi daya saing galangan kapal. Oleh karena itu, arah pengembangan harus berorientasi pada manajemen teknologi yang lebih maju dan modern.

Kapasitas produksi juga sangat dipengaruhi oleh kemampuan faktor-faktor produksi yang dimiliki dan kontribusinya dalam pencapaian target produksi perusahaan, dimana kapasitas produksi ini merupakan kemampuan maksimum dari alat-alat produksi untuk menghasilkan output produk dalam periode tertentu. Skill tenaga kerja, kecanggihan alat-alat produksi, ketersediaan infrastruktur, penerapan metode produksi dan standardisasi yang tepat sangat menentukan kapasitas produksi tersebut.

Menurut Ma'ruf (2014), untuk meningkatkan daya saing galangan kapal Nasional di pasar global diperlukan pengembangan teknologi produksi, standardisasi tipe dan ukuran kapal, serta masing-masing galangan kapal fokus pada produksi jenis kapal tertentu. Dengan standardisasi serta didukung dengan peran teknologi dalam pembangunan kapal akan mengoptimalkan pembangunan kapal niaga seri (*sister ship*) yang akan dibangun secara parallel atau massal khususnya kapal kontainer 100 TEUs.

B. Standardisasi.

Menurut KBBI standarisasi merupakan penyesuaian bentuk (ukuran, kualitas, dan sebagainya) dengan pedoman standar yang ditetapkan; pembakuan. Berdasarkan definisi tersebut maka dapat kita pahami standarisasi merupakan suatu proses untuk mencapai standar.

Menurut (Roni A. 1995) Kata "standar" memiliki beberapa interpretasi dan berbeda dalam bentuk dan jenis tergantung pada aspek tertentu dari suatu subjek yang dapat dicakup. Definisi yang dikompilasi dari publikasi National Bureau of Standards (NBS), Badan Standardisasi Nasional (BSN). dan sumber lainnya:

1. Seperangkat nomenklatur, atau definisi istilah.
2. Spesifikasi untuk kualitas, komposisi, atau kinerja suatu bahan. Sebuah instrumen, mesin atau struktur.
3. Metode pengambilan sampel atau inspeksi untuk menentukan kesesuaian dengan spesifik persyaratan sejumlah besar bahan dengan memeriksa sampel yang lebih kecil.
4. Metode pengujian atau analisis untuk mengevaluasi karakteristik tertentu dari suatu bahan atau bahan kimia.
5. Skema penyederhanaan atau rasionalisasi, yaitu pembatasan berbagai ukuran, bentuk, atau nilai yang dirancang untuk memenuhi kebutuhan konsumen secara ekonomis. Ini juga termasuk penentuan dimensi desain komponen untuk memastikan kemampuan pertukaran, seperti juga metode penilaian dan definisi kelas untuk produk alami, seperti kayu atau mineral.
6. Kode praktik yang berhubungan dengan desain, konstruksi, operasi, keamanan, pemeliharaan bangunan, dan pemasangan mesin.
7. Bentuk model kontrak atau perjanjian.

Sedangkan menurut (Castine Report S-15, 1976), Standardisasi merupakan kesepakatan Bersama, deskripsi item yang dipublikasikan secara resmi dan/atau prosedur yang digunakan dalam industri kelautan untuk tujuan mendefinisikan karakteristik item dan/atau prosedur yang harus toleransi sebagai barang lain dengan standar sama di dalam yang ditentukan dan/atau prosedur yang sesuai.

Istilah standar, standarisasi, dan spesifikasi sering disalahgunakan secara bergantian. Perbedaan antara istilah-istilah ini diberikan dalam Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Perbedaan Standar, Standardisasi, Spesifikasi.

	Standar	Standardisasi	Spesifikasi
Form	Dokumen	Produk akhir	Dokumen
Deskripsi	Deskripsi barang/prosedur yang mewakili konsensus pihak yang berkepentingan	Keadaan memiliki barang identik yang digunakan oleh satu atau lebih pihak	Persyaratan satu pihak untuk item/prosedur yang harus dipenuhi oleh pihak kedua
Tujuan	Kesamaan	keidentikkan	Kontraktual Definisi
Disepakati dengan cara	Konsesnsus	Pemilihan satu produk	deklarasi sepihak

Sumber: (Castine Report S-15, 1976)

Berdasarkan definisi tersebut, maka dapat didefinisikan standardisasi pada proses analisa standardisasi kapal 100 TEUs adalah penyederhanaan *shipboard sistem* (sistem-sistem pendukung kerja mesin utama) sebagai sistem yang dapat berdiri sendiri dan atau suatu sistem yang dapat digabungkan dengan sistem lain yang saling melengkapi dan bersifat standar atau sama.

Standardisasi sebagai salah satu sarana dalam pengembangan industri dan teknologi transfer diterapkan secara luas di negara-negara berkembang. Indonesia telah memiliki program standardisasi nasional sejak 1928 dimulai dengan sebuah organisasi bernama "*Fonds voor Normalizatie*". Selama bertahun-tahun menjadi Dewan Standardisasi Indonesia dan berfungsi sebagai badan koordinasi nasional. Organisasi yang berkaitan dengan standardisasi dan metrologi beroperasi dan bekerja sama dengan lainnya lembaga untuk diakui, membangun, dan meningkatkan standardisasi dan metrologi di Indonesia.

Program standardisasi menjadi bagian dari pengembangan infrastruktur dan merasionalisasi produksi industri, layanan, perdagangan, dan kegiatan pertanian di negara. Sektor pembuatan kapal melalui Departemen Perindustrian juga mendefinisikan istilah umum dan teknis dan mengembangkan spesifikasi sebagai bagian dari standardisasi yang baik. Spektrum luas dari proses dan kegiatan mengandung beberapa karakteristik dasar, yang mirip dengan yang ada di negara berkembang lainnya:

1. Lingkup.
 - a) Keputusan internal, seperti ketika hanya ada satu vendor yang relevan.
 - b) Kesepakatan bersama oleh produsen, baik formal atau informal, mengikat atau sukarela.
 - c) Proses standardisasi mungkin salah satu dari mengikuti pemimpin. Kepemimpinan peran dapat diambil oleh pembeli atau oleh penjual.
 - d) Mungkin ada peraturan pemerintah langsung.
 - e) Komisi standardisasi internasional.

2. Administrasi.

- a) Untuk memutuskan konten teknis standar. Keputusan tentang berbagai hal pertanyaan yang timbul dalam perumusan standar:
- b) Untuk melemparkan standar yang sedang dikembangkan menjadi bentuk yang paling efektif sebagai spesifikasi - yaitu untuk membuat kata-kata dari standar spesifik, jelas, dan lengkap. dan untuk membuat mereka sesingkat mungkin
- c) Untuk mengawasi dan mengoordinasikan tindakan suatu badan yang tidak aktif bagian dalam perumusan standar tetapi berfungsi khusus untuk menjaga ketertiban dalam alur kerja dengan membuat keputusan pada fase signifikan dalam penanganan proyek standardisasi

3. Kompatibilitas sebagai hasil langsung.

Karena produk atau layanan distandardisasi, produk dengan fungsi yang sama akan menjadi kompatibel (memungkinkan mereka untuk bekerja sama atau mengganti satu sama lain). Saat desain mereka dikoordinasikan sedemikian rupa sehingga komponen yang serupa kompatibel satu sama lain, standardisasi menciptakan:

- a) Kompatibilitas fisik: objek fisik dirancang agar sesuai secara fisik.
- b) Kompatibilitas komunikasi: dua perangkat fisik dapat berkomunikasi satu sama lain.
- c) Kompatibilitas dengan konvensi: manfaat dari koordinasi yang tidak secara fisik mirip sekali.

Penyesuaian standar dilakukan untuk memastikan penerimaan, kompatibilitas, pertukaran, identik, atau aspek lainnya kesamaan. Seringkali standar berisi tes yang akan digunakan untuk menentukan bahwa konformasi berada dalam toleransi yang ditentukan. Meskipun ada banyak alasan untuk menggunakan standar dalam banyak aplikasi yang berbeda yang paling utama adalah menghemat uang.

Referensi dapat dibuat pada jenis dan tingkat standar. Tipe adalah area yang menjadi perhatian atau fungsi standar dan level dapat merujuk pada bagian dari kapal yang sedang dipertimbangkan atau luasnya organisasi yang mengembangkan standar dan aplikasi yang dimaksud. Standar dapat terdiri dari satu jenis atau kombinasi jenis.

Tabel 2.2. Penjabaran Tipe Standar.

<i>TYPES OF STANDARDS</i>	
<i>HARDWARE</i>	<i>SOFTWARE</i>
Performa	Tata nama
Karakteristik Operasi	Gambar
Ukuran	Pembelian
Amplop	Dokumentasi
Antarmuka	
Kriteria desain	
Pengujian Konstruksi	

Sumber: (Castine Report S-15, 1976)

Pada penjelasan Tabel 2.2. di atas penyerderhanaan pada proses standardisasi yang akan dilakukan merupakan standardisasi dengan tipe hardware dengan pemilihan poin dari kategori atau jenis pada; karakteristik operasi, dan performa.

Ada keuntungan yang berbeda-beda ukuran porsi “Dokumentasi Pengadaan” dalam menerapkan standar yang berbeda untuk kapal.

Tabel 2.3. Keuntungan dari Standardisasi.

<i>SHIP LEVEL</i>	
Modul	<i>System</i>
<i>Unit</i>	<i>Equipment</i>
<i>Panel</i>	<i>Component</i>
<i>Plate or shape</i>	<i>Parts</i>

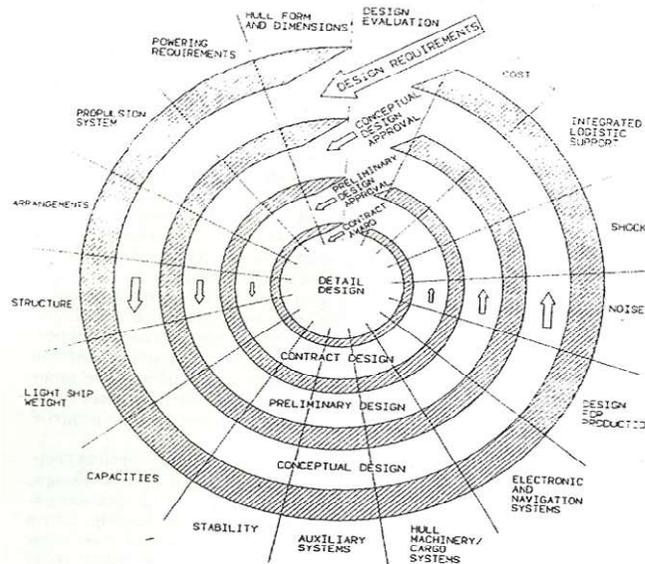
Sumber: (Castine Report S-15, 1976)

Pada Tabel 2.3. standardisasi dikerucutkan lagi dalam kategori *ship level* yang dapat dilihat pada tabel di atas, pemilihan berdasarkan kategori sistem untuk menemukan standardisasi yang kan diperoleh dari *Bills of Quantities* (BoQ) berupa *equipment*, *component*, dan *parts*.

C. Shipboard System.

Menurut Harrington, Roy L. (1971), Persyaratan desain kapal dibutuhkan untuk memastikan bahwa kapal dapat mendukung tujuan misi keseluruhan, harus diterjemahkan ke dalam kemampuan kinerja kapal khusus oleh insinyur kelautan dan arsitek angkatan laut. Masukan dari perspektif lain, seperti preferensi pemilik juga harus dipertimbangkan. Analisis mendalam yang mungkin melibatkan banyak disiplin ilmu diperlukan untuk memberikan keyakinan bahwa persyaratan desain kapal akan mendukung tujuan kapal tersebut. Analisis kriteria ini, yang mengarah pada sintesis persyaratan dan kendala misi, mengambil bentuk proses berulang yang melibatkan langkah-langkah berturut-turut penilaian ulang dan penyesuaian.

Sebagian besar persyaratan desain kapal saling bergantung dan tidak dapat dianalisis tanpa mempertimbangkan yang lain. Investigasi dapat menunjukkan bahwa beberapa persyaratan kapal dasar tidak layak, dan perubahan dalam strategi keseluruhan diperlukan. Dalam hal terjadi perubahan seperti itu, semua persyaratan desain kapal harus dievaluasi kembali untuk memastikan bahwa seperangkat persyaratan desain kapal yang seimbang dapat dipertahankan.



Gambar 2.3. Proses Design Kapal. (Roy L. Harrington, 1971).

Prosedur yang digunakan untuk menerjemahkan persyaratan desain kapal ke dalam kriteria desain kapal tertentu sering digambarkan sebagai spiral desain. Metode tradisional menggambarkan prosedur desain kapal mewakili proses sebagai serangkaian kegiatan rekayasa dan desain reiteratif yang berjalan melalui fase yang semakin definitif dan masuk ke solusi. Ketika desain kapal yang terus berkembang setiap keputusan menjadi lebih terbatas dan analisis teknik menjadi semakin lebih rinci.

Seperti ditunjukkan oleh Gambar 2.4. proses desain kapal dimulai dengan definisi persyaratan desain kapal. Berdasarkan jadwal pengiriman muatan yang diperlukan, batas dimensi lambung (mis. Batasan draf), dan ketentuan lain yang dinyatakan sebagai persyaratan desain kapal untuk kapal komersial, bentuk lambung dan dimensi desain calon kapal dapat ditentukan. Dari ini dengan modifikasi dan kompromi lebih lanjut, desain kapal yang paling ekonomis dapat ditetapkan. Namun sebelum dimensi, bentuk, dan karakteristik calon kapal dapat ditetapkan, sejauh belum diketahui data sekunder mengenai ruang mesin, konsumsi bahan bakar, dan fitur teknik lainnya harus tersedia. Untuk mengatasi

situasi yang tampaknya mustahil ini, dan untuk memungkinkan analisis untuk melanjutkan, karakteristik yang tidak diketahui harus awalnya diperkirakan dan kemudian disempurnakan saat analisis berlangsung. Perkiraan yang didasarkan pada prosedur analitik yang canggih dan memakan waktu mungkin tidak dijamin selama fase formatif dari analisis desain, karena data pendukung dapat mengubah dan membatalkan hasil yang diperoleh. Studi parametrik dari desain kapal yang serupa, dan metode perbandingan lainnya secara keseluruhan, umumnya memadai, dan lebih sesuai untuk perkiraan awal. Tentu saja, seiring dengan kemajuan analisis desain dan data pendukung menjadi lebih kuat, prosedur analitik yang semakin ketat menjadi tepat.

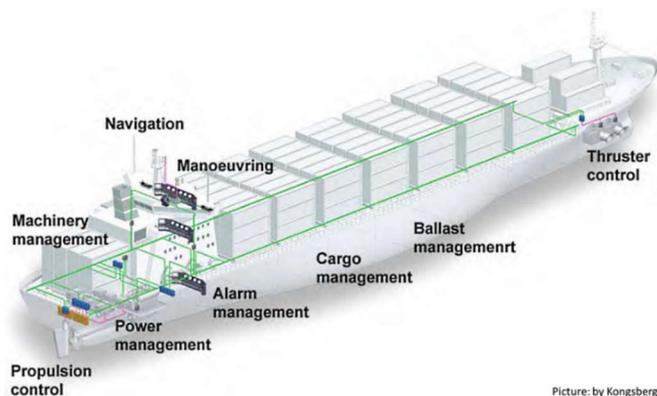
Selama tahap desain konseptual, studi kelayakan dilakukan, biasanya oleh sekelompok kecil orang, untuk mengidentifikasi konfigurasi kapal alternatif yang mungkin memenuhi persyaratan desain kapal. Upaya studi ini mungkin memerlukan pengembangan susunan konfigurasi desain alternatif yang melibatkan berbagai kombinasi jumlah dan ukuran kapal dan kecepatan kapal, bentuk lambung khusus, dan propulsi opsional serta konsep permesinan. Semua fitur kapal yang ditunjukkan pada Gambar 2.4. mungkin tidak dianalisis dengan kedalaman yang sama untuk setiap konfigurasi kapal kandidat, karena perkiraan yang masuk akal untuk beberapa fitur mungkin memadai untuk tujuan yang dimaksud. Namun, selama tahap desain konseptual, jumlah konfigurasi alternatif dipersempit dengan konfigurasi karakteristik utama yang memiliki potensi terbesar untuk memenuhi kriteria biaya dan kinerja.

Pada proses desain kapal yang diilustrasikan oleh Gambar 2.4. *shipboard system* pada kapal diterjemahkan dalam persyaratan desain kapal yang didefinisikan secara luas menjadi persyaratan khusus untuk berbagai sistem kapal. Persyaratan tersebut biasanya sesuai dengan skema klasifikasi berikut:

- Sistem Propulsi Utama
 - Jenis dan jumlah propeller.
 - Daya poros.
 - Diameter dan kecepatan propeller.
 - Jenis propulsion plant.
 - Sistem otomasi.
 - Sistem konsumsi bahan bakar.
 - Tingkat kebisingan.
 - Ruang dan berat.
- Sistem Permesinan Bantu
 - Pembangkit listrik.
 - Uap (steam).
 - Penanganan dan perawatan bahan bakar.
 - Pelumas.
 - Pemanasan, ventilasi, dan AC.
 - Pemadam kebakaran, bilga, dan balas.
 - Kontrol polusi.
 - Air laut.
 - Air segar.

- Sistem Mesin Geladak
 - *Steering gear.*
 - *Bow thruster.*
 - Jangkar.
 - *Mooring.*
 - Stabilisasi kapal.
- Sistem Tempur Angkatan Laut.
 - Perlengkapan senjata.
 - Perlengkapan tempur.
 - *Catapult.*
 - *Torpedo handling.*
 - Pengisian Proyektil.
- Sistem Komunikasi dan Navigasi
 - Komunikasi interior.
 - Komunikasi eksterior.
 - Navigasi
- Sistem Kargo.
 - Sistem tanker, seperti muatan dan pipa balas dan pompa, ketentuan pembersihan tangki dan ketentuan inert gas.
 - Penanganan muatan.
- Elektronik Militer.
 - Komando dan kontrol.
 - Kontrol senjata.
 - Data taktis.
 - Torpedo handling.
 - Penanggulangan elektronik.

Shipboard System merupakan seluruh sistem yang ada dikapal. Sistem yang mendukung kinerja kapal, baik secara langsung maupun tidak langsung. Contoh *shipboard system* yang ada dikapal adalah *main propulsion, balas system, bilge system, oily-water separated system, firefighting system*, dan sistem-sistem penunjang lainnya. Pembahasan Penelitian kali ini hanya menyangkub yaitu sistem-sistem yang mendukung cara kerja mesin utama seperti yang digambarkan Gambar 2.4.



Gambar 2.4. Visualisasi Shipboard Systems.

1. Sistem-Sistem Penunjang Mesin Utama.

a. Mesin Induk Kapal.

Untuk mempertahankan kondisi mesin agar tetap mampu beroperasi maksimal tentunya main engine akan dibantu dengan beberapa system pendukung lainnya. Sistem pendukung tersebut antara lain:

- 1) Sistem Bahan Bakar.
- 2) Sistem Pelumas.
- 3) Sistem Balas.
- 4) Sistem Bilga.
- 5) Sistem *Oily Water Separator*.

Sistem tersebut diatas sangat berpengaruh terhadap kinerja main engine, oleh sebab itu kesuksesan operasi maupun kegagalan operasi didalam *main engine* juga akan dipengaruhi oleh sistem-sistem tersebut diatas.

a) Sistem Bahan Bakar.

Bakar Sistem bahan bakar ini secara umum terdiri atas *fuel oil transfer, filtery dan purifering; fuel oil circulating, fuel oil supply dan heater*. Bahan bakar di kapal disimpan di *storage tank*. Koil pemanas harus dipasang pada tangki bunker sehingga temperature bahan bakar pada tangki bunker dapat dipertahankan pada temperature 40-500C. Untuk memastikan pensuplaian bahan bakar cukup banyak, maka kapasitas dari *circulating pump* dibuat lebih besar dari jumlah bahan bakar yang dikonsumsi oleh motor induk. Dan kelebihan bahan bakar tersebut akan disirkulasikan kembali dari motor melalui *venting box* yang kemudian akan menuju ke *circulating pump* kembali. Ketika *engine* berhenti, *circulating pump* akan terus bekerja untuk mensirkulasikan *heavy fuel* yang telah dipanaskan dan tetap melewati *fuel oil system engine* dengan tujuan untuk menjaga bahan bakar tetap panas.

Pada sistem bahan bakar ada beberapa peralatan yang mendukung sistem tersebut antara lain: *System Transfer, Filtering dan purifikasi*. Sistem ini bertugas memindahkan bahan bakar dari *storage tank* ke *settling tank*, serta membersihkan bahan bakar dari kotoran yang berasal dari storage tank. *Heavy fuel oil* harus dibersihkan terlebih dahulu dengan melewatkannya melalui *centrifuge pump* sebelum masuk ke *daily tank*. Pada *centrifuge pump* nantinya kotoran-kotoran yang terdapat pada HFO yang terdiri atas partikel dan air akan dipisahkan dari HFO.

b) Sistem Pelumas.

Pelumas merupakan sarana pokok dari mesin untuk bekerja secara optimal. Tanpa pelumas dapat dipastikan bahwa mesin tidak akan dapat beroperasi. Memberikan pelumas yang salah dapat mengakibatkan mesin yang menggunakannya langsung rusak atau jika tidak begitu fatal, maka salah satu konsekuensinya adalah mesin tidak dapat bekerja secara optimal.

Pelumas di mesin sangat diperlukan karena berfungsi untuk melumasi komponen-komponen yang bergesekan. Tujuannya adalah untuk mempertahankan umur dan daya tahan komponen sesuai dengan umur ekonomisnya. Selain itu sistem pelumas berfungsi untuk mengurangi gesekan antar komponen mesin.

Sistem pelumasan memiliki sejumlah tujuan. tujuan-tujuan ini antara lain:

- Untuk memberikan jumlah pelumas yang diperlukan ke setiap permukaan gesek dengan tingkat suhu dan kontaminasi yang terkendali.
- Untuk melakukan *condition monitoring* dan untuk memberikan peringatan tepat waktu akan kerusakan sistem.
- Untuk memberikan kemampuan mengatasi keadaan yang diluar perencanaan.
- Dalam banyak kasus, untuk menyediakan pelumas ke sistem kontrol kecepatan dan ke perangkat *low-oil-pressure*.

Pemilihan sistem pelumasan ditentukan sebagian oleh penggerak utama yang dipilih dan, sebagian, oleh tata letak ruang mesin.

Ada dua jenis dasar sistem pelumas: sistem gravitasi dan sistem tekanan. Selain itu, ada dua jenis sistem pelumas yang menggabungkan fitur sistem gravitasi dan tekanan seperti tekanan tinggi/sistem gravitasi dan tekanan rendah/sistem gravitasi.

Sistem gravitasi menggunakan satu atau lebih tanki untuk memasok minyak ke sistem propulsi. Sistem ini membutuhkan ruang yang tinggi; ketinggian minimum 30 kaki di atas mesin. Sistem gravitasi adalah jenis sistem yang paling andal, jika kapasitas yang memadai dibangun ke dalam tangki utama.

Pasokan sistem tekanan langsung dari pompa oli pelumas. Sistem ini menghilangkan persyaratan ruang dan berat tangki pada sistem gravitasi. Namun, minyak cadangan harus dihentikan untuk memanfaatkan pemompaan langsung. Diperlukan dua pompa, yang masing-masing mampu memasok kebutuhan. Diperlukan pengalihan otomatis pasokan dari satu pompa ke yang lain.

Sistem gravitasi/tekanan adalah sistem tekanan dengan satu atau lebih tangki untuk menyediakan pasokan cadangan minyak. Versi sekarang ini dirancang untuk memberikan aliran penuh pada tekanan pengenal selama empat menit. Sistem *low-head* memasok minyak untuk periode yang sama tetapi dengan tekanan yang berkurang.

Berbagai jenis sistem pelumas memiliki sebagian besar elemen fungsional yang sama. Rekomendasi tentang desain, lokasi, dan kapasitas mereka hampir sama. Minyak disuplai ke kapal melalui jalur pengisian untuk digunakan.

c) Sistem Bilga/Balas.

Sistem bilga digunakan untuk menghilangkan cairan yang menumpuk di bagian atas tangki dan di ruang-ruang tertutup yang terletak di seluruh kapal. Cara yang dilakukan pada pembersihan cairan ini andata lain dibuang ke laut atau diarahkan ke tangki pengumpul limbah minyak. Dalam situasi darurat, pompa bilga juga dapat digunakan untuk mengevakuasi air dari area kapal yang banjir karena kebocoran dari pipa atau komponen yang pecah, atau sebagai akibat kerusakan lambung.

Beberapa pompa lambung kapal biasanya dipasang di berbagai lokasi di kapal. Peringkat kapasitas untuk pompa ini sering berada di kisaran 25 hingga 1000 gpm.

Pompa sentrifugal yang digerakkan motor secara horizontal dan vertikal sering digunakan dalam aplikasi ini. Karena persyaratan *head* yang relatif rendah untuk layanan bilga kapal pompa ini biasanya merupakan unit satu tahap. Selain itu, mereka biasanya memiliki *casing split* aksial dengan *impeller* hisap ganda dipasang di antara bantalan atau *casing split* radial dengan *impeller overhung single-suction*.

Pompa *casing* perpecahan yang lebih kecil dapat dilengkapi dalam konfigurasi yang dikopel dengan erat. Beberapa pompa lambung sentrifugal dan motornya mampu beroperasi bahkan ketika terendam air.

Karena pompa bilga sentrifugal biasanya beroperasi dengan *lift* isap, pompa non-priming umumnya harus dihubungkan ke sistem *priming* pusat kapal atau dilengkapi dengan pompa *priming* vakum. Untuk menghilangkan kebutuhan pompa *priming*, pompa sentrifugal *self-priming* kadang-kadang digunakan dalam aplikasi ini.

Alternatif tambahan yang menghilangkan kebutuhan untuk pompa *priming* dalam lambung kapal pengirim termasuk penggunaan *sump pump* dan pompa VTP (memungkinkan impeler pompa terendam langsung di dalam lambung kapal), pompa piston bolak-balik yang digerakkan motor, uap dan udara, pompa baling-baling putar, dan pompa diafragma yang digerakkan udara yang terendam. Beberapa pompa bilga kapal yang digerakkan motor listrik secara otomatis dinyalakan dan dimatikan oleh sakelar apung yang dipasang di sumur hisap lambung kapal.

Sedangkan sistem balas digunakan untuk memindahkan air laut ke dalam dan keluar dari tangki balas kapal. Oleh karena itu, mereka dapat mengambil isapan dari *Sea chest* atau dari tangki balas yang sedang dikosongkan. Selain itu, air laut yang dibuang oleh pompa ini dapat diarahkan ke tangki balas atau *overboard*. Pompa sentrifugal satu tahap yang dipasang secara horizontal dan vertikal yang memiliki casing split aksial dan impeller pengisapan ganda yang dipasang di antara bantalan sering digunakan dalam aplikasi ini. Selain itu, pompa propeler aliran aksial dan terbalik VTP dan kadang-kadang digunakan dalam sistem balas. Peringkat kapasitas untuk setiap pompa balas, yang didasarkan pada ukuran tangki balas kapal, persyaratan waktu penyelesaian kapal, dan jumlah pompa balas pada kapal, dapat disesuaikan dari sekitar 500 gpm pada kapal yang lebih kecil hingga lebih dari 20.000 gpm untuk pompa yang dipasang pada pembawa curah cair yang besar.

Head total yang harus dikembangkan oleh pompa balas tipikal umumnya kurang dari 150 kaki (45 meter) *head* yang lebih tinggi diperlukan, jika pompa balas yang menyuplai air ke *dewatering eductor*. *Driver* yang digunakan dengan pompa balas termasuk motor listrik dan hidrolik, dan turbin uap.

Meskipun pompa balas umumnya beroperasi dengan penghisapan air yang banyak diambil pengisapan dari *sea chest* atau awalnya mulai mengosongkan balas tank yang penuh, perendaman dari impeller pompa dan NPSH yang tersedia untuk unit terus dikurangi. Karena alasan ini pompa balas umumnya memiliki persyaratan NPSH yang relatif rendah. Untuk memungkinkan

persyaratan NPSH tercapai dengan kecepatan spesifik isap yang tidak berlebihan, pompa balas sering beroperasi pada kecepatan tidak melebihi 1800 rpm. Selain itu, untuk memungkinkan pompa ini mengevakuasi jalur hisap udara dan uapnya jika hisap hilang selama operasi dengan *suction lift*, pompa balas sentrifugal umumnya terhubung ke sistem *priming* pusat atau, dalam beberapa kasus, ke sistem *stripping* otomatis. Untuk mengaktifkan VTF yang digunakan dalam layanan balas untuk mengambil air dari beberapa lokasi, mereka umumnya dipasang dalam *suction cans*. Selain itu, karena mungkin ada saat-saat ketika udara atau uap harus dikeluarkan dari kaleng isap dan pipa hisap, pompa balas turbin vertikal sering dilengkapi dengan katup yang dapat memanans sendiri.

d) Sistem *oily water separator*.

Sistem *oily water separator* mengkonsolidasikan dan membuang limbah berminyak dan limbah minyak yang terkumpul di ruang mesin. Istilah "limbah berminyak" mengacu pada limbah cair yang sebagian besar berupa air, sedangkan "limbah minyak" menunjukkan cairan yang sebagian besar adalah minyak. Limbah semacam itu tidak dapat dibuang ke laut karena peraturan pengurangan polusi. Sistem limbah berminyak biasanya disimpan terpisah dari sistem bilge untuk menghindari kontaminasi pipa sistem bilge dengan minyak yang kemudian dapat dibuang ke laut. Selain itu, pompa dan perpipaan sistem lambung kapal dirancang untuk laju aliran tinggi yang diperlukan dalam keadaan darurat sehingga tidak dapat digunakan secara efisien untuk menangani sejumlah kecil cairan limbah.

Panci tetes, saluran corong, dan pipa drainase gravitasi harus disediakan di tempat yang memungkinkan untuk mengumpulkan limbah berminyak dari sumbernya dan mengirimkannya ke tangki pengumpul. Air bebas minyak dapat disalurkan langsung ke laut atau ke tangki air limbah untuk mengurangi volume limbah pada lambung kapal. Cairan yang terakumulasi dalam lambung kapal terlepas dari langkah-langkah ini dikumpulkan di sumur drain.

Sistem *oily water separator* menyedot dari *bilge suction* dan dibuang ke tangki pengumpul limbah minyak. Dalam praktik Angkatan Laut AS, ini biasanya dilakukan dengan pompa transfer limbah berminyak yang menyedot dari pipa utama yang memiliki cabang untuk masing-masing sumur drain. Pompa terpisah biasanya disediakan di setiap ruang mesin utama. Secara komersial, pompa yang otomatis dioperasikan ke tangki pengumpul limbah berminyak biasanya disediakan di setiap sumur drain.

Isi tangki pengumpulan limbah berminyak diproses oleh *oily water separator*, sebelum pembuangan ke laut. Monitor kandungan oli disediakan untuk terus mengukur kandungan oli limbah. Jika batas yang ditentukan pada kandungan minyak terlampaui, *efluen* secara otomatis diresirkulasi ke tangki pengumpul, atau separator dihentikan. Oli dibuang melalui perpipaan terpisah ke tangki limbah minyak.

Perpipaan disediakan untuk membuang limbah berminyak dan limbah minyak ke fasilitas pengumpulan darat melalui koneksi selang port dan kanan di dek cuaca. Pompa pemindahan limbah berminyak atau pompa pemisah air minyak, sebagaimana berlaku, diatur untuk tujuan ini. Dalam kedua kasus, kepala pompa harus cukup untuk memberikan tekanan yang memadai (sekitar 10 psi) pada sambungan selang untuk melepaskan ke pantai. *Flensa* dek harus dari desain standar untuk memastikan kompatibilitas dengan semua fasilitas pelabuhan. Perpipaan juga dapat disediakan untuk pembuangan limbah minyak ke *insinerator* atau *boiler* di kapal komersial.

D. Kapal Kontainer 100 TEUs

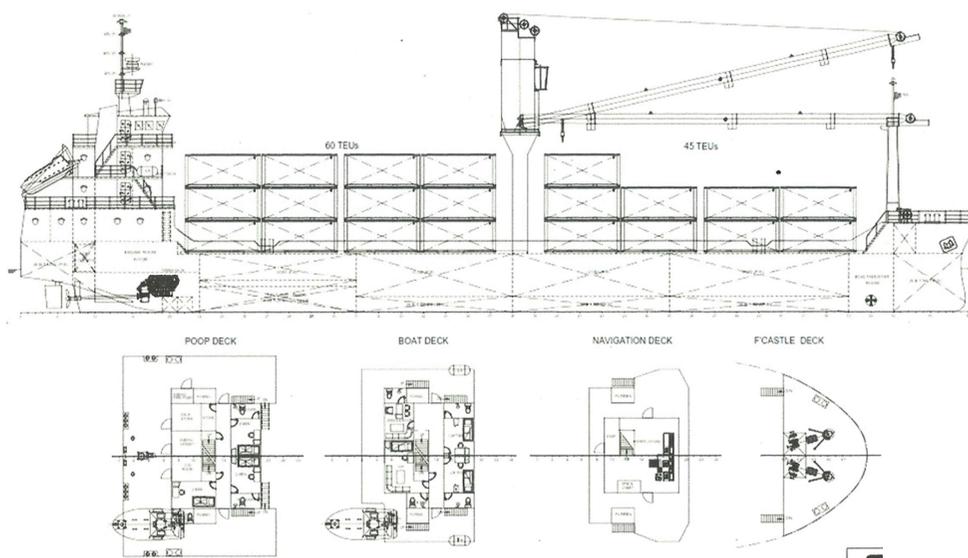
Kapal kontainer atau kapal peti kemas adalah kapal yang khusus digunakan untuk mengangkut kontainer yang standar. Memiliki rongga (*cells*) untuk menyimpan kontainer ukuran standar. Kontainer diangkat ke atas kapal pada terminal kontainer dengan menggunakan *crane* atau derek khusus yang dapat dilakukan dengan cepat, baik *crane* yang berada di dermaga, maupun *crane* yang berada pada kapal kontainer itu sendiri. Ukuran standar dari kontainer sendiri adalah 20 ft dan 40 ft.

TEU (*Twenty-foot Equivalent Unit*) merupakan sebuah satuan kapasitas kargo yang tidak eksak yang mana sering digunakan untuk mendeskripsikan kapasitas kapal kontainer dan terminal kontainer. Satuan ini didasarkan pada ukuran kontainer dengan Panjang 20 ft (6,1 m), sebuah kotak logam berukuran standar yang dapat dipindahkan dengan mudah antar berbagai moda transportasi baik di darat maupun di laut. Transportasi darat yang dapat mengangkut kontainer seperti kereta dan truk kontainer, sedangkan di laut diangkut dengan kapal kontainer. Untuk kapal kontainer dengan kapasitas 100 TEUs dapat diartikan kapal dapat menampung maksimal 100 kontainer ukuran 20 ft.

Pada saat ini terdapat 15 unit kapal kontainer 100 TEUs yang sedang dibangun pada 8 galangan kapal di Indonesia dengan 2 desain berbeda, yaitu 5 unit oleh PT. DRU lamongan, 2 unit pada PT. Orella Shipyard Gresik, 1 unit pada PT dumas Surabaya, 1 unit pada PT. JMI Semarang, 1 unit pada PT. Bandar Abadi Batam, 2 unit pada PT. Marianan Bahagia Palembang, 1 Unit pada PT. KSO-DKB Banten, dan 2 Unit pada PT. IKI Makasar.

Dari data yang diperoleh, kapal kontainer 100 TEUs yang saat ini sedang dibangun di beberapa galangan kapal di Indonesia memiliki ukuran utama sebagai berikut:

Length Over All (Loa)	: 77	meter
Length Between Perpendiculars (Lpp)	: 72,6	meter
Breadth Moulded (B)	: 16	meter
Depth Moulded (H)	: 4,7	meter
Draft (T)	: 3,5	meter
Service Speed	: 12	knot



Gambar 2.5. Rancangan Umum Kapal Kontainer 100 TEUs.

E. Pembangunan Sister Ship.

Sister ship (kapal seri) adalah kapal dengan kelas yang sama atau desain yang hampir identik dengan kapal lainnya. Kapal semacam itu memiliki tata letak lambung dan *superstructure* yang hampir identik, ukurannya hampir sama, dan fitur serta peralatan yang sebanding. Umumnya memiliki tema penamaan yang sama, baik diberi nama berdasarkan jenis yang sama atau dengan kata yang hampir mirip pengucapannya. Pembuatan *sister ship* banyak terjadi perbedaan pada peralatan yang ada pada kapal yang di design. Hal ini terjadi disebabkan oleh daerah *service* yang berbeda sehingga membutuhkan peralatan yang berbeda sesuai dengan kebutuhan.

Half-Sistership adalah sebuah kapal dari kelas yang sama tetapi dengan beberapa perbedaan signifikan. Salah satu contoh kapal seri adalah kapal tempur Inggris era Perang Dunia Pertama di mana dua kapal pertama memiliki empat senjata 15 inci (381 mm), tetapi kapal terakhir, *HMS Furious*, memiliki dua 18 inci (457 mm) senjata sebagai gantinya.

Perbedaan secara umum dari sister ship (kapal seri) adalah sebagai berikut:

1. Jenis: Tipe utama identik (bulk, tank, RoRo, dll.).
2. DWT: $\pm 10\%$ dari DWT (Jika kapal 100.000 DWT, 90.000 hingga 110.000 DWT).
3. *Builder*: Nama perusahaan pembuat kapal identik.

Kriteria utama dari *sister ship* adalah desain lambung yang sama. Sebagai contoh, desain standar TESS-57 yang populer dibangun oleh Tsunishi Shipbuilding dibangun di Jepang, Cina, dan Filipina. Semua kapal dari desain ini digolongkan sebagai sister ship.

Organisasi Maritim Internasional mendefinisikan kapal saudara dalam resolusi IMO MSC/Circ.1158 pada tahun 2006. Kriteria termasuk ini:

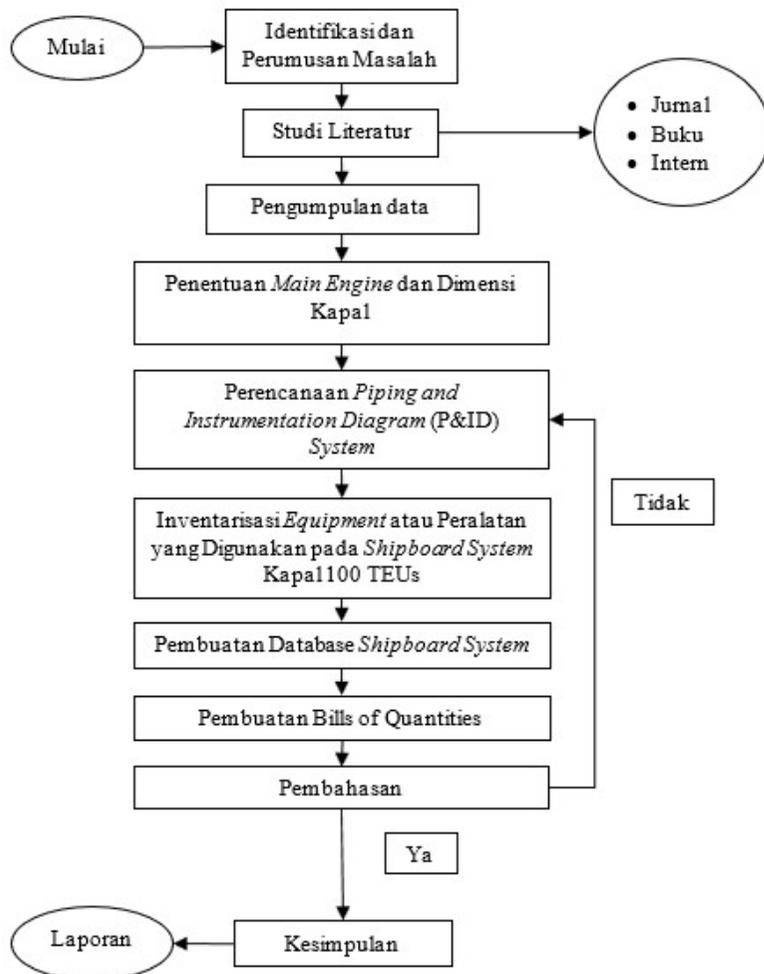
1. Kapal saudara adalah kapal yang dibangun oleh galangan yang sama dari rencana yang sama.
2. *Displacement* kapal harus antara 1 dan 2% dari displacement kapal induk, tergantung pada panjang kapal.

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Diagram Alir (*Flowchart*).

Penelitian ini fokus pada standarisasi *shipboard system* dimana sebagai harga awal pada kapal kontainer 100 TEUs. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan membuat kerangka atau langkah-langkah penyelesaian dari permasalahan-permasalahan yang diangkat pada penelitian ini.

Untuk menjawab permasalahan pada penelitian ini secara garis besar kerangka atau langkah-langkah dalam menyelesaikan penelitian adalah sebagai berikut:



Gambar 3.1. Diagram Alur Tahapan Penyelesaian Masalah.

Penelitian ini dilakukan dengan mengidentifikasi permasalahan dengan melakukan studi literatur melalui buku, jurnal dan berbagai sumber yang berkaitan dengan pembahasan pada penelitian ini. Inventarisasi *Equipment* dilakukan setelah mendapat data yang dibutuhkan pada penelitian ini dan bagan lainnya dilakukan setelah pengumpulan data mencukupi seperti yang tertera pada Gambar 3.1.

B. Tahap Penelitian.

Langkah-langkah yang dilakukan dalam pelaksanaan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Identifikasi.

Pada tahap ini dilaksanakan pengidentifikasian masalah dari suatu kasus yang akan menjadi objek penelitian. Pencarian sumber informasi (studi literatur) dalam penelitian ini dilaksanakan dengan mengaji, mengevaluasi, mereview dan mengidentifikasi aspek teknis pada standarisasi *shipboard system* kapal kontainer 100 TEUs. Penyusunan latar belakang, rumusan masalah dan batasan masalah dilakukan agar penulisan lebih terfokus dan mencapai hasil yang diinginkan.

2. Perumusan Masalah dan Tujuan.

Dari informasi dan masalah yang teridentifikasi pada tahap sebelumnya, dibuat perumusan masalahnya dan tujuan penelitian yang akan dilakukan.

3. Studi Literatur.

Studi literatur dilakukan terhadap berbagai referensi terkait topik penelitian. Studi literatur ini dimaksudkan untuk memahami konsep dan metode yang tepat untuk menyelesaikan masalah yang telah dirumuskan pada tahap sebelumnya dan untuk mewujudkan tujuan yang dimaksud.

Studi literatur ini dibutuhkan untuk menjawab suatu permasalahan dengan mencari/melusuri referensi teori yang relevan serta sumber-sumber tulisan yang pernah dibuat sebelumnya.

Adapun referensi yang diperlukan dalam penelitian ini adalah:

- a. Proses standarisasi pada kapal.
- b. Pengklasifikasian *shipboard system*.
- c. Perumusan *Bills of Quantities* (BoQ).
- d. Standardisasi pada kapal kapal kontainer 100 TEU.s

4. Pengumpula Data.

Data yang diperlukan dalam penelitian ini diperoleh atau dikumpulkan dari bermacam sumber, diantaranya literatur dari beberapa referensi, perusahaan, dan lembaga atau instansi terkait.

5. Pembahasan.

Pembahasan merupakan suatu proses untuk memeriksa, mengolah dan mengkonversi data menjadi informasi yang dapat digunakan untuk mengambil kesimpulan yang tepat. Pembahasan dilakukan berdasarkan pada perumusan masalah selanjutnya yaitu kesimpulan, dan saran. Namun apabila belum berdasarkan rumusan masalah maka proses dilakukan ulang pada tahap Pembuatan P&ID.

6. Kesimpulan dan Saran.

Berdasarkan pembahasan, maka dapat ditarik kesimpulan akhir dari studi atau penelitian ini. Kesimpulan yang baik minimal harus dapat menjawab permasalahan pokok seperti yang telah diidentifikasi di awal. Beberapa kekurangan dan permasalahan yang muncul dari hasil analisa akan menjadi dasar penyusunan saran. Saran bertujuan agar penelitian yang telah dilakukan bisa dikembangkan lebih baik lagi.

C. Sistematika Penulisan.

Pada penelitian ini menggunakan sistematika penulisan sebagai berikut:

1. **BAB I PENDAHULUAN.**

Bab ini berisi uraian secara umum dan singkat meliputi latar belakang masalah, rumusan masalah, Batasan masalah, tujuan penulisan dan manfaat penulisan.

2. **BAB II TINJAUAN PUSTAKA.**

Bab ini berisi penjelasan tentang berbagai referensi dan teori yang terkait dengan judul penelitian yang meliputi kebutuhan kapal dan daya saing kapal nasional, proses pembangunan kapal, pembangunan *sister ship*, standarisasi, *shipboard system*.

3. **BAB III METODOLOGI PENELITIAN.**

Bab ini berisi langkah-langkah penelitian, alur berfikir, tahap identifikasi masalah sampai dengan penyusunan laporan.

4. **BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN.**

Bab ini berisi hasil penelitian dari pembahasan pengelompokan *shipboard system* pada kapal 100 TEUs, analisa *shipboard system* pada kapal kontainer 100 TEUs, standarisasi *shipboard system*, analisa data dan pembahasan.

5. **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.**

Bab ini menjelaskan tentang kesimpulan dan saran dari hasil penelitian yang telah dilakukan, serta rekomendasi dan saran untuk penelitian selanjutnya.

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB IV

ANALISA DATA

A. Analisa Data.

1. Pengelompokan *Shipboard System*.

Selama tahap desain konseptual studi kelayakan dilakukan biasanya oleh sekelompok kecil orang untuk mengidentifikasi konfigurasi kapal alternatif yang mungkin memenuhi persyaratan desain kapal. Upaya studi ini mungkin memerlukan pengembangan susunan konfigurasi desain alternatif yang melibatkan berbagai kombinasi jumlah dan ukuran kapal, kecepatan kapal, bentuk lambung khusus, propulsi opsional, dan konsep permesinan. Semua fitur kapal yang ditunjukkan pada Gambar 2.4 mungkin tidak dianalisis dengan kedalaman yang sama untuk setiap konfigurasi kapal kandidat, karena perkiraan yang masuk akal untuk beberapa fitur mungkin memadai untuk tujuan yang dimaksud. Namun selama tahap desain konseptual, jumlah konfigurasi alternatif dipersempit dengan konfigurasi karakteristik utama yang memiliki potensi terbesar untuk memenuhi kriteria biaya dan kinerja.

Pada proses desain kapal yang diilustrasikan oleh Gambar 2.4, *shipboard system* pada kapal diterjemahkan dalam persyaratan desain kapal yang didefinisikan secara luas menjadi persyaratan khusus untuk berbagai sistem kapal. Persyaratan tersebut biasanya sesuai dengan skema klasifikasi berikut:

- Sistem Propulsi Utama
 - Jenis dan jumlah propeller.
 - Daya poros.
 - Diameter dan kecepatan propeller.
 - Jenis propulsion plant.
 - Sistem otomasi.
 - Sistem konsumsi bahan bakar.
 - Tingkat kebisingan.
 - Ruang dan berat.
- Sistem Mesin Geladak
 - *Steering gear*.
 - *Bow thruster*.
 - Jangkar.
 - *Moorings*.
 - Stabilisasi kapal.
- Sistem Tempur Angkatan Laut.
 - Perlengkapan senjata.
 - Perlengkapan tempur.
 - *Catapult*.
 - *Torpedo handling*.
 - Pengisian Proyektil.
- Sistem Komunikasi dan Navigasi
 - Komunikasi interior.
 - Komunikasi eksterior.
 - Navigasi
- Sistem Permesinan Bantu
 - Pembangkit listrik.
 - Uap (steam).
 - Penanganan dan perawatan bahan bakar.
 - Pelumas.
 - Pemanasan, ventilasi, dan AC.
 - Pemadam kebakaran, bilga, dan balas.
 - Kontrol polusi.
 - Air laut.
 - Air segar.
- Sistem Kargo.
 - Sistem tanker, seperti muatan dan pipa balas dan pompa, ketentuan pembersihan tangki dan ketentuan inert gas.
 - Penanganan muatan.
- Elektronik Militer.
 - Komando dan kontrol.
 - Kontrol senjata.
 - Data taktis.
 - Torpedo handling.
 - Penanggulangan elektronik.

Shipboard System merupakan seluruh sistem yang ada dikapal. sistem yang mendukung kinerja kapal, baik secara langsung maupun tidak langsung. Contoh *shipboard system* yang ada dikapal adalah *main propulsion, balas system, bilge system, oily-water separated system, firefighting system*, dan sistem-sistem penunjang lainnya.

Pada penelitian ini, pengelompokan *shipboard system* harus dilakukan terlebih dahulu, mulai dari penentuan *shipboard system* yang dikerucutkan berdasarkan batasan masalah pada penelitian ini sampai pada perumusan format dari *Bills of Quantities*. Perumusan format *Bills of Quantities* (BoQ) ini nanti yang akan menjadi dasaran untuk melakukan analisa standardisasi nantinya.

Berdasarkan analisa pemilihan *shipboard system*, maka penelitian ini membatasi definisi *shipboard system* pada sistem-sistem pendukung kerja mesin utama (*machinery management*). Untuk mempertahankan kondisi mesin agar tetap mampu beroperasi maksimal maka mesin induk dibantu dengan beberapa sistem pendukung lainnya. Sistem pendukung tersebut antara lain; sistem bahan bakar, sistem pelumas, sistem bilga, sistem balas, dan *oily separator system*.

Pada proses desain kapal yang diilustrasikan pada Gambar 2.4, *shipboard system* pada kapal diterjemahkan dalam persyaratan desain kapal yang didefinisikan secara luas menjadi persyaratan khusus untuk berbagai sistem kapal. Berdasarkan pembatasan pengertian *shipboard system* pada penelitian ini, maka dapat dipilih *shipboard system* yang akan disesuaikan pada penelitian ini.

Pemilihan *shipboard system* mengalami pengerucutan berdasarkan pengertian dan batasan masalah pada penelitian ini. Selain itu, pemilihan *shipboard system* dilakukan dengan membandingkan data BoQ (*Bills of Quantities*) pada kapal kontainer 100 TEUs.

No	ITEM BIAYA	VOL	SAT	HARGA SATUAN (Rp)	HARGA TOTAL (Rp)
1	2	3	4	5	6
	Sistem pipa gas buang mesin induk dan bantu	1	Lot	150,000,000	150,000,000
	Sistem pipa hidrolik	1	Lot	250,000,000	250,000,000
	Sistem pipa oil water separator	1	Lot	150,000,000	150,000,000
	Sistem pipa pelumas	1	Lot	100,000,000	100,000,000
	Sistem pipa air kotor (black and grey)	1	Lot	150,000,000	150,000,000
8	Sistem pipa pembuangan minyak kasar	1	Lot	150,000,000	150,000,000
9	Bow Thruster 250 kW dan perengkapannya	1	Unit	1,800,000,000	1,800,000,000
10	Perengkapan gas buang mesin induk dan gen set	1	Lot	400,000,000	400,000,000
	CWSS dan perengkapannya	1	Unit	200,000,000	200,000,000
	Sub total VI				21,735,000,000
VI	INSTALASI MESIN				
1	Mesin induk 2 x 1400 HP dengan perengkapannya	2	Set	4,200,000,000	8,400,000,000
2	Purvis, propeller & st. bahu	2	Set	1,800,000,000	3,600,000,000
3	Konsole & perengkapannya	2	Set	950,000,000	1,900,000,000
4	Steering gear dengan perengkapannya (termasuk mesin	2	Set		
	lockably)				
5	Kompresor kerja dan perengkapannya	2	Set	350,000,000	700,000,000
	Pompa				
	Pompa air tawar	2	Unit	60,000,000	120,000,000
	Pompa air laut	2	Unit	60,000,000	120,000,000
	Pompa Diesel Umum/pemadam kebakaran	1	Unit	75,000,000	75,000,000
	Pompa pemadam kebakaran darurat	1	Unit	60,000,000	60,000,000
	Pompa bahan bakar minyak	1	Unit	25,000,000	25,000,000
	Pompa minyak panas	1	Unit	20,000,000	20,000,000
	Pompa bilga/ballast	4	Unit	75,000,000	300,000,000
	Pompa air kotor	1	Unit	60,000,000	60,000,000
	Pompa Sprinkler	1	Unit	60,000,000	60,000,000
	Pompa CWSS	1	Unit	40,000,000	40,000,000
	Pompa Minyak Kotor	1	Unit	20,000,000	20,000,000
7	Pompa tangkai	5	Unit	20,000,000	100,000,000
	Sistem Perisipan Uap				
	Sistem pipa CS	1	Lot	450,000,000	450,000,000
	Sistem pipa bilga / ballast	1	Lot	500,000,000	500,000,000
	Sistem pipa pemadam kebakaran	1	Lot	450,000,000	450,000,000
	Sistem pipa air tawar	1	Lot	300,000,000	300,000,000
	Sistem pipa air laut	1	Lot	350,000,000	350,000,000
	Sistem pipa - pipa steam, hot dan hawa	1	Lot	75,000,000	75,000,000
	Sistem pipa pemertanian	1	Lot	100,000,000	100,000,000
	Sistem pipa bahan bakar	1	Lot	200,000,000	200,000,000
	Sistem pipa pendingin air laut	1	Lot	200,000,000	200,000,000
	Sistem pipa supply pendingin air tawar	1	Lot	250,000,000	250,000,000
	Sistem pipa transfer bahan bakar	1	Lot	250,000,000	250,000,000

Gambar 4.1. Bills of Quantities Pengerjaan pada Kapal 100 TEUs

Pengelompokan instalasi mesin diurutkan menjadi 10 bagian, seperti mesin induk dengan *Horse Power* 1400, propeler, kemudi, *steering gear*, dan berbagai sistem-sistem pompa yang ada. Pada kolom ke-tiga dapat kita lihat pada Gambar 4.1 adalah jumlah dari masing-masing item yang dibutuhkan dalam pembangunan kapal kontainer 100 TEUs. Masing-masing item pada gambar di atas memiliki satuan harga dan harga total pada masing-masing itemnya.

Dari kualifikasi *shipboard system* dan *Bills of Quantities* (BoQ) pengerjaan kapal kontainer 100 TEUs, sehingga pemilihan *shipboard system* dapat diterjemahkan sesuai dengan batasan masalah pada penelitian ini. Selain itu pemilihan juga didasarkan dengan data yang ditemukan pada BoQ pengerjaan kapal kontainer 100 TEUs. *Shipboard system* yang dipilih dapat dilihat pada tabel dibawah.

Tabel 4.1. Pemilihan *Shipboard System* Pengerjaan pada Kapal.

Sistem Propulsi Utama	Sistem Permesinan Bantu
<ul style="list-style-type: none"> • Sistem konsumsi bahan bakar. 	<ul style="list-style-type: none"> • Penanganan dan perawatan bahan bakar. • Pelumas. • Bilga, dan balas. • Kontrol Polusi.

Pada Tabel 4.1 pemilihan *shipboard system* pada pengerjaan kapal kontainer 100 TEUs terdapat 2 pokok pengerjaan utama pada penelitian ini yaitu sistem propulsi utama dan sistem permesinan bantu. Pemilihan 2 pokok pengerjaan utama ini akan diterjemahkan dalam format *Bills of Quantities* (BoQ) pengerjaan kapal 100 TEUs yang akan di analisa pada penelitian ini.

2. Analisa *Shipboard System* pada Kapal Kontainer 100 TEUs.

a. Sistem Pendukung pada Kapal.

1) Mesin Induk.

Instalasi penggerak terdiri dari 2 (dua) buah *marine diesel* yang masing-masing dilengkapi dengan *reserving reduction gear*. Mesin induk yang digunakan adalah tipe yang banyak digunakan pada kapal-kapal operator yang telah menunjukkan performansi yang baik. Pengoperasian setempat dari mesin induk harus dapat dilaksanakan jika terjadi kerusakan pada sistem pengendali jarak jauh yang ada pada ruang kemudi.

Olah gerak kendali mesin-mesin induk dilakukan dengan sistem pengendalian jarak jauh dari ruang kemudi. Seluruh pusat kendali olah gerak untuk kedua mesin induk harus dipasang di tengah ruang kendali. Kedua mesin harus dapat dioperasikan setempat di kamar mesin dalam keadaan darurat dan perintah-perintah untuk olah gerak diteruskan melalui *electric engine telegraph* dan tabung suara (*voice tube*).

Sistem poros baling-baling terdiri dari:

- a) 2 (dua) poros baling-baling dari bahan *stainless steel* (baja tahan karat) yang memenuhi peraturan badan klasifikasi. Penempatan poros baling-baling agar disesuaikan dengan desain propeller.
- b) Diameter dari poros baling-baling sesuai dengan peraturan badan klasifikasi.
- c) Tabung poros baling-baling terbuat dari *cast steel/black steel pipe* dan poros baling-baling berbutar pada putaran *cutless bearing* dengan pelumasan air laut dan memenuhi peraturan badan klasifikasi.
- d) Kopling poros baling baling dari tipe kopling *flens* yang dilengkapi dengan *spie* serta baut pengunci.

Baling-baling dari tipe langkah tetap (*fixed propeller*) dengan bahan memenuhi peraturan badan klasifikasi. Jumlah daun baling-baling sejauh mungkin agar tidak merupakan kelipatan dari jumlah silender mesin induk.

Mesin induk yang dibangun mempunyai karakteristik sebagai berikut:

Daya Kuda (MCR)	: 2x 1400 HP
Putaran mesin maksimum	: Menyesuaikan
Sistem pendingin mesin induk	: Air tawar
Sistem injeksi bahan bakar	: <i>Direct injection</i>
Sistem Start	: <i>Electric Start</i>
Sistem pengoperasian	: Pengendalian jarak jauh (ruang kemudi)

Alat-alat bantu penting yang terpasang pada permanen tiap mesin induk adalah:

- a) 1 unit pompa minyak pelumas.
- b) 2 unit pompa pendingin.
- c) 1 *gear box*.
- d) *Fuel monitoring system*.
- e) 1 unit alat pendingin minyak pelumas.
- f) 1 unit alat pendingin air tawar.

2) Sistem Bahan Bakar.

Sistem bahan bakar ini secara umum terdiri atas *fuel oil transfer, filtery* dan *purifering; fuel oil circulating, fuel oil supply* dan *heater*. Bahan bakar di kapal disimpan di *storage tank*. Koil pemanas harus dipasang pada tangki bunker sehingga *temperature* bahan bakar pada tangki bunker dapat dipertahankan pada *temperature 40-500C*. Untuk memastikan pensuplaian bahan bakar cukup banyak, maka kapasitas dari *circulating pump* dibuat lebih besar dari jumlah bahan bakar yang dikonsumsi oleh motor induk. Kelebihan bahan bakar tersebut akan disirkulasikan kembali dari motor melalui *venting box* yang kemudian akan menuju ke *circulating pump* kembali. Ketika mesin berhenti, *circulating pump* akan terus bekerja untuk mensirkulasikan *heavy fuel* yang telah dipanaskan dan tetap melewati *fuel oil system engine* dengan tujuan untuk menjaga bahan bakar tetap panas.

Sistem bahan bakar pada masing-masing mesin harus dilengkapi dengan alat-alat pendukung yang terdiri dari:

- a) Pompa listrik (*gear pump*) pemindah bahan bakar dengan kapasitas yang cukup dan sesuai dengan peraruran badan klasifikasi.
- b) Pompa tangan pemindah bahan bakar dengan kapasitas yang memadai.
- c) Tangki harian bahan bakar dari kapasitas yang cukup sesuai dengan standar dan rekomendasi pabrik pembuat mesin induk.
- d) Pipa-pipa sistem bahan bakar yang harus dibuat dari pipa baja hitam dilengkapi perlengkapan pipa yang terbuat dari bahan yang harus sesuai dengan standar nasional dan peraturan badan klasifikasi.

Dengan spesifikasi tersebut dibutuhkan pemilihan pompa pada sistem bahan bakar. Pompa dengan kapasitas yang memadai, cukup untuk menjalankan sistem bahan bakar sehingga dipilih pompa dengan *head* dan kapasitas pompa sebagai berikut:

Tipe	: <i>Gear Pump</i>
Kapasitas	: 2 m ³ /jam
<i>Head</i>	: 30 meter

Sedangkan tangki harian bahan bakar dilengkapi dengan pipa-pipa sesuai dengan kebutuhan dan memenuhi persyaratan badan klasifikasi. Kebutuhan operasional antara lain:

- a) *Automatic shut-off valve* (katup tutup cepat) dengan *remote control* yang dapat dioperasikan dari luar kamar mesin.
- b) *Trip tray* (bak penampung) dan pipa pengering (*drain pipe*) harus terpasang dibawah tangka harian.
- c) Pipa udara/hawa.
- d) Gelas duga dengan pelindung mekanis (*protector*) dan katup atas bawah.

3) Sistem Minyak Lumas.

Pelumas merupakan sarana pokok dari mesin untuk bekerja secara optimal. Tanpa pelumas dapat dipastikan bahwa mesin tidak akan dapat beroperasi. Memberikan pelumas yang salah dapat mengakibatkan mesin yang menggunakannya langsung rusak atau jika tidak begitu fatal, maka salah satu konsekuensinya adalah mesin tidak dapat bekerja secara optimal.

Spesifikasi dari sistem minyak lumas yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

- a) Pompa minyak lumas cadangan (*standby*) digerakan oleh motor listrik. Pompa tangan untuk *priming* terpasang pada mesin sesuai dengan standar rekomendari dari pabrik pembuat mesin induk.
- b) Tangki penyimpanan dari minyak lumas dengan kapasitas yang cukup untuk kedua mesin induk dan mesin bantu, sesuai dengan standar pabrik pembuat mesin induk.
- c) Perlengkapan lainnya disesuaikan dengan standar pabrik pembuat mesin induk.

Dengan spesifikasi tersebut dibutuhkan pemilihan pompa pada sistem minyak lumas. Pompa dengan kapasitas yang memadai, cukup untuk menjalankan sistem minyak lumas sehingga dipilih pompa dengan *head* dan kapasitas pompa sebagai berikut:

Tipe	: <i>Gear Pump</i>
Kapasitas	: 1,5 m ³ /jam
<i>Head</i>	: 30 m

4) Sistem Gas Buang Mesin Induk dan Mesin Bantu.

Pipa-pipa gas yang buang berdiri sendiri-sendiri harus dipasang untuk mesin-mesin induk dan mesin-mesin bantu, tetapi pipa-pipa tersebut harus dipasang melalui peredam suara yang ditempatkan di dalam sebuah berobong.

Semua pipa-pipa gas buang harus dilengkapi dengan pipa-pipa penghubung yang fleksibel dengan jumlah yang cukup dengan setiap mesin-mesin induk dan mesin-mesin utama. Peredam suara, alat-alat penahan bunga api yang efektif terpasang dan harus mudah dibersihkan.

Pipa-pipa tersebut harus terpasang kuat sehingga terhindar dari vibrasi yang berlebihan dan dibungkus dengan bahan isolasi yang tebalnya cukup serta dilapisi pelat-pelat tipis pelindung *galvanizer* pipa tersebut.

Pipa-pipa terpasang dengan memperhatikan sedemikian rupa sehingga dapat mencegah masuknya air laut atau air hujan.

b. Pompa-Pompa.

Pada standardisasi ini pompa-pompa yang dibutuhkan sesuai dengan kebutuhan *shipboard system* yang telah ditentukan sebelumnya. Pompa-pompa pendukung *shipboard system* yang telah ditentukan terdiri dari; 4 unit Pompa Bilga/Balas, 2 unit Pompa Bahan Bakar, 2 unit Pompa Minyak Lumas, 2 unit Pompa Dinas Umum, 2 unit Pompa Air Tawar, 2 unit Pompa Air Laut, 1 unit Pompa Minyak Kotor, 1 unit *Oily Water Separator*.

1) Pompa Bilga/Balas.

Sistem bilga digunakan untuk menghilangkan cairan yang menumpuk di bagian atas tangki dan di ruang-ruang tertutup yang terletak di seluruh kapal. Cara yang dilakukan pada pembersihan cairan ini andata lain dibuang ke laut atau diarahkan ke tangki pengumpul limbah minyak.

Dalam situasi darurat, pompa bilga juga dapat digunakan untuk mengevakuasi air dari area kapal yang banjir karena kebocoran dari pipa atau komponen yang pecah, atau sebagai akibat kerusakan lambung. Beberapa pompa lambung kapal biasanya dipasang di lokasi kapal.

Pompa sentrifugal yang digerakkan motor secara horizontal dan vertikal sering digunakan dalam aplikasi ini. Karena persyaratan *head* yang relatif rendah untuk layanan bilga kapal pompa ini biasanya merupakan unit satu tahap. Pompa-pompa ini

harus dihubungkan dengan got-got kamar mesin dan tangka-tangki kosong (*vold space*) dihaluan dan buritan kapal serta semua tangka balas.

Keempat pompa ini harus dihubungkan secara silang (*cross connection*) agar dapat berfungsi sebagai pompa bilga atau pompa balas. Pompa-pompa ini juga dihubungkan dengan pompa-pompa dinas umum dan sebaliknya.

Dengan spesifikasi tersebut dibutuhkan pemilihan pompa pada sistem bilga/balas. Pompa dengan kapasitas yang memadai, cukup untuk menjalankan sistem bilga/balas sehingga dipilih pompa dengan head dan kapasitas pompa sebagai berikut:

Tipe	: <i>Centrifugal</i>
Kapasitas	: 190 m ³ /jam
Head	: 90 m

2) Pompa Bahan Bakar.

Pompa transfer bahan bakar minyak digunakan untuk mentransfer minyak bahan bakar dari tangki penyimpanan (bunker) kapal ke tangki servis. Pompa yang digunakan dalam aplikasi ini termasuk unit rotari yang dipasang secara horizontal dan vertikal yang serupa dalam konfigurasi dengan yang digunakan untuk layanan bahan bakar-minyak, serta pompa rotari yang terendam langsung di dalam tangki penyimpanan bahan bakar minyak dan digerakkan melalui pengalihan garis vertikal oleh motor yang terletak di atas tangki. Selain itu, pompa piston bolak-balik yang digerakkan motor (daya). Pompa transfer bahan bakar-minyak biasanya diberi peringkat untuk menghasilkan kapasitas hingga 750 gpm pada tekanan buangan 100 psig. Kapasitas yang diberikan oleh pompa servis bahan bakar minyak yang digerakkan oleh turbin uap atau *rotary-reciprocating* dapat disesuaikan dengan memvariasikan kecepatan operasi pompa. Untuk memungkinkan kapasitas yang disalurkan oleh pompa yang digerakkan motor juga dapat diubah, motor yang digunakan seringkali memiliki beberapa kecepatan operasi.

Pompa pemindah bahan bakar berfungsi untuk memindahkan bahan bakar dari tangki harian atau dari tangki induk ke tangki induk lainnya. Dilengkapi dengan pompa cadangan berupa pompa tangan dengan kapasitas yang memadai (minimal tipe YL-5)

3) Pompa Minyak Pelumas.

Pelumas merupakan sarana pokok dari mesin untuk bekerja secara optimal. Tanpa pelumas dapat dipastikan bahwa mesin tidak akan dapat beroperasi. Memberikan pelumas yang salah dapat mengakibatkan mesin yang menggunakannya langsung rusak atau jika tidak begitu fatal, maka salah satu konsekuensinya adalah mesin tidak dapat bekerja secara optimal.

Dua atau lebih pompa sirkulasi minyak pelumas umumnya digunakan untuk mengeluarkan minyak pelumas dari tangki pembuangan yang terletak di bawah mesin utama dan mengembalikan oli melalui pendingin dan *filter* ke bantalan bermesin dalam beberapa kasus untuk *turbocharger* mesin. Meskipun pompa roda gigi yang dipasang secara vertikal atau horizontal sering digunakan dalam aplikasi ini, pompa turbin multistage vertikal yang terendam dalam tangki pembuangan oli pelumas dan pompa sentrifugal juga telah digunakan. Pompa sirkulasi oli pelumas untuk mesin kecepatan rendah digerakkan oleh motor listrik.

Dengan mesin tipe *crosshead*, sebagian oli yang dikeluarkan dari pompa sirkulasi oli pelumas sering disuplai ke sisi inlet dari dua atau lebih pompa *booster* tipe *rotary* berkapasitas lebih rendah. Oli bertekanan tinggi yang dikeluarkan dari pompa yang lebih kecil ini digunakan untuk melumasi bantalan mesin. Pompa terpisah juga kadang-kadang digunakan untuk mentransfer oli untuk pelumasan silinder ke tangki pengukur yang memasok pelumas tipe *plunger* mekanis yang dipasang pada mesin. Bergantung pada desain mesin, pompa tipe putar tambahan dapat digunakan untuk memasok oli pelumas ke komponen mesin tertentu, seperti bantalan poros bubungan. Selain itu, pada kapal dengan mesin propulsi kecepatan sedang atau tinggi, pompa rotari umumnya digunakan untuk mengirimkan oli pelumas ke roda gigi reduksi.

Pompa umumnya digunakan untuk mengedarkan minyak pelumas melalui pemurni. Meskipun pompa ini dapat dipasang ke pemurni, beberapa kapal memiliki pompa yang digerakkan motor listrik independen. Pompa yang digerakkan motor listrik juga digunakan untuk mentransfer pelumas dari tangki penyimpanan utama ke tangki pengendapan dan untuk mentransfer minyak yang tidak dapat digunakan ke darat.

Dengan spesifikasi tersebut dibutuhkan pemilihan pompa pada sistem minyak pelumas. Pompa dengan kapasitas yang memadai, cukup untuk menjalankan sistem minyak pelumas sehingga dipilih pompa dengan *head* dan kapasitas pompa sebagai berikut:

Tipe	: <i>Gear Pump</i>
Kapasitas	: 1,5 m ³ /jam
<i>Head</i>	: 30 m

Pompa ini difungsikan untuk mendistribusikan minyak pelumas ke mesin induk atau mesin bantu dari tangka harian. Dilengkapi dengan pompa cadangan berupa pompa tangan dengan kapasitas yang memadai (minimal tipe YL-5)

4) *Oily Water Separator* (OWS).

Sistem *oily water separator* mengkonsolidasikan dan membuang limbah berminyak dan limbah minyak yang terkumpul di ruang mesin. Istilah "limbah berminyak" mengacu pada limbah cair yang sebagian besar berupa air, sedangkan "limbah minyak" menunjukkan cairan yang sebagian besar adalah minyak. Limbah semacam itu tidak dapat dibuang ke laut karena peraturan pengurangan polusi. Sistem limbah berminyak biasanya disimpan terpisah dari sistem bilga untuk menghindari kontaminasi pipa sistem bilga dengan minyak yang kemudian dapat dibuang ke laut. Selain itu, pompa dan perpipaan sistem lambung kapal dirancang untuk laju aliran tinggi yang diperlukan dalam keadaan darurat sehingga tidak dapat digunakan secara efisien untuk menangani sejumlah kecil cairan limbah.

Di ruang mesin, akan ditemukan kebocoran oli yang menjadi dari setiap mesin dan pipa. Oleh karena itu, sistem *oily water separator* dirancang secara otomatis beroperasi sebagai *oily water separator* di ruang ruang mesin. *Oily water separator* dibutuhkan sesuai dengan fungsinya untuk memisahkan air dari kandungan minyak hingga 15 ppm.

c. Sistem Pipa.

Sistem instalasi pipa, perlengkapan, ukuran serta pemasangannya harus sesuai dengan persyaratan badan klasifikasi. Konstruksi dan pemasangan pipa harus baik, kuat, dan tidak bergetar.

Sambungan pipa dilakukan dengan memakai *flenss*. Semua pipa-pipa yang menembus sekat dan *deck* harus terpasang *doubling plate*. Pipa air laut yang melalui tangki yang isinya berlainan harus sesuai peraturan badan klasifikasi. Pipa harus kuat dan kedap air laut dan air-

tawar dan dibuat dengan pipa *galvanis*. Pipa-pipa untuk bahan bakar, minyak lumas dan hidrolik dari pipa-pipa baja hitam. Semua pipa harus diberi tanda arah aliran dan warna yang sesuai dengan penggunaannya (air laut-hijau, air tawar/air minum-biru, air bilga-hitam, bahan bakar-merah, minyak lumas-kuning).

Kapasitas pompa bilga dan pemadam kebakaran (*GS pump*) harus memenuhi peraturan dari badan klasifikasi.

Instalasi standardisasi pipa pada kapal kontainer 100 TEUs yang akan distandardisasi terdiri dari; Sistem pipa bilga/balas, Sistem pipa bahan bakar, Sistem pipa transfer bahan bakar, Sistem pipa *oily water separator*.

1) Instalasi Pipa Bilga.

Instalasi pipa bilga terdiri dari pipa induk dan pipa cabang dengan diameter pipa memenuhi persyaratan badan klasifikasi. Pipa-pipa cabang dihubungkan dengan pipa induk menggunakan peralatan kotak pembagi, dimana setiap pipa cabang pada kotak pembagi tersebut dilengkapi dengan katup dari jenis “*screw down non-return valve*”.

Kotak pembagi tersebut dihubungkan dengan pompa bilga oleh pipa induk dan pipa pembuangan dari pompa bilga tersebut dan dihubungkan ke laut. Pipa pembuangan tersebut dilengkapi dengan sebuah katup dari jenis “*screw down non-return valve*”.

Got bilga di kamar mesin harus dilengkapi dengan satupipa hisap langsung ke pompa bilga. Pipa-pipa cabang tersebut di atas menghubungkan ruang-ruang yang perlu dikeringkan dengan kotak pembagi. Pipa-pipa dan katup-katup sesuai peraturan badan klasifikasi.

2) Instalasi Pipa Balas.

Sistem instalasi pipa balas tersebut dibuat sedemikian rupa sehingga pompa balas mengisi dan mengeringkan tangka balas melalui pipa yang sama. Pompa bilga harus dapat berfungsi sebagai pompa balas dan atau pompa pemadam kebakaran.

Pompa balas harus dihubungkan dengan secara silang (*cross connection*) dengan pendingin air laut mesin-mesin induk, sehingga dapat berfungsi sebagai pompa pendingin cadangan air laut (dalam keadaan darurat).

3) Pipa Pembuangan.

Pipa-pipa pembuangan serta *scupper pipe* dipasang pada tiap geladak, tempat-tempat tertutup, gudang-gudang dan lain-lain disalurkan keluar kapal melalui pipa drainage. Saluran air untuk deck atas rumah kemudi dan *deck* anjungan dilewatkan pipa untuk dibuang ke *deck* bawahnya.

3. Pembuatan *Piping and Instrumentation Diagram (P&ID) System*.

Karena produk atau layanan distandardisasi, produk dengan fungsi yang sama akan menjadi kompatibel (memungkinkan mereka untuk bekerja sama atau mengganti satu sama lain). Saat desain mereka dikoordinasikan sedemikian rupa sehingga komponen yang serupa kompatibel satu sama lain, distandardisasi menciptakan:

- a. Kompatibilitas fisik: objek fisik dirancang agar sesuai secara fisik.
- b. Kompatibilitas komunikasi: dua perangkat fisik dapat berkomunikasi satu sama lain.
- c. Kompatibilitas dengan konvensi: manfaat dari koordinasi yang tidak secara fisik mirip sekali.

Penyesuaian standar dilakukan untuk memastikan penerimaan, kompatibilitas, pertukaran, identik, atau aspek lainnya kesamaan. Seringkali standar berisi tes yang akan digunakan untuk menentukan bahwa konformasi berada dalam toleransi yang ditentukan.

Pada Tabel 2.3 distandardisasi dikerucutkan lagi dalam kategori *ship level*, pemilihan berdasarkan kategori sistem untuk menemukan distandardisasi yang kan diperoleh dari *Bills of Quantities* (BoQ) berupa *item*, *component*, dan *parts*.

Analisa dilakukan dengan cara kompatibilitas fisik, dimana objek fisik dirancang agar sesuai dengan kebutuhan fisik yang ada pada kapal 100 kontainer 100 TEUs. *Item*, *component*, dan *parts* merupakan objek fisik yang dianalisa sesuai dengan model *Bills of Quantities* yang dirancang.

a. Rincian Pemilihan Pekerjaan Sistem Bahan Bakar.

Sebelum melakukan analisa ada baiknya kita mengetahui *principal dimension* dari kapal kontainer 100 TEUs yang akan dirancang.

L_{wl}	=	77.00	m
L_{pp}	=	72.60	m
B_{mld}	=	16.00	m
H_{mld}	=	4.70	m
D	=	3.50	m
V_s	=	12.00	Knot
	=	6.17	m / s
Main Engine Power	=	1400.00	HP
		1043.98	kW

Pada langkah pertama kita menghitung berat dari bahan bakar yang akan ditransfer dengan pompa bahan bakar. Setelah berat bahan bakar diketahui selanjutnya mengetahui volume dari bahan bakar yang akan ditransfer pada sistem bahan bakar.

1) Menghitung Tangki Penyimpanan Bahan Bakar.

Kapasitas tangki penyimpanan ditentukan oleh waktu antara pengisian bahan bakar dan konsumsi bahan bakar. Untuk mengaktifkan pemompaan, bahan bakar minyak harus dijaga 5 - 10°C di atas titik tuang. Panduan Proyek didasarkan pada MAN B&W 6L21/31, titik tuang HSD adalah > 6°C, sehingga tangki penyimpanan tidak memerlukan pemanas koil, karena kapal berlayar di daerah tropis sehingga suhu lingkungan sekitar 25 °C.

$$HSD_{mass} = P \times SFOC \times h \times 10^{-6} \quad (1)$$

Dimana:

$$\begin{aligned} P &= 1043.98 \text{ kW} \\ SFOC &= 189 \text{ gr/kWh} \\ &\quad (\text{MAN B\&W 6L21/31 project guide}) \\ V_s &= 12 \text{ Knot} \\ h &= 15 \text{ Hari} \end{aligned}$$

Sehingga didapat massa *fluid oil* yang digunakan pada kapal sebesar 71,03 ton.

$$\text{HSD}_{\text{Vol}} = \frac{\text{HSD}_{\text{mass}}}{\rho \text{ HSD}} \quad (2)$$

Dimana:

$$\begin{aligned} \text{HSD}_{\text{mass}} &= 71,03 \text{ Ton} \\ \rho \text{ HSD} &= 0.835 \text{ Ton/m}^3 \end{aligned}$$

Sehingga didapat besar volume dari *fluid oil* yang digunakan sebesar 85,07 m³.

Volume tangki yang digunakan ditambah dengan 5% dari volume *fluid oil* yang dihitung. Ini berdasarkan rugi konstruksi pada saat kapal dibangun nanti sehingga volume tangki bahan bakar yang didapatkan pada bangunan kapal kontainer 100 TEUs ini menjadi 89,32 m³. Penempatan tangki bahan bakar dibagi menjadi 10 tangki dimana ada 5 tangki pada *starboard* kapal dan 5 tangki pada *portside* kapal.

2) Tangki Operasional Bahan Bakar.

Tangki operasional atau lebih sering disebut *service tank* dihitung dengan mengetahui daya dari mesin kapal dikalikan dengan jam operasional kapal.

$$V_{\text{SEV}} = \frac{\text{BHP} \times \text{SFOC} \times 8 \text{ (jam)} \times C}{\rho \text{ HSD}} \quad (3)$$

Harga C diberikan batas 5% karena beban konstruksi dari kapal. Sehingga nilai volume tangki operasional yang didapat sebesar 1,98 m³.

3) Perhitungan HSD *Separator*.

$$Q = \frac{P \times 1.36 \times n}{t} \quad (4)$$

Dimana: Q = Aliran yang diperlukan
P = MCR (*Maximum Continuous Rating*)
t = unit pemisah efektif aktual yang memisahkan waktu per hari
n = jumlah omset per hari dari volume minyak teoritis sesuai dengan

Perhitungan HSD *Separator* dengan persamaan (4), diperlukan nilai (n) atau jumlah omset perhari dari volume minyak teoritis sesuai dengan 1,36 [I/KW] atau 1 [I/HP] sesuai dengan rekomendasi berikut:

- a) n=6 untuk pengoperasian HFO
- b) n=4 untuk pengoperasian MDO/HSD
- c) n=3 untuk *diatillite fuel*

Maka aliran yang diperlukan (Q) pada perhitungan HSD *separator* menjadi 317,33 I/h atau sama dengan 0,3173 m³/h. perhitungagn aliran yang diperlukan menggunakan nilai (n) sama dengan 4.

4) Perhitungan Pompa Transfer HSD.

Pompa direncanakan untuk memindahkan HSD dari tempat penyimpanan ke tangki operasi untuk 5 jam. Pompa harus di lindungi dengan *suction strainer* dengan toleransi sebesar 0,5 mm.

Berdasarkan volume HSD yang dihitung sebesar 1,98 m³ dengan waktu yang dihitung dengan persamaan:

$$Q = \frac{\text{Volume HSD}}{h} \quad (5)$$

Sedangkan waktu yang dibutuhkan untuk mentransfer HSD dari tangki penyimpanan ke tangki operasional sebesar 6,255 Jam. Maka debit yang dibutuhkan untuk mentransfer bahan bakar HSD dari tangki penyimpanan menuju tangki operational adalah 0,0001 m³/s.

Berdasarkan panduan pengerjaan MAN B&W, kecepatan transfer maksimum untuk HFO dan HSD adalah diantara 1,5-2 m/s.

Untuk menentukan *fuel flow* dengan persamaan $Q = A \cdot V$ dimana (A) merupakan luas pipa sedangkan (V) merupakan kecepatan yang dibutuhkan untuk mentransfer bahan bakar dari tangki penyimpanan ke tangki operasional dan (Q) yang telah diketahui nilainya sebesar 0,0001 m³/s. Nilai (V) dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan $V = \frac{Q}{A}$ dimana sebelum menentukan nilai (V) terlebih dahulu menemukan nilai (A) sedangkan nilai (Q) telah diketahui.

Untuk mengetahui nilai (A) terlebih dahulu menemukan diameter dalam pipa yang digunakan dengan asumsi kecepatan minimum bahan bakar yang direkomendasikan MAN B&W sebesar 1,5 m/s menggunakan persamaan:

$$D = \left[\frac{4Q}{\pi \cdot V} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (6)$$

Dimana: D = Diameter dalam pipa
 Q = Debit yang diperlukan
 V = Kecepatan bahan bakar minimum

Maka diameter pipa yang dibutuhkan untuk mentransfer bahan bakar sebesar 8,648 mm dan dikonversikan ke dalam (inch) menjadi 0,34 inch. Satuan (inch) digunakan untuk melakukan pendekatan dengan *Pipe Class JIS G3455* yang diameter dalam pipanya sebesar 0,37 inch (9,4 mm) dengan material *Black Carbon Steel*.

Diameter dalam pipa yang dibutuhkan untuk mentransfer bahan bakar sebesar 9,4 mm dengan debit transfer bahan bakar sebesar 0,0001 m³/s sehingga dapat ditentukan besar *fuel flow* dengan menggunakan persamaan:

$$V = \frac{Q}{A} \quad (7)$$

Maka nilai *fuel flow* yang didapat sebesar 1,2696 m/s.

a) *Head Pump*.

$$H = H_s + H_p + H_v + \text{total Headloss} \quad (8)$$

Dimana: H_s = *Head static*
 H_p = *Head pressure*
 H_v = *Head velocity*

Berdasarkan ketentuan dari BKI, *head static* memiliki nilai sebesar 5 meter dan *head pressure* memiliki nilai sebesar 1 meter sedangkan *head velocity* memiliki nilai sebesar 0 meter karena kecepatan pada penyedotan dengan pelepasan mempunyai nilai yang sama.

b) *Head losses.*

$$Re = \frac{D \times V}{\nu} \quad (9)$$

Dimana: D = Diameter dalam pipa utama
 V = kecepatan alir
 ν = *kinematic viscosity*

Jika Re mempunyai nilai kurang dari 2300, maka aliran yang mengalir merupakan aliran *laminar* sedangkan jika nilai Re lebih dari 2300, maka aliran yang mengalir merupakan aliran.

Dengan nilai diameter dalam sebesar 13,8 mm, kecepatan aliran sebesar 1.3 m/s dan *kinematic viscosity* mempunyai nilai 0,0002 m²/s, maka dengan persamaan (9) diperoleh nilai Re sebesar 87,6076 dengan aliran laminar.

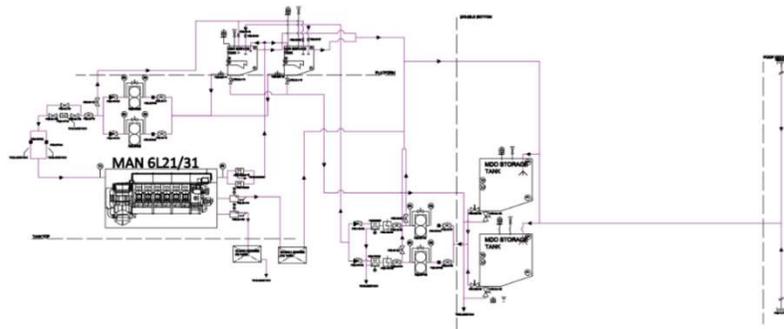
- *Head losses in suction line.*

$$\text{Kerugian gesekan} = \frac{\lambda \times L \times v^2}{D \times 2g} \quad (10)$$

Dimana: λ = 0,730
 L = Panjang *suction side*
 v = kecepatan alir
 D = Diameter pipa

Diketahui nilai (λ) sama dengan 0,73 dengan panjang dari *suction side* sebesar 3 m sedangkan kecepatan alir dan diameter pipa dengan nilai masing-masing sebesar 1,3 m/s dan 9,40 mm.

Dengan nilai-nilai tersebut dapat diperoleh nilai kerugian gesek sebesar 19,16 m.



Gambar 4.2. P&ID Fuel Oil System Perancangan.

Gambar 4.2. merupakan rancangan P&ID dari *Fuel Oil System* kapal 100 TEUs yang dirancang. Pada Gambar 4.2. dapat kita lihat beberapa item yang menyebabkan *losses* pada *fuel oil transfer*, beberapa diantaranya adalah *filter*, *T-join*, *globe valve*, *three-way valve*, dll.

Daftar item pada *suction line fuel oil transfer* dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2. *Accessories Losses at Suction Line Pompa Transfer HSD.*

No	Types	n	k	n x k
1	Filter or strainer	2	2.5	5
2	Elbow 90	3	1	3
3	T-join	2	1	2
4	Globe Valve	4	0.15	0.6
5	Three Way Valve	0	0.5	0
6	Bulkhead Fitting Watertight	2	0.5	1
7	Bellmounted pipe end	2	0.05	0.1
	total			11.7

Pada Tabel 4.2. terdapat 7 (tujuh) item yang menyebabkan *losses* pada *suction line fuel oil transfer*. Tabel 4.2. juga memuat jumlah item dan koefisien untuk masing-masing item yang berada pada kolom dua tabel.

Tabel 4.2. diperlukan untuk mengetahui *accessories losses*. Untuk mengetahui nilai dari *accessories losses* digunakan persamaan:

$$\frac{(\sum n.k) v^2}{2 g} \quad (11)$$

Dimana: k = Koefisien Item
 n = Jumlah Item
 v = kecepatan alir

Nilai dari $(\sum n.k)$ adalah 11,7 dapat dilihat pada Tabel 4.2. sedangkan nilai kecepatan alir *fuel oil transfer* sebesar 1,3 m/s dan nilai (g) sebesar 9,8 m²/s. maka didapat nilai *accessories losses* sebesar 0.96 m.

Dengan menggunakan persamaan (10) telah didapat nilai dari kerugian gesek pada *fuel oil transfer* dan dengan persamaan (11) telah didapat nilai dari *accessories losses*. Untuk mengetahui total *losses* yang terjadi pada *suction line fuel oil transfer* adalah dengan menjumlahkan nilai dari kerugian gesek dengan *accessories losses*. Maka total *losses* pada *suction line fuel oil transfer* adalah 20.12 m.

- *Head Losses in Discharge Line.*

$$\text{Kerugian gesekan} = \frac{\lambda \times L \times v^2}{D \times 2g} \quad (10)$$

Dimana: λ = 0,730
 L = Panjang *suction side*
 v = kecepatan alir
 D = Diameter pipa

Diketahui nilai (λ) sama dengan 0,73 dengan panjang dari *discharge side* sebesar 4 m sedangkan kecepatan alir dan diameter pipa dengan nilai masing-masing sebesar 1,3 m/s dan 9,40 mm.

Dengan nilai-nilai tersebut dapat diperoleh nilai kerugian gesek sebesar 25,55 m.

Daftar item pada *discharge line fuel oil transfer* dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.3. *Accessories Losses at Discharge Line Pompa Transfer HSD.*

No	Types	n	k	n x k
1	Globe Valve	1	0.15	0.15
2	Elbow 90	4	1	4
3	T-join	3	1	3
4	SDRNV	1	1.35	1.35
5	Change over valve	1	0.5	0.5
	total			9

Pada Tabel 4.3. terdapat 5 (lima) item yang menyebabkan *losses* pada *discharge line fuel oil transfer*. Tabel 4.3. juga memuat jumlah item dan koefisien untuk masing-masing item yang berada pada kolom dua tabel.

Tabel 4.3. diperlukan untuk mengetahui *accessories losses*. Untuk mengetahui nilai dari *accessories losses* digunakan persamaan:

$$\frac{(\sum n.k) v^2}{2g} \quad (11)$$

Dimana: k = Koefisien Item
 n = Jumlah Item
 v = kecepatan alir

Nilai dari $(\sum n.k)$ adalah 9 dapat dilihat pada Tabel 4.3. sedangkan nilai kecepatan alir *fuel oil transfer* sebesar 1,3 m/s dan nilai (g) sebesar 9,8 m²/s. maka didapat nilai *accessories losses* sebesar 0.74 m.

Dengan menggunakan persamaan (10) telah didapat nilai dari kerugian gesek pada *fuel oil transfer* dan dengan persamaan (11) telah didapat nilai dari *accessories losses*. Untuk mengetahui total *losses* yang terjadi pada *discharge line fuel oil transfer* adalah dengan menjumlahkan nilai dari kerugian gesek dengan *accessories losses*. Maka total *losses* pada *suction line fuel oil transfer* adalah 26,29 m.

Setelah menghitung *losses* pada perancangan *fuel oil transfer*, *Head total* dapat diketahui dengan menjumlahkan *head* yang diketahui seperti pada persamaan (8). Maka *head* pada *fuel oil transfer* adalah 52.4 m.

5) Perhitungan Pompa Pasokan HSD.

Pompa pasokan harus menjaga tekanan bahan bakar yang cukup untuk mesin.

Kapasitas volume harus minimal 300% dari konsumsi bahan bakar maksimum mesin, termasuk margin untuk:

- a) Kondisi tropis.
- b) Nilai pemanasan realistis.
- c) Toleransi.

Untuk mencapai hal ini, pasokan bahan bakar harus dirancang sesuai dengan rumus berikut:

$$Q_p = P_1 \times br_{ISO1} \times f_3 \quad (12)$$

Dimana:

Q_p	=	Kapasitas pompa
P_1	=	Tenaga <i>output</i> mesin
br_{ISO1}	=	Konsumsi bahan bakar
f_3	=	faktor dimensi pompa

Untuk menghitung kapasitas pompa untuk menghitung kapasitas pompa pasokan HSD dibutuhkan tenaga *output* mesin. Pada rancangan ini nilai P_1 berdasarkan tenaga pada 100% MCR adalah 1043.98 kW. Konsumsi bahan bakar spesifik (br_{ISO1}) pada 100% MCR adalah 183 g/kWh sedangkan faktor dimensi pompa mempunyai nilai yang tetap sebesar $3,75 \times 10^{-3}$ l/g.

Setelah mendapat semua nilai yang dibutuhkan persamaan (12) dapat menghitung nilai kapasitas pompa pasokan pada kapal 100 TEUs rancangan.

Dengan persamaan (12) maka nilai kapasitas pompa pasokan HSD adalah 739,92 liter/h atau 0,739921 m³/h.

Kapasitas volumetrik harus setidaknya 300% dari konsumsi bahan bakar maksimum mesin utama. Maka nilai kapasitas pompa pasokan HSD pada mesin utama menjadi 2,219762 m³/h atau 0,000617 m³/s.

Untuk menentukan *fuel flow* dilakukan dengan menggunakan persamaan $Q = A.V$ dimana (A) merupakan luas pipa sedangkan (V) merupakan kecepatan yang dibutuhkan untuk mentransfer bahan bakar dari tangki penyimpanan ke tangki operasional dan (Q) yang telah diketahui nilainya sebesar 0,000617 m³/s.

Nilai (V) dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan $V = \frac{Q}{A}$ dimana sebelum menentukan nilai (V) terlebih dahulu menemukan nilai (A) sedangkan nilai (Q) telah diketahui.

Untuk mengetahui nilai (A) terlebih dahulu menemukan diameter dalam pipa yang digunakan dengan asumsi kecepatan minimum bahan bakar yang direkomendasikan MAN B&W sebesar 1,5 m/s menggunakan persamaan:

$$D = \left[\frac{4Q}{\pi \cdot V} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (6)$$

Dimana:

D = Diameter dalam pipa
 Q = Debit yang diperlukan
 V = Kecepatan bahan bakar minimum

Maka diameter pipa yang dibutuhkan untuk mentransfer bahan bakar sebesar 28.01 mm dan dikonversikan ke dalam (inch) menjadi 1,10 inch. Satuan (inch) digunakan untuk melakukan pendekatan dengan *Pipe Class JIS G3455* yang diameter dalam pipanya sebesar 3,07 inch (78,1 mm) dengan material *Black Carbon Steel*.

Diameter dalam pipa yang dibutuhkan untuk mentransfer bahan bakar sebesar 78,1 mm dengan debit transfer bahan bakar sebesar 0,000617 m³/s sehingga dapat ditentukan besar *fuel flow* dengan menggunakan persamaan:

$$V = \frac{Q}{A} \quad (7)$$

Maka nilai *fuel flow* yang didapat sebesar 0,1286 m/s.

a) *HEAD Pump*.

$$H = H_s + H_p + H_v + \text{total Headloss} \quad (8)$$

Dimana: H_s = Head static
 H_p = Head pressure
 H_v = Head velocity

Berdasarkan ketentuan dari BKI, *head static* memiliki nilai sebesar 9 meter dan *head pressure* memiliki nilai sebesar 1 meter sedangkan *head velocity* memiliki nilai sebesar 0 meter karena kecepatan pada penyedotan dengan pelepasan mempunyai nilai yang sama.

b) *Head losses*.

$$Re = \frac{D \times V}{\nu} \quad (9)$$

Dimana: D = Diameter dalam pipa utama
V = kecepatan alir
 ν = *kinematic viscosity*

Jika *Re* mempunyai nilai kurang dari 2300, maka aliran yang mengalir merupakan aliran *laminar* sedangkan jika nilai *Re* lebih dari 2300, maka aliran yang mengalir merupakan aliran.

Dengan nilai diameter dalam sebesar 78,1 mm, kecepatan aliran sebesar 10,8 m/s dan *kinematic viscosity* mempunyai nilai 0,0002 m²/s, maka dengan persamaan (9) diperoleh nilai *Re* sebesar 292,875 dengan aliran laminar.

a) *Head losses in suction line*.

$$\text{Kerugian gesekan} = \frac{\lambda \times L \times v^2}{D \times 2g} \quad (10)$$

Dimana: λ = 0,218
L = Panjang *suction side*
 v = kecepatan alir
D = Diameter pipa

Diketahui nilai (λ) sama dengan 0,218 dengan panjang dari *suction side* sebesar 7 m sedangkan kecepatan alir dan diameter pipa dengan nilai masing-masing sebesar 0,1 m/s dan 78,10 mm.

Dengan nilai-nilai tersebut dapat diperoleh nilai kerugian gesek sebesar 0,02638 m.

Daftar item pada *suction* pasokan bahan bakar dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.4. *Accessories Losses at Suction Line Pompa Pasokan HSD.*

No	Types	n	k	n x k
1	Filter or strainer	1	2.5	2.5
2	Elbow 90	2	1	2
3	T-join	2	1	2
4	Globe Valve	3	0.15	0.45
5	Three Way Valve	0	0.5	0
6	Bulkhead Fitting Watertight	0	0.5	0
7	Bellmounted pipe end	2	0.05	0.1
		total		7.05

Pada Tabel 4.4. terdapat 7 (tujuh) item yang menyebabkan *losses* pada *suction line* pasokan bahan bakar. Tabel 4.4. juga memuat jumlah item dan koefisien untuk masing-masing item yang berada pada kolom dua tabel.

Tabel 4.4. diperlukan untuk mengetahui *accessories losses*. Untuk mengetahui nilai dari *accessories losses* digunakan persamaan:

$$\frac{(\sum n.k) v^2}{2g} \quad (11)$$

Dimana: k = Koefisien Item
 n = Jumlah Item
 v = kecepatan alir

Nilai dari $(\sum n.k)$ adalah 7,05 dapat dilihat pada Tabel 4.4. sedangkan nilai kecepatan alir pasokan bahan bakar sebesar 0,1 m/s dan nilai (g) sebesar 9,8 m²/s. maka didapat nilai *accessories losses* sebesar 0.00952 m.

Dengan menggunakan persamaan (10) telah didapat nilai dari kerugian gesek pada pasokan bahan bakar dan dengan persamaan (11) telah didapat nilai dari *accessories losses*. Untuk mengetahui total *losses* yang terjadi pada *suction line* pasokan bahan bakar adalah dengan menjumlahkan nilai dari kerugian gesek dengan *accessories losses*. Maka total *losses* pada *suction line* pasokan bahan bakar adalah 0,0359 m.

b) *Head Losses in Discharge Line.*

$$\text{Kerugian gesekan} = \frac{\lambda \times L \times v^2}{D \times 2g} \quad (10)$$

Dimana: λ = 0,218
 L = Panjang *suction side*
 v = kecepatan alir
 D = Diameter pipa

Diketahui nilai (λ) sama dengan 0,218 dengan panjang dari *discharge side* sebesar 10 m sedangkan kecepatan alir dan diameter pipa dengan nilai masing-masing sebesar 0,2 m/s dan 78,10 mm.

Dengan nilai-nilai tersebut dapat diperoleh nilai kerugian gesek sebesar 0,3769 m.

Daftar item pada *discharge line* pasokan bahan bakar dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5. *Accessories Losses at Discharge Line Pompa Pasokan HSD.*

No	Types	n	k	n x k
1	Globe Valve	2	0.15	0.3
2	Elbow 90	3	1	3
3	T-join	2	1	2
4	SDRNV	1	1.35	1.35
5	Change over valve	1	0.5	0.5
		total		7.15

Pada Tabel 4.5. terdapat 5 (lima) item yang menyebabkan *losses* pada *discharge line* pasokan bahan bakar. Tabel 4.5. juga memuat jumlah item dan koefisien untuk masing-masing item yang berada pada kolom dua tabel.

Tabel 4.5. diperlukan untuk mengetahui *accessories losses*. Untuk mengetahui nilai dari *accessories losses* digunakan persamaan:

$$\frac{(\sum n.k) v^2}{2g} \quad (11)$$

Dimana: k = Koefisien Item
 n = Jumlah Item
 v = kecepatan alir

Nilai dari $(\sum n.k)$ adalah 7,15 dapat dilihat pada Tabel 4.4. sedangkan nilai kecepatan alir pasokan bahan bakar sebesar 0,2 m/s dan nilai (g) sebesar 9,8 m²/s. maka didapat nilai *accessories losses* sebesar 0.00965 m.

Dengan menggunakan persamaan (10) telah didapat nilai dari kerugian gesek pada pasokan bahan bakar dan dengan persamaan (11) telah didapat nilai dari *accessories losses*. Untuk mengetahui total *losses* yang terjadi pada *discharge line* pasokan bahan bakar adalah dengan menjumlahkan nilai dari kerugian gesek dengan *accessories losses*. Maka total *losses* pada *discharge line* pasokan bahan bakar adalah 0,04732m.

Setelah menghitung *losses* pada perancangan pompa pasokan, *Head total* dapat diketahui dengan menjumlahkan *head* yang diketahui seperti pada persamaan (8). Maka *head* pada pompa pasokan adalah 9,0832 m.

6) Kesimpulan Perhitungan.

- Pompa Transfer.

Kapasitas pompa	: 0,317 m ³ /h
<i>Head pump</i>	: 51,4144 m
Spesifikasi pipa utama	
Diameter dalam	: 9,4 mm
Ketebalan	: 2,2 mm
Diameter luar	: 13,8 mm
Material	: <i>Black Carbon Steel</i>

- Pompa Pasokan.

Kapasitas pompa	: 0,936 m ³ /h
<i>Head pump</i>	: 9,0832 m
Spesifikasi pipa utama	
Diameter dalam	: 78,1 mm
Ketebalan	: 5,5 mm
Diameter luar	: 89,1 mm
Material	: <i>Black Carbon Steel</i>

b. Rincian Pemilihan Pekerjaan Sistem Pelumas.

1) Perhitungan Tangki Minyak Lumas.

Berdasarkan MAN B&W 6L 21/31 *project guide*, jumlah Minyak Lumas (LO) untuk M/E adalah 1 liter/kW.

Volume LO berkisar pada 1,2 sampai dengan 1,5 liter per *engine power*, sedangkan pada racangan kapal 100 TEUs ini diambil 1,4 liter/kW sebagai acuan pada rancangan. Kapal 100 TEUs menggunakan 2 mesin bertenaga 1400 HP jika dikonversi terhadap kW menjadi 1043.98 kW.

Untuk menghitung volume LO dapat digunakan persamaan:

$$V_{LO} = \frac{Q}{P} \quad (13)$$

Dimana:

V_{LO} = Volume LO
 Q = Jumlah LO dalam mesin (liter/kW)
 P = Tenaga Mesin (kW)

Maka dalam perhitungan diketahui nilai dari volume LO sebesar 1461,57 Liter jika dikonversikan kedalam (m^3) menjadi 1,461 m^3 .

2) Perhitungan LO *Separator*.

$$Q = \frac{P \times 1.35 \times n}{t} \quad (4)$$

Dimana:

Q = Aliran yang diperlukan
 P = *engine output*
 t = unit pemisah efektif aktual yang memisahkan waktu per hari
 n = jumlah omset per hari dari volume minyak teoritis sesuai dengan

Perhitungan HSD *Separator* dengan persamaan (4), diperlukan nilai (n) atau jumlah omset perhari dari volume minyak teoritis sesuai dengan 1,35 [l/KW] atau 1 [l/HP] sesuai dengan rekomendasi berikut:

- a) $n=6$ untuk pengoperasian HFO.
- b) $n=4$ untuk pengoperasian MDO/HSD.
- c) $n=3$ untuk *diatillite fuel*.

Maka aliran yang diperlukan (Q) pada perhitungan HSD *separator* menjadi 234.89 l/h atau sama dengan 0,2348 m³/h jika dikonversi lagi menjadi 6,524 x 10⁻⁵ m³/s. Perhitungan aliran yang diperlukan menggunakan nilai (n) sama dengan 4.

Berdasarkan panduan pengerjaan MAN B&W, kecepatan transfer maksimum untuk HFO dan HSD adalah diantara 1,5-2 m/s.

Untuk menentukan *fuel flow* dengan persamaan $Q = A.V$ dimana (A) merupakan luas pipa sedangkan (V) merupakan kecepatan yang dibutuhkan untuk mentransfer bahan bakar dari tangki penyimpanan ke tangki operasional dan (Q) yang telah diketahui nilainya sebesar 6,524 x 10⁻⁵ m³/s. Nilai (V) dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan $V = \frac{Q}{A}$ dimana sebelum menentukan nilai (V) terlebih dahulu menemukan nilai (A) sedangkan nilai (Q) telah diketahui.

Untuk mengetahui nilai (A) terlebih dahulu menemukan diameter dalam pipa yang digunakan dengan asumsi kecepatan minimum bahan bakar yang direkomendasikan MAN B&W sebesar 1,5 m/s menggunakan persamaan:

$$D = \left[\frac{4Q}{\pi.V} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (6)$$

Dimana:

- D = Diameter dalam pipa
- Q = Debit yang diperlukan
- V = Kecepatan bahan bakar minimum

Maka diameter pipa yang dibutuhkan untuk mentransfer bahan bakar sebesar 6,44 mm dan dikonversikan ke dalam (inch) menjadi 0,25 inch. Satuan (inch) digunakan untuk melakukan pendekatan dengan *Pipe Class JIS G3455* yang diameter dalam pipanya sebesar 0,84 inch (21,4 mm) dengan material *Black Carbon Steel*.

Diameter dalam pipa yang dibutuhkan untuk mentransfer bahan bakar sebesar 21,4 mm dengan debit transfer bahan bakar sebesar 6,524 x 10⁻⁵ m³/s sehingga dapat ditentukan besar *fuel flow* dengan menggunakan persamaan:

$$V = \frac{Q}{A} \quad (7)$$

Maka nilai *fuel flow* yang didapat sebesar 0,1813 m/s.

3) Perhitungan Pompa Minyak Lumas.

a) LO *Standby Service Pump*.

Berdasarkan pada panduan Proyek B&W MAN, kapasitas pompa siaga harus 100% dari kapasitas pompa operasi pemasangan mesin, sehingga kapasitas yang digunakan adalah 0,17 m³/h jika dikonversikan menjadi 0,00004722 m³/s.

Untuk menentukan *fuel flow* dengan persamaan $Q = A \cdot V$ dimana (A) merupakan luas pipa sedangkan (V) merupakan kecepatan yang dibutuhkan untuk mentransfer oli dari tangki penyimpanan ke tangki operasional dan (Q) yang telah diketahui nilainya sebesar 0,00004722 m³/s. Nilai (V) dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan $V = \frac{Q}{A}$ dimana sebelum menentukan nilai (V) terlebih dahulu menemukan nilai (A) sedangkan nilai (Q) telah diketahui.

Untuk mengetahui nilai (A) terlebih dahulu menemukan diameter dalam pipa yang digunakan dengan asumsi kecepatan minimum oli yang direkomendasikan MAN B&W sebesar 2 m/s menggunakan persamaan:

$$D = \left[\frac{4Q}{\pi \cdot V} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (6)$$

Dimana:

D	= Diameter dalam pipa
Q	= Debit yang diperlukan
V	= Kecepatan bahan bakar minimum

Maka diameter pipa yang dibutuhkan untuk mentransfer oli sebesar 77,52 mm dan dikonversikan ke dalam (inch) menjadi 3,05 inch. Satuan (inch) digunakan untuk melakukan pendekatan dengan *Pipe Class JIS G3455* yang diameter dalam pipanya sebesar 7,87 inch (21,4 mm) dengan material *Black Carbon Steel*.

Diameter dalam pipa yang dibutuhkan untuk mentransfer bahan bakar sebesar 199,9 mm dengan debit transfer bahan bakar sebesar 0,00944 m³/s sehingga dapat ditentukan besar *fuel flow* dengan menggunakan persamaan:

$$V = \frac{Q}{A} \quad (7)$$

Maka nilai *fuel flow* yang didapat sebesar 0,3008 m/s.

b) *Head pump.*

$$H = H_s + H_p + H_v + \text{total Headloss} \quad (8)$$

Dimana: H_s = *Head static*
 H_p = *Head pressure*
 H_v = *Head velocity*

Berdasarkan ketentuan dari BKI, *head static* memiliki nilai sebesar 1 meter dan *head pressure* memiliki nilai sebesar 1 meter sedangkan *head velocity* memiliki nilai sebesar 0 meter karena kecepatan pada penyedotan dengan pelepasan mempunyai nilai yang sama.

c) *Head Losses.*

$$Re = \frac{D \times V}{\nu} \quad (9)$$

Dimana: D = Diameter dalam pipa utama
 V = kecepatan alir
 ν = *kinematic viscosity*

Jika Re mempunyai nilai kurang dari 2300, maka aliran yang mengalir merupakan aliran *laminar* sedangkan jika nilai Re lebih dari 2300, maka aliran yang mengalir merupakan aliran.

Dengan nilai diameter dalam sebesar 199,9 mm, kecepatan aliran sebesar 2,0 m/s dan *kinematic viscosity* mempunyai nilai 0,0007 m²/s, maka dengan persamaan (9) diperoleh nilai Re sebesar 30,065 dengan aliran laminar.

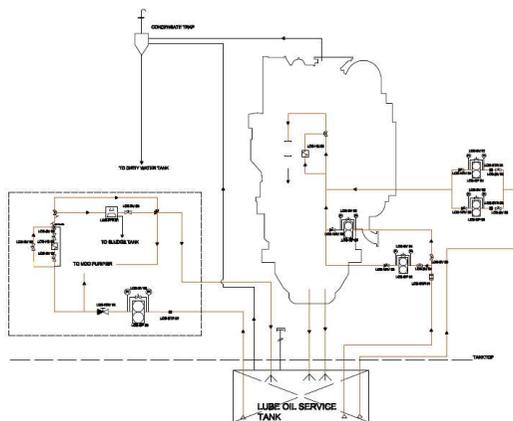
c) *Head losses in suction line.*

$$\text{Kerugian gesekan} = \frac{\lambda \times L \times v^2}{D \times 2g} \quad (10)$$

Dimana: λ = 0,470
 L = Panjang *suction side*
 v = kecepatan alir
 D = Diameter pipa

Diketahui nilai (λ) sama dengan 0,470 dengan panjang dari *suction side* sebesar 2 m sedangkan kecepatan alir dan diameter pipa dengan nilai masing-masing sebesar 0,3 m/s dan 199,9 mm.

Dengan nilai-nilai tersebut dapat diperoleh nilai kerugian gesek sebesar 0,0217 m.



Gambar 4.3. P&ID Sistem Minyak Lumas Perancangan.

Gambar 4.3. merupakan rancangan P&ID dari Sistem Minyak Lumas kapal 100 TEUs yang dirancang. Pada Gambar 4.3., dapat kita lihat beberapa item yang menyebabkan *losses* pada transfer minyak lumas, beberapa diantaranya adalah *filter*, *T-join*, *globe valve*, *three-way valve*, dll.

Daftar item pada *suction line* transfer minyak lumas dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6. Accessories Losses at Suction Line Sistem Minyak Lumas.

No	Types	n	k	n x k
1	Filter or strainer	1	2.5	2.5
2	Elbow 90	1	1	1
3	T-join	0	1	0
4	Globe Valve	2	0.15	0.3
5	Three Way Valve	1	0.5	0.5
6	Bulkhead Fitting Watertight	0	0.5	0
7	Bellmounted pipe end	1	0.05	0.05
	total			4.35

Pada Tabel 4.6. terdapat 7 (tujuh) item yang menyebabkan *losses* pada *suction line* transfer minyak lumas. Tabel 4.6. juga memuat jumlah item dan koefisien untuk masing-masing item yang berada pada kolom dua tabel.

Tabel 4.6. diperlukan untuk mengetahui *accessories losses*. Untuk mengetahui nilai dari *accessories losses* digunakan persamaan:

$$\frac{(\sum n.k) v^2}{2 g} \quad (11)$$

Dimana:

k	= Koefisien Item
n	= Jumlah Item
v	= kecepatan alir

Nilai dari $(\sum n.k)$ adalah 4,35 dapat dilihat pada Tabel 4.5. sedangkan nilai kecepatan alir transfer minyak lumas sebesar 0,3 m/s dan nilai (g) sebesar 9,8 m²/s. maka didapat nilai *accessories losses* sebesar 0.00952 m.

Dengan menggunakan persamaan (10) telah didapat nilai dari kerugian gesek pada transfer minyak lumas dan dengan persamaan (11) telah didapat nilai dari *accessories losses*. Untuk mengetahui total *losses* yang terjadi pada *suction line* transfer minyak lumas adalah dengan menjumlahkan nilai dari kerugian gesek dengan *accessories losses*.

Maka total *losses* pada *suction line* transfer minyak lumas adalah 0,02008 m.

d) *Head Losses in Discharge Line.*

$$\text{Kerugian gesekan} = \frac{\lambda \times L \times v^2}{D \times 2g} \quad (10)$$

Dimana:

λ	= 0,47
L	= Panjang <i>suction side</i>
v	= kecepatan alir
D	= Diameter pipa

Diketahui nilai (λ) sama dengan 0,47 dengan panjang dari *discharge side* sebesar 2 m sedangkan kecepatan alir dan diameter pipa dengan nilai masing-masing sebesar 0,3 m/s dan 199,9 mm.

Dengan nilai-nilai tersebut dapat diperoleh nilai kerugian gesek sebesar 0,2008 m.

Daftar item pada *discharge line* transfer minyak lumas dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7. *Accessories Losses at Discharge Line Sistem Minyak Lumas.*

No	Types	n	k	n x k
1	Globe Valve	2	0.15	0.3
2	Elbow 90	3	1	3
3	T-join	1	1	1
4	SDRNV	1	1.35	1.35
5	Change over valve	1	0.5	0.5
		total		6.15

Pada Tabel 4.7. terdapat 5 (lima) item yang menyebabkan *losses* pada *discharge line* transfer minyak lumas. Tabel 4.7. juga memuat jumlah item dan koefisien untuk masing-masing item yang berada pada kolom dua tabel.

Tabel 4.7. diperlukan untuk mengetahui *accessories losses*. Untuk mengetahui nilai dari *accessories losses* digunakan persamaan:

$$\frac{(\sum n.k) v^2}{2g} \quad (11)$$

Dimana:

- k = Koefisien Item
- n = Jumlah Item
- v = kecepatan alir

Nilai dari ($\sum n.k$) adalah 6,15 dapat dilihat pada Tabel 4.6. sedangkan nilai kecepatan alir transfer minyak lumas sebesar 0,3 m/s dan nilai (g) sebesar 9,8 m²/s. maka didapat nilai *accessories losses* sebesar 0.02839 m.

Dengan menggunakan persamaan (10) telah didapat nilai dari kerugian gesek pada transfer minyak lumas dan dengan persamaan (11) telah didapat nilai dari *accessories losses*. Untuk mengetahui total *losses* yang terjadi pada *discharge line* transfer minyak lumas adalah dengan menjumlahkan nilai dari kerugian gesek dengan *accessories losses*.

Maka total *losses* pada *discharge line* transfer minyak lumas adalah 0,05009 m.

Setelah menghitung *losses* pada perancangan transfer minyak lumas, *Head total* dapat diketahui dengan menjumlahkan *head* yang diketahui seperti pada persamaan (8). Maka nilai *head* pada transfer minyak lumas adalah 1,091 m.

d) Kesimpulan Perhitungan LO Sistem.

Kapasitas pompa LO	: 34 m ³ /h
<i>Head pump</i>	: 1,0919 m
Spesifikasi pipa utama	
Diameter dalam	: 199,9 mm
Ketebalan	: 8,2 mm
Diameter luar	: 216,3 mm
Material	: <i>Black Carbon Steel</i>
Kapasitas Separator	: 0,235 m ³ /h
Kapasitas tangki LO	: 2 x 1,46157 m ³

c. Rincian Pemilihan Pekerjaan Sistem Balas.

Sebelum melakukan analisa ada baiknya kita mengetahui *principal dimension* dari kapal kontainer 100 TEUs yang akan dirancang.

L_{wl}	=	77.00	m
L_{pp}	=	72.60	m
B_{mld}	=	16.00	m
H_{mld}	=	4.70	m
D	=	3.50	m
V_s	=	12.00	Knot
Cb_{wl}	=	0,629	
	=	6.17	m / s
<i>Main Engine Power</i>	=	1400.00	HP
		1043.98	kW

Pada langkah pertama kita menghitung volume *displacement* dan berat *displacement* dari kapal kontainer 100 TEUs yang dirancang. Setelah *displacement* diketahui selanjutnya menghitung kapasitas pompa yang akan dipakai.

1) Perhitungan volume *displacement*.

$$\nabla = L_{wl} \times T \times B \times Cb_{wl} \quad (14)$$

Dimana:

∇	= Volume <i>Displacement</i>
L_{wl}	= Panjang <i>Waterline</i> Kapal
T	= Sarat Kapal
B	= Tinggi Kapal
Cb_{wl}	= koefisien blok

Pada *principal dimentions* kapal 100 TEUs yang dirancang telah diketahui besar nilai-nilai dari setiap variabel yang diperlukan untuk mengetahui volume *displacement* kapal. Diketahui L_{wl} kapal mempunyai nilai sebesar 77 meter dengan nilai sarat kapal sarat kapal 5,5 meter sedangkan *coefisien block* kapal diketahui sebesar 0,629 dan tinggi kapal 16 meter.

Dengan terpenuhinya semua variabel pada persamaan (14) maka nilai volume *displacement* kapal yang dirancang adalah 2712,248 m³.

2) Perhitungan Berat *displacement*.

$$\Delta = \nabla \times \rho \quad (15)$$

Dimana:

Δ	= Berat <i>Displacement</i>
∇	= Volume <i>Displacement</i>
ρ	= Massa Jenis Air laut

Untuk mengetahui berat *displacement* kapal yang dirancang, volume *displacement* yang telah diketahui dikalikan dengan massa jenis air laut (1,025 ton/m³). Maka berat *displacement* dapat diketahui nilainya sebesar 2780,1 Ton.

Berat *displacement* digunakan untuk menemukan volume balas yang diperlukan kapal rancangan. Berat air balas diperkirakan 12.90% dari total berat *displacement*, sehingga dapat diketahui berat air balas yang diperlukan kapal adalah 358,6 Ton.

Berdasarkan berat air balas yang diketahui volume air balas dapat ditentukan dengan menggunakan perkalian antara berat air balas dengan massa jenis air laut, sehingga dapat diketahui volume air balas yang diperlukan kapal adalah 349,88 m³.

3) Perhitungan Kapasitas Pompa Balas.

Berdasarkan waktu *loading and unloading*, volume balas yang direncanakan akan dikosongkan dalam waktu 4 jam, sehingga kapasitas balas dapat diketahui dengan persamaan:

$$Q = \frac{V}{t} \quad (16)$$

Dimana:

Q = Debit balas
V = Volume balas
t = Waktu

Maka kapasitas dari pompa balas dapat diketahui nilainya sebesar 87,47 m³/h jika dikonversikan nilainya berubah menjadi 0,02429 m³/s.

4) Perhitungan Diameter Pipa Utama Sistem Balas.

$$D = \sqrt{\frac{Q \times 4}{\pi \times v}} \quad (17)$$

Dimana:

D = Diameter Pipa Utama
Q = Kapasitas Pompa
v = Kecepatan Alir

Nilai dari kecepatan alir yang dianjurkan berada pada rentang 2 sampai dengan 4 m/s. Pada rancangan kapal kontainer 100 TEUs ditentukan kecepatan alir yang dipakai sebesar 2,8 m/s. pada poin sebelumnya telah diketahui nilai dari kapasitas pompa balas sebesar 0,02429 m³/s.

Berdasarkan persamaan (17), Maka diameter pipa yang dibutuhkan untuk mentransfer balas sebesar 105,09 mm dan dikonversikan ke dalam (inch) menjadi 4,14 inch. Satuan (inch) digunakan untuk melakukan pendekatan dengan *Pipe Class* JIS G3455 yang diameter dalam pipanya sebesar 4,1 inch (105,3 mm) dengan material *Carbon Steel Galvanized*.

Diketahui diameter dalam pipa yang dibutuhkan sebesar 105,3 mm dengan debit transfer balas sebesar $0,02429 \text{ m}^3/\text{s}$ sehingga dapat ditentukan besar *fuel flow* dengan menggunakan persamaan:

$$V = \frac{Q}{A} \quad (7)$$

Maka nilai *fuel flow* yang didapat sebesar 2,7889 m/s.

5) *Head Pump.*

$$H = H_s + H_p + H_v + \text{total Headloss} \quad (8)$$

Dimana: H_s = *Head static*
 H_p = *Head pressure*
 H_v = *Head velocity*

Berdasarkan ketentuan dari BKI, *head static* memiliki nilai sebesar 7 meter dan *head pressure* memiliki nilai sebesar 1 meter sedangkan *head velocity* memiliki nilai sebesar 0 meter karena kecepatan pada penyedotan dengan pelepasan mempunyai nilai yang sama.

6) *Head Losses.*

a) *Head losses in suction line.*

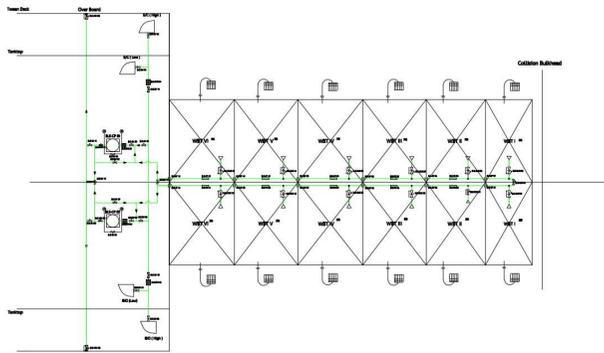
$$\text{Kerugian gesekan} = \frac{\lambda \times L \times v^2}{D \times 2g} \quad (10)$$

Dimana:

λ = 0,0171
 L = Panjang *suction side*
 v = kecepatan alir
 D = Diameter pipa

Diketahui nilai (λ) sama dengan 0,0171 dengan panjang dari *suction side* sebesar 14 m sedangkan kecepatan alir dan diameter pipa dengan nilai masing-masing sebesar 2,7889 m/s dan 105,3 mm.

Dengan nilai-nilai tersebut dapat diperoleh nilai kerugian gesek sebesar 0,9022 m.



Gambar 4.4. P&ID Balas System Perancangan.

Gambar 4.4. merupakan rancangan P&ID dari Sistem Balas kapal 100 TEUs yang dirancang. Pada Gambar 4.3, dapat kita lihat beberapa item yang menyebabkan *losses* pada *balas system*, beberapa diantaranya adalah *filter*, *T-join*, *globe valve*, *three-way valve*, dll.

Daftar item pada *suction line* sistem balas dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8. *Accessories Losses at Suction Line Sistem Balas.*

No.	Peralatan	n	k	n x k
1	Elbow 90°	15	0.3	4.5
2	Ball valve	3	0.05	0.15
3	T joint	5	0.2	1
4	Bellmounted pipe end	12	0.05	0.6
5	SDNRV	12	2	24
6	Bulkhead Fitting Watertight	6	0.02	0.12
7	Filter or strainer	2	2.5	5
8	Flexible Coupling	6	0.46	2.76
			Σ	38.13

Pada Tabel 4.8. terdapat 8 (delapan) item yang menyebabkan *losses* pada *suction line* sistem balas. Tabel 4.8. juga memuat jumlah item dan koefisien untuk masing-masing item yang berada pada kolom dua tabel.

Tabel 4.8. diperlukan untuk mengetahui *accessories losses*. Untuk mengetahui nilai dari *accessories losses* digunakan persamaan:

$$\frac{(\sum n.k) v^2}{2g} \quad (11)$$

Dimana:

k	= Koefisien Item
n	= Jumlah Item
v	= kecepatan alir

Nilai dari $(\sum n.k)$ adalah 38,13 dapat dilihat pada Tabel 4.8. sedangkan nilai kecepatan alir sistem balas sebesar 2,7889 m/s dan nilai (g) sebesar 9,8 m²/s. maka didapat nilai *accessories losses* sebesar 15,131 m.

Dengan menggunakan persamaan (10) telah didapat nilai dari kerugian gesek pada sistem balas dan dengan persamaan (11) telah didapat nilai dari *accessories losses*. Untuk mengetahui total *losses* yang terjadi pada *suction line* sistem balas adalah dengan menjumlahkan nilai dari kerugian gesek dengan *accessories losses*. Maka total *losses* pada *suction line* sistem balas adalah 16,034 m.

b) *Head Losses in Discharge Line.*

$$\text{Kerugian gesekan} = \frac{\lambda \times L \times v^2}{D \times 2g} \quad (10)$$

Dimana:

λ	= 0,0171
L	= Panjang <i>suction side</i>
v	= kecepatan alir
D	= Diameter pipa

Diketahui nilai (λ) sama dengan 0,0171 dengan panjang dari *discharge side* sebesar 120 m sedangkan kecepatan alir dan diameter pipa dengan nilai masing-masing sebesar 2,7889 m/s dan 105,3 mm.

Dengan nilai-nilai tersebut dapat diperoleh nilai kerugian gesek sebesar 7,733 m.

Daftar item pada *discharge line* sistem balas dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9. *Accessories Losses at Discharge Line Sistem Balas.*

No.	Peralatan	n	k	n x k
1	Elbow 90°	15	0.3	4.5
2	Ball valve	5	0.05	0.25
3	T joint	6	0.2	1.2
4	Bellmounted pipe end	12	0.05	0.6
5	SDNRV	15	2	30
6	Bulkhead Fitting Watertight	8	0.02	0.16
7	Filter or strainer	0	2.5	0
8	Flexible Coupling	3	0.46	1.38
			Σ	38.09

Pada Tabel 4.9. terdapat 8 (delapan) item yang menyebabkan *losses* pada *discharge line* sistem balas. Tabel 4.9. juga memuat jumlah item dan koefisien untuk masing-masing item yang berada pada kolom dua tabel.

Tabel 4.9. diperlukan untuk mengetahui *accessories losses*. Untuk mengetahui nilai dari *accessories losses* digunakan persamaan:

$$\frac{(\sum n.k) v^2}{2g} \quad (11)$$

Dimana:

- k = Koefisien Item
- n = Jumlah Item
- v = kecepatan alir

Nilai dari $(\sum n.k)$ adalah 38,09 dapat dilihat pada Tabel 4.9. sedangkan nilai kecepatan alir sistem balas sebesar 2,7889 m/s dan nilai (g) sebesar 9,8 m²/s. maka didapat nilai *accessories losses* sebesar 15,0116 m.

Dengan menggunakan persamaan (10) telah didapat nilai dari kerugian gesek pada sistem balas dan dengan persamaan (11) telah didapat nilai dari *accessories losses*. Untuk mengetahui total *losses* yang terjadi pada *discharge line* sistem balas adalah dengan menjumlahkan nilai dari kerugian gesek dengan *accessories losses*. Maka total *losses* pada *discharge line* sistem balas adalah 22,849 m.

Setelah menghitung *losses* pada perancangan Sistem Balas, *Head total* dapat diketahui dengan menjumlahkan *head* yang diketahui seperti pada persamaan (8). Maka *head* pada sistem balas adalah 45,9821 m.

7) Kesimpulan Perhitungan Balas Sistem.

Kapasitas Pompa Balas	: 87,47 m ³ /h
<i>Head pump</i>	: 45,9821 m
Spesifikasi pipa utama	
Diameter dalam	: 105,3 mm
Ketebalan	: 4,5 mm
Diameter luar	: 114,3 mm
Material	: <i>Carbon Steel Galvanised</i>

d. Rincian Pemilihan Pekerjaan Sistem Bilga.

Sebelum melakukan analisa ada baiknya kita mengetahui *principal dimension* dari kapal kontainer 100 TEUs yang akan dirancang.

L_{wl}	=	77.00	m
L_{pp}	=	72.60	m
B_{mld}	=	16.00	m
H_{mld}	=	4.70	m
D	=	3.50	m
V_s	=	12.00	Knot
Cb_{wl}	=	0,629	
	=	6.17	m / s
<i>Gross Tonnage</i>	=	1787	GT
<i>Main Engine Power</i>	=	1400.00	HP
		1043.98	kW

Pada langkah pertama kita menghitung diameter pipa utama dari bilga sistem dari kapal kontainer 100 TEUs yang dirancang. Setelah diketahui nilai tersebut selanjutnya menghitung kapasitas pompa yang akan dipakai.

1) Diameter Pipa Utama Sistem Bilga.

Diameter dalam minimum dari pipa bilga dapat ditentukan berdasarkan persamaan:

$$d = 25 + 1.68 \sqrt{L(B + D)} \quad (18)$$

Dimana:

d	= Diameter dalam pipa bilga
L	= Panjang Kapal
B	= Lebar Kapal
D	= Tinggi kapal

Nilai (L) pada *principal dimentions* sebesar 77 m, nilai (B) diketahui sebesar 16 m, dan nilai dari (D) diketahui sebesar 4,7 m. berdasarkan persamaan (18) dapat diketahui nilai dari diameter dalam pipa utama pada sistem bilga. Maka nilai diameter dalam pipa utama bilga sistem adalah 92,071 mm.

2) Diameter *Branch Bilge's Pipe*.

Diameter dalam minimum dari pipa bilga dapat ditentukan berdasarkan persamaan:

$$d_B = 25 + 2.16 \sqrt{l(B + D)} \quad (19)$$

Dimana:

d_B	= Diameter <i>Branch</i> pipa bilga
l	= Panjang <i>compartement</i>
B	= Lebar Kapal
D	= Tinggi kapal

Nilai (l) diketahui sebesar 10,26 m, nilai (B) diketahui pada *principal dimentions* sebesar 16 m, dan nilai dari (D) diketahui sebesar 4,7 m. berdasarkan persamaan (19) dapat diketahui nilai dari diameter dalam pipa utama pada sistem bilga.

Maka besar nilai diameter *branch* pipa sistem bilga adalah 56,478 mm.

3) Memilih Material Pipa.

a) Pipa Utama pada Kamar Mesin.

<i>Inside diameter</i> (d_H)	=	93.20	mm	3.66	in
<i>Thickness</i>	=	4.2	mm	0.17	in
<i>Outside diameter</i>	=	101.6	mm	3.99	in
<i>Nominal pipe size</i>	=	90			

b) Pipa Utama pada Tangki Bahan Bakar dan Tangki Balas.

$$\begin{aligned} \text{Inside diameter } (d_H) &= 93.20 \text{ mm} & 3.66 \text{ in} \\ \text{Thickness} &= 4.2 \text{ mm} & 0.17 \text{ in} \\ \text{Outside diameter} &= 101.6 \text{ mm} & 3.99 \text{ in} \\ \text{Nominal pipe size} &= 90 \text{ A} \end{aligned}$$

c) Pipa Branch Bilga.

$$\begin{aligned} \text{Inside diameter } (d_H) &= 67.90 \text{ mm} \\ \text{Thickness} &= 4.2 \text{ mm} \\ \text{Outside diameter} &= 76.3 \text{ mm} \\ \text{Nominal pipe size} &= 65 \text{ A} \end{aligned}$$

Pada ketiga poin sebelumnya material pipa bilga yang dipakai adalah *Carbon Steel Galvanised*.

4) Perhitungan Kapasitas Pompa Bilga.

Ketika hanya dua pompa lambung kapal dipasang, masing-masing harus mampu memberikan kecepatan air melalui main lambung kapal yang diperlukan, tidak kurang dari 2 m (6,6 kaki) per detik. Kapasitas minimum Q dari pompa lambung kapal yang diperlukan dapat ditentukan dari persamaan berikut:

$$Q = \frac{5.66 \times d^2}{10^3} \quad (20)$$

Dimana:

$$d = \text{Diameter dalam pipa utama bilga}$$

Berdasarkan persamaan (diatas), maka dapat diketahui nilai dari kapasitas pompa bilga, nilainya sebesar $0,013657 \text{ m}^3/\text{s}$.

Diketahui diameter dalam pipa yang dibutuhkan sebesar 93,2 mm dengan debit transfer bahan bakar sebesar $0,013657 \text{ m}^3/\text{s}$ sehingga dapat ditentukan besar *fuel flow* dengan menggunakan persamaan:

$$V = \frac{Q}{A} \quad (7)$$

Maka nilai *fuel flow* yang didapat sebesar $0,721 \text{ m/s}$.

5) *Head Pump.*

$$H = H_s + H_p + H_v + \text{total Headloss} \quad (8)$$

Dimana: H_s = *Head static*
 H_p = *Head pressure*
 H_v = *Head velocity*

Berdasarkan ketentuan dari BKI, *head static* memiliki nilai sebesar 5 meter dan *head pressure* $H_v = \frac{(P_1 - P_2)}{\rho g}$ memiliki nilai sebesar 0,0001 meter sedangkan *head velocity* memiliki nilai sebesar 0 meter karena kecepatan pada penyedotan dengan pelepasan mempunyai nilai yang sama.

6) *Head Losses.*a) *Head losses in suction line.*

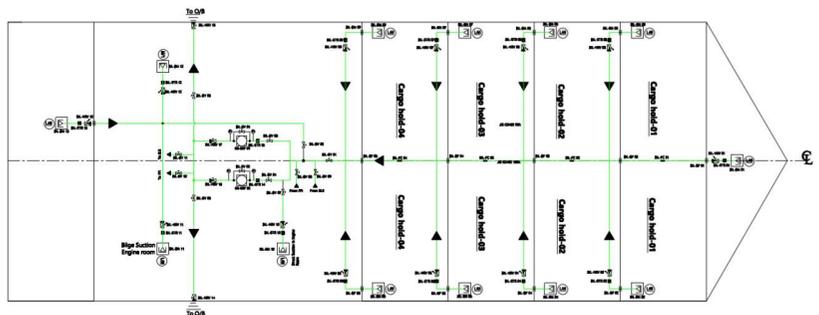
$$\text{Kerugian gesekan} = \frac{\lambda \times L \times v^2}{D \times 2g} \quad (10)$$

Dimana:

λ = 0,0176
 L = Panjang *suction side*
 v = kecepatan alir
 D = Diameter pipa

Diketahui nilai (λ) sama dengan 0,0176 dengan panjang dari *suction side* sebesar 101,4 m sedangkan kecepatan alir dan diameter pipa dengan nilai masing-masing sebesar 0,721 m/s dan 93,20 mm.

Dengan nilai-nilai tersebut dapat diperoleh nilai kerugian gesek sebesar 0,5087 m.



Gambar 4.5. P&ID Bilge System Perancangan.

Gambar 4.5. merupakan rancangan P&ID Sistem Bilga kapal 100 TEUs yang dirancang. Pada Gambar 4.5., dapat kita lihat beberapa item yang menyebabkan *losses* pada sistem bilga, beberapa diantaranya adalah *filter*, *T-join*, *globe valve*, *three-way valve*, dll.

Daftar item pada *suction line* sistem bilga dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10. *Accessories Losses at Suction Line Sistem Bilga.*

No.	Peralatans	n	k	n x k
1	Elbow 90°	11	0.3	3.3
2	Ball valve	5	0.05	0.25
3	T joint	2	0.2	0.4
4	Bellmounted pipe end	13	0.05	0.65
5	SDNRV	13	2	26
6	Bulkhead Fitting Watertight	6	0.02	0.12
7	Filter or strainer	13	2.5	32.5
8	Flexible Coupling	4	0.46	1.84
			Σ	65.06

Pada Tabel 4.10. terdapat 8 (delapan) item yang menyebabkan *losses* pada *suction line* sistem bilga. Tabel 4.10. juga memuat jumlah item dan koefisien untuk masing-masing item yang berada pada kolom dua tabel.

Tabel 4.10. diperlukan untuk mengetahui *accessories losses*. Untuk mengetahui nilai dari *accessories losses* digunakan persamaan:

$$\frac{(\sum n.k) v^2}{2g} \quad (11)$$

Dimana:

- k = Koefisien Item
- n = Jumlah Item
- v = kecepatan alir

Nilai dari $(\sum n.k)$ adalah 65,06 dapat dilihat pada Tabel 4.5. sedangkan nilai kecepatan alir sistem bilga sebesar 0,721 m/s dan nilai (g) sebesar 9,8 m²/s. maka didapat nilai *accessories losses* sebesar 1,7284 m.

Dengan menggunakan persamaan (10) telah didapat nilai dari kerugian gesek pada sistem bilga dan dengan persamaan (11) telah didapat nilai dari *accessories losses*. Untuk mengetahui total *losses* yang terjadi pada *suction line* sistem bilga adalah dengan menjumlahkan nilai dari kerugian gesek dengan *accessories losses*. Maka total *losses* pada *suction line* sistem bilga adalah 2,237 m.

b) *Head Losses in Discharge Line.*

$$\text{Kerugian gesekan} = \frac{\lambda \times L \times v^2}{D \times 2g} \quad (10)$$

Dimana:

- λ = 0,176
- L = Panjang *suction side*
- v = kecepatan alir
- D = Diameter pipa

Diketahui nilai (λ) sama dengan 0,176 dengan panjang dari *discharge side* sebesar 14 m sedangkan kecepatan alir dan diameter pipa dengan nilai masing-masing sebesar 0,721 m/s dan 93,2 mm.

Dengan nilai-nilai tersebut dapat diperoleh nilai kerugian gesek sebesar 0,7063 m.

Daftar item pada *discharge line* sistem bilga dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11. *Accessories Losses at Discharge Line Sistem Bilga.*

No.	Peralatans	n	k	n x k
1	Elbow 90°	2	0.3	0.6
2	Ball valve	2	0.05	0.1
3	T joint	2	0.2	0.4
4	Bellmounted pipe end	0	0.05	0
5	SDNRV	4	2	8
6	Bulkhead Fitting Watertight	0	0.02	0
7	Filter or strainer	0	2.5	0
8	Flexible Coupling	0	0.46	0
			Σ	9.1

Pada Tabel 4.11. terdapat 8 (delapan) item yang menyebabkan *losses* pada *discharge line* sistem bilga. Tabel 4.11. juga memuat jumlah item dan koefisien untuk masing-masing item yang berada pada kolom dua tabel.

Tabel 4.11. diperlukan untuk mengetahui *accessories losses*. Untuk mengetahui nilai dari *accessories losses* digunakan persamaan:

$$\frac{(\sum n.k) v^2}{2g} \quad (11)$$

Dimana:

k	= Koefisien Item
n	= Jumlah Item
v	= kecepatan alir

Nilai dari $(\sum n.k)$ adalah 9,1 dapat dilihat pada Tabel 4.11. sedangkan nilai kecepatan alir sistem bilga sebesar 0,721 m/s dan nilai (g) sebesar 9,8 m²/s. maka didapat nilai *accessories losses* sebesar 0,2417 m.

Dengan menggunakan persamaan (10) telah didapat nilai dari kerugian gesek pada sistem bilga dan dengan persamaan (11) telah didapat nilai dari *accessories losses*. Untuk mengetahui total *losses* yang terjadi pada *discharge line* sistem bilga dengan menjumlahkan nilai dari kerugian gesek dengan *accessories losses*. Maka total *losses* pada *discharge line* sistem bilga adalah 0,3123 m.

Setelah menghitung *losses* pada perancangan sistem bilga, *Head total* dapat diketahui dengan menjumlahkan *head* yang diketahui seperti pada persamaan (8). Maka *head* pada sistem bilga adalah 7,5496 m.

7) Kesimpulan Perhitungan Sistem Bilga.

Kapasitas pompa Balas	: 49,164 m ³ /h
<i>Head pump</i>	: 7,549 m
Spesifikasi pipa utama	
Diameter dalam	: 93,2 mm
Ketebalan	: 4,2 mm
Diameter luar	: 101,6 mm
Material	: <i>Carbon Steel Galvanised</i>

- e. Rincian Pemilihan Pekerjaan Sistem *Oily Water Separator* (OWS).
 1) Perhitungan Volume *Oily Water Tank*.

Pada peraturan BKI Volume III pada *section* 11, O; 3.3 yang dijelaskan pada Tabel 4.12.:

Tabel 4.12. Penentuan Kapasitas Tangki OWS.

Main engine rating [kW]	Capacity [m ³]
Up to 1000	4
Above 1000 up to 20.000	P/250
Above 20.000	40 + P/500

Pada Tabel 4.12. untuk mengetahui volume tangki oli pada kapal harus diketahui terlebih dahulu besar tenaga pada mesin utama (kW). Kapal 100 TEUs yang dirancang mempunyai mesin utama dengan 1400 HP jika dikonversikan menjadi 1043,98 kW.

Maka berdasarkan Tabel 4.12. dapat diketahui nilai volume tangki oli dengan menggunakan persamaan:

$$\frac{P}{250} \quad (21)$$

Dimana:

$$P = \text{Tenaga Mesin Utama}$$

Berdasarkan persamaan (21) dapat diketahui volume tangki oli sebesar 4,175 m³.

Besar volume tangki oli yang diketahui menjadi acuan untuk merencanakan dimensi dari tangki oil pada kapal. Dimensi tangki oil yang direncanakan dapat dilihat pada Tabel 4.13.:

Tabel 4.13. Perencanaan Dimensi Tangki Oli.

Planned dimension of oily bilge tank		
Height	=	0.5 m
Width	=	2.5 m
Length	=	3.5 m
Volume	=	4.375 m ³

Pada Tabel 4.13. tangki disesuaikan dengan dimensi ruangan pada kamar mesin sehingga volume perhitungan dengan volume yang direncanakan berbeda. Perbedaan ini tidak memberikan dampak yg signifikan pada tangki. Hal ini disebabkan karena volume tangki yang direncanakan berlebih 0,2 m³ dari volume tangki perhitungan.

2) Perhitungan Kapasitas *Oily Bilge Water Separator*.

Berdasarkan BKI Volume III tentang *Machinery Installation* pada *section 11, O, 3.1.2* kapasitas separator ditentukan berdasarkan *Gross Tonnage* dari kapal yang direncanakan. Penentuan separator ini dapat dilihat pada Tabel 4.14.:

Tabel 4.14. Penentuan OWS Separator.

Up to 400 GT	401 to 1600 GT	1601 to 4000 GT	4001 to 15000 GT	Above 15000 GT
0.25 m ³ /h	0.5 m ³ /h	1.0 m ³ /h	2.5 m ³ /h	5 m ³ /h

Pada Tabel 4.14 dijelaskan untuk ukuran *Gross Tonnage* tertentu terdapat kapasitas separator yang diperlukan pada kapal. Kapal yang direncanakan memiliki *Gross Tonnage* sebesar 1787 GT, maka kapasitas separator yang dibutuhkan pada kapal 100 TEUs yang direncanakan adalah 1,0 m³/h.

3) Perhitungan Volume dari *Sludge Tank*.

Pada BKI VOLUME III *RULES FOR MACHINERY INSTALLATIONS Section 11, O, 3.4.2* terdapat persamaan yang digunakan untuk mengetahui volume dari *sludge tank*.

$$V_1 = K_1 C D \quad (22)$$

Dimana:

$$\begin{aligned} K_1 &= 0,015 \text{ Fuel engine dan purifier} \\ & \quad 0,005 \text{ Fuel engine tanpa purifier} \\ C &= \text{konsumsi bahan bakar per hari} \\ D &= \text{Endurance Kapal} \end{aligned}$$

Untuk mengetahui volume *sludge tank*, perlu diketahui nilai konsumsi bahan bakar per hari (C) terlebih dahulu. Nilai (C) dapat diketahui dengan persamaan:

$$C = BHP_{ME} \times SFOC \times 24 \times 10^{-6} \quad (23)$$

Dimana:

$$\begin{aligned} BHP_{ME} &= \text{Besarnya tenaga dari mesin Utama} \\ SFOC &= \text{specific fuel oil consumption} \end{aligned}$$

Diketahui besar tenaga dari mesin utama kapal 100 TEUs yang dirancang sebesar 1043,98 kW dan SFOC untuk HSD sendiri mempunyai nilai 175 m³/kW. Maka nilai konsumsi bahan bakar per hari adalah sebesar 4,7355 m³.

Untuk mengetahui nilai dari volume *sludge tank* telah didapat semua variabel yang dibutuhkan pada persamaan (22). Maka volume *sludge tank* diketahui nilainya sebesar 1,0655 m³.

Perencanaan dimensi *sludge tank* dilakukan berdasarkan volume *sludge tank* yang diketahui. Dimensi *sludge tank* yang direncanakan mendekati volume *sludge tank* yang diketahui dengan cara mengatur panjang, lebar dan tinggi tangki tersebut.

Tabel 4.15. Perencanaan Dimensi Sludge Tank.

Planned dimension of Sludge Tank		
Height	=	0.55 m
Width	=	1 m
Length	=	2 m
Volume	=	1.1 m ³

Pada Tabel 4.15. tangki disesuaikan dengan dimensi ruangan pada kamar mesin sehingga volume perhitungan dengan volume yang direncanakan berbeda. Perbedaan ini tidak memberikan dampak yg signifikan pada tangki. Hal ini disebabkan karena volume tangki yang direncanakan berlebih 0,035 m³ dari volume tangki perhitungan.

4) Perhitungan Kapasitas Pompa *Oily Blige*.

Waktu yang yang direncanakan untuk mengeluarkan fluida pada *sludge tank* adalah 2 jam. Berdasarkan volume *sludge tank* yang diketahui sebesar 1,1 m³ dan waktu pemompaan mempunyai nilai sebesar 2 jam, maka kapasitas pompa dapat diketahui dengan menggunakan persamaan:

$$Q = \frac{V}{t} \quad (24)$$

Dimana:

V = Volume *sludge tank*
t = waktu yang direncanakan

Maka dapat diketahui kapasitas pompa yang digunakan sebesar 0,55 m³/h atau dikonversikan menjadi 0,0002 m³/s.

5) Perhitungan Diameter Pipa *Oily Bilge*.

Dengan menggunakan variabel yang telah diketahui seperti kapasitas pompa dan kecepatan fluida yang mengalir dapat diketahui nilai dari luasan pipa yang dipakai dengan menggunakan persamaan:

$$A = \frac{Q}{v} \quad (25)$$

Dimana:

$$\begin{aligned} V &= \text{Volume } \textit{sludge tank} \\ t &= \text{waktu yang direncanakan} \end{aligned}$$

Diketahui nilai dari kapasitas pompa sebesar 0,0002 m³/s dan kecepatan alir fluida sebesar 1,5 m/s. maka dapat diketahui nilai dari luasan pipa adalah 0,0001 m².

Diameter pipa dapat diketahui dengan menggunakan persamaan berikut:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}} \quad (26)$$

Dimana:

$$\begin{aligned} A &= \text{Luas Pipa} \\ \pi &= 3.14 \end{aligned}$$

Maka diameter pipa yang digunakan adalah 11,391 mm jika dikonversikan menjadi 0,45 inch.

Pemilihan dilakukan dengan menyesuaikan perhitungan yang didapat dengan tipe pipa yang ada pada industri. Pemilihan pipa yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.16.

Tabel 4.16. Pemilihan Pipa *Oily Bilge*.

Type	=	G3452-SGP
Inside diameter	=	0.5 inch = 12.7 mm
Thickness	=	0.09055 inch = 2.3 mm
Outside diameter	=	0.6811 inch = 17.3 mm
Nominal Diameter	=	10A

6) *Head Pump.*

$$H = H_s + H_p + H_v + \text{total Headloss} \quad (8)$$

Dimana:

H_s	=	<i>Head static</i>
H_p	=	<i>Head pressure</i>
H_v	=	<i>Head velocity</i>

Berdasarkan ketentuan dari BKI, *head static* memiliki nilai sebesar 6 meter dan *head pressure* $H_v = \frac{(P_1 - P_2)}{\rho g}$ memiliki nilai sebesar 0,0498 meter sedangkan *head velocity* memiliki nilai sebesar 0 meter karena kecepatan pada penyedotan dengan pelepasan mempunyai nilai yang sama.

7) *Head Losses.*a) *Head losses in suction line.*

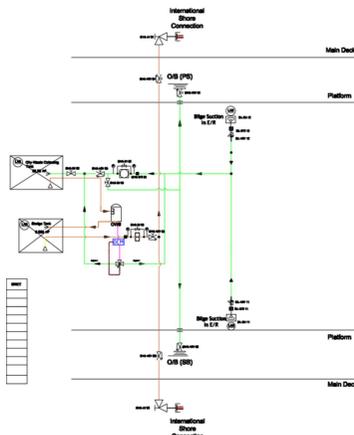
$$\text{Kerugian gesekan} = \frac{\lambda \times L \times v^2}{D \times 2g} \quad (10)$$

Dimana:

λ	=	0,0176
L	=	Panjang <i>suction side</i>
v	=	kecepatan alir
D	=	Diameter pipa

Diketahui nilai (λ) sama dengan 0,0103 dengan panjang dari *suction side* sebesar 8 m sedangkan kecepatan alir dan diameter pipa dengan nilai masing-masing sebesar 1,5 m/s dan 12,7 mm.

Dengan nilai-nilai tersebut dapat diperoleh nilai kerugian gesek sebesar 0,7451 m.



Gambar 4.6. P&ID OWS System Perancangan.

Gambar 4.6. merupakan rancangan P&ID dari *Oily Water Separator System* kapal 100 TEUs yang dirancang. Pada Gambar 4.6, dapat kita lihat beberapa item yang menyebabkan *losses* pada *oily water separator system*, beberapa diantaranya adalah *filter*, *T-join*, *globe valve*, *three-way valve*, dll.

Daftar item pada *suction line oily water separator system* dapat dilihat pada Tabel 4.17.

Tabel 4.17. *Accessories Losses at Suction Line Sistem OWS.*

No.	Peralatan	n	k	n x k
1	Elbow 90°	2	0.3	0.6
2	Ball valve	0	0.05	0
3	T joint	0	0.2	0
4	Bellmounted pipe end	1	0.05	0.05
5	SDNRV	1	2	2
6	Bulkhead Fitting Watertight	0	0.02	0
7	Filter or strainer	1	2.5	2.5
8	Flexible Coupling	0	0.46	0
			Σ	5.15

Pada Tabel 4.17. terdapat 8 (delapan) item yang menyebabkan *losses* pada *suction line oily water separator system*. Tabel 4.17. juga memuat jumlah item dan koefisien untuk masing-masing item yang berada pada kolom dua tabel.

Tabel 4.17. diperlukan untuk mengetahui *accessories losses*. Untuk mengetahui nilai dari *accessories losses* digunakan persamaan:

$$\frac{(\sum n.k) v^2}{2g} \quad (11)$$

Dimana:

k	= Koefisien Item
n	= Jumlah Item
v	= kecepatan alir

Nilai dari $(\sum n.k)$ adalah 5,15 dapat dilihat pada Tabel 4.17. sedangkan nilai kecepatan alir Sistem OWS. sebesar 1,5 m/s dan nilai (g) sebesar 9,8 m²/s. maka didapat nilai *accessories losses* sebesar 0,5912 m.

Dengan menggunakan persamaan (10) telah didapat nilai dari kerugian gesek pada sistem OWS dan dengan persamaan (11) telah didapat nilai dari *accessories losses*. Untuk mengetahui total *losses* yang terjadi pada *suction line* sistem OWS adalah dengan menjumlahkan nilai dari kerugian gesek dengan *accessories losses*. Maka total *losses* pada *suction line* sistem OWS adalah 1,3363 m.

b) *Head Losses in Discharge Line.*

$$\text{Kerugian gesekan} = \frac{\lambda \times L \times v^2}{D \times 2g} \quad (10)$$

Dimana:

λ	= 0,103
L	= Panjang <i>suction side</i>
v	= kecepatan alir
D	= Diameter pipa

Diketahui nilai (λ) sama dengan 0,103 dengan panjang dari *discharge side* sebesar 14 m sedangkan kecepatan alir dan diameter pipa dengan nilai masing-masing sebesar 1,5 m/s dan 12,7 mm.

Dengan nilai-nilai tersebut dapat diperoleh nilai kerugian gesek sebesar 1,3039 m.

Daftar item pada *discharge line* sistem OWS dapat dilihat pada Tabel 4.18.

Tabel 4.18. *Accessories Losses at Discharge Line*

No.	Peralatan	n	k	n x k
1	Elbow 90°	2	0.3	0.6
2	Ball valve	2	0.05	0.1
3	T joint	1	0.2	0.2
4	Bellmounted pipe end	0	0.05	0
5	SDNRV	2	2	4
6	Bulkhead Fitting Watertight	0	0.02	0
7	Filter or strainer	0	2.5	0
8	Flexible Coupling	0	0.46	0
			Σ	4.9

Pada Tabel 4.18. terdapat 8 (delapan) item yang menyebabkan *losses* pada *discharge line* sistem OWS. Tabel 4.18. juga memuat jumlah item dan koefisien untuk masing-masing item yang berada pada kolom dua tabel.

Tabel 4.18. diperlukan untuk mengetahui *accessories losses*. Untuk mengetahui nilai dari *accessories losses* digunakan persamaan:

$$\frac{(\Sigma n.k) v^2}{2g} \quad (11)$$

Dimana:

- k = Koefisien Item
- n = Jumlah Item
- v = kecepatan alir

Nilai dari $(\Sigma n.k)$ adalah 4,9 dapat dilihat pada Tabel 4.18. sedangkan nilai kecepatan alir sistem OWS sebesar 1,5 m/s dan nilai (g) sebesar 9,8 m²/s. maka didapat nilai *accessories losses* sebesar 0,5625 m.

Dengan menggunakan persamaan (10) telah didapat nilai dari kerugian gesek pada sistem OWS dan dengan persamaan (11) telah didapat nilai dari *accessories losses*. Untuk mengetahui total *losses* yang terjadi pada *discharge line* sistem OWS adalah dengan menjumlahkan nilai dari kerugian gesek dengan *accessories losses*. Maka total *losses* pada *discharge line* sistem OWS adalah 1,8664 m.

Setelah menghitung *losses* pada perancangan sistem OWS, *Head total* dapat diketahui dengan menjumlahkan *head* yang diketahui seperti pada persamaan (8). Maka *head* pada sistem OWS adalah 9,2524 m.

8) Kesimpulan Perhitungan Sistem OWS.

Kapasitas pompa OWS	: 0,55m ³ /h
<i>Head pump</i>	: 9,2524 m
Spesifikasi pipa utama	
Diameter dalam	: 12,7 mm
Ketebalan	: 2,3 mm
Diameter luar	: 17,3 mm
Material	: <i>Carbon Steel Galvanised</i>

8) Pembuatan ***Bill of Quantities (BoQ) Shipboard System.***

a. Inventarisasi dan *Database* Peralatan *Shipboard System.*

Pada langkah ini dilakukan inventarisasi peralatan pada *shipboard system* yang telah dirancang. Pengelompokan dilakukan mengacu pada P&ID *shipboard system* yang telah dirancang.

Pencatatan inventaris peralatan dilakukan pada masing-masing sistem pada P&ID *shipboard system*. Misalnya pada sistem bahan bakar diperlukan peralatan untuk mendukung sistem tersebut.

1) Inventarisasi dan *Database* pada Sistem Bahan Bakar.

Sesuai dengan pembuatan P&ID sistem bahan bakar yang telah dirancang, inventarisasi dilakukan berdasarkan peralatan yang digunakan pada pembuatan P&ID sistem bahan bakar yang telah dirancang. Tabel 4.19. merupakan peralatan yang digunakan pada pembuatan P&ID sistem bahan bakar.

Tabel 4.19. Database Sistem Bahan Bakar.

Peralatan	Jumlah
Quick Closing Valve	12
Spring loaded Valve	12
Butterfly Valve	12
Ball Valve	5
Strainer	6
Automatic Filter	1
Heat Exchanger Cooler	2
Heat Exchanger Heater	2
Non Return Valve	4
Service Gear Pump	2
Transfer Gear pump	2
Filling pipe	2

Dari hasil inventarisasi peralatan pada P&ID sistem bahan bakar, diketahui ada 12 (dua belas) peralatan yang dibutuhkan untuk mengalirkan bahan bakar pada mesin utama. Perencanaan ini dilakukan dengan memprediksi dimensi ruang mesin sesuai dengan dimensi kapal yang telah ditetapkan diawal analisa.

Pada Tabel 4.19. merupakan peralatan yang digunakan pada 2 (dua) sirkulasi sistem bahan bakar. Sirkulasi pertama merupakan transfer bahan bakar menggunakan pompa dengan kapasitas $0,317 \text{ m}^3/\text{s}$ dengan panjang skenario sebesar 51,4144 m. Sirkulasi berikutnya digunakan untuk mengatur kebutuhan pasokan bahan bakar dengan kapasitas pompa $0,936 \text{ m}^3/\text{s}$ dan panjang sirkulasi sebesar 9,0632 m.

2) Inventarisasi dan Database pada Sistem Pelumas.

Sesuai dengan pembuatan P&ID sistem pelumas yang telah dirancang, inventarisasi dilakukan berdasarkan peralatan yang digunakan pada pembuatan P&ID sistem pelumas yang telah dirancang. Tabel 4.20. merupakan peralatan yang digunakan pada pembuatan P&ID sistem pelumas.

Tabel 4.20. Database Sistem Pelumas.

Peralatan	Jumlah
Butterfly Valve	8
Bellmounthed	3
Non Retrurn Valve	6
Strainer	5
Gear Pump	6
SafetuyPump	6
3 Way Pump	2
Pufifier	1
Heat Exchanger	2

Dari hasil inventarisasi peralatan pada P&ID sistem pelumas, diketahui ada 9 (sembilan) peralatan yang dibutuhkan untuk mengalirkan minyak lumas pada mesin utama. Perencanaan ini dilakukan dengan memprediksi dimensi ruang mesin sesuai dengan dimensi kapal yang telah ditetapkan diawal analisa.

Pada Tabel 4.20. merupakan peralatan yang digunakan pada sirkulasi sistem pelumasan mesin kapal yang dirancang. Peralatan yang digunakan diperlukan untuk membantu sirkulasi pada pelumasan mesin utama. Kapasitas pompa sebesar 34 m³/s dan panjang sirkulasi 1,0919 m didapat dengan menggunakan peralatan pada Tabel 4.20.

3) Inventarisasi dan Database pada Sistem Balas.

Sesuai dengan pembuatan P&ID sistem balas yang telah dirancang, inventarisasi dilakukan berdasarkan peralatan yang digunakan pada pembuatan P&ID sistem balas yang telah dirancang. Tabel 4.21. merupakan peralatan yang digunakan pada pembuatan P&ID sistem balas.

Tabel 4.21. Database Sistem Balas.

Peralatan	Jumlah
Butterfly Valve	13
Bellmounthed	12
Gate Valve Remotely	13
Bulkhead Fitting Watertight	12
Non Reurun Valve	4
Strainer	4
Balas Pump	2
Flexible Coupling	12
Gate Valve Remotely	4
Safety Valve	2

Dari hasil inventarisasi peralatan pada P&ID sistem balas, diketahui ada 10 (sepuluh) peralatan yang dibutuhkan untuk mengalirkan air balas. Perencanaan ini dilakukan dengan memprediksi dimensi ruang mesin sesuai dengan dimensi kapal yang telah ditetapkan diawal analisa.

Pada Tabel 4.21. merupakan peralatan yang digunakan pada sirkulasi sistem balas kapal yang dirancang. Peralatan yang digunakan diperlukan untuk membantu sirkulasi pada transfer air balas untuk mengisi kompartemen pada kapal. Kapasitas pompa sebesar 87,47 m³/s dan panjang sirkulasi 45,9821 m didapat dengan menggunakan peralatan pada Tabel 4.21.

4) Inventarisasi dan Database pada Sistem Bilga.

Sesuai dengan pembuatan P&ID sistem bilga yang telah dirancang, inventarisasi dilakukan berdasarkan peralatan yang digunakan pada pembuatan P&ID sistem bilga yang telah dirancang. Tabel 4.22. merupakan peralatan yang digunakan pada pembuatan P&ID sistem bilga.

Tabel 4.22. Database Sistem Bilga.

Peralatan	Jumlah
Bellmounthed	13
Flexible Coupling	4
Butterfly Valve	11
Non Reurun Valve Remotely	13
Bulkhead Fitting Watertight	5
Safety Valve	2
Non Reurun Valve	4
Bilge Pump	1
Strainer	15
Pressure Indicator	4
Level Alarm High	13
Centrifugal Pump	2

Dari hasil inventarisasi peralatan pada P&ID sistem bilga, diketahui ada 12 (dua belas) peralatan yang dibutuhkan untuk menjalankan sirkulasi bilga pada kapal yang dirancang. Perencanaan ini dilakukan dengan memprediksi dimensi ruang mesin sesuai dengan dimensi kapal yang telah ditetapkan diawal analisa.

Pada Tabel 4.22. merupakan peralatan yang digunakan pada sirkulasi sistem bilga kapal yang dirancang. Peralatan yang digunakan diperlukan untuk membantu sirkulasi sistem bilga. Tabel 4.22. merupakan peralatan yang digunakan untuk mendapatkan kapasitas pompa sebesar 49,164 m³/s dan panjang sirkulasi 7,549 m pada sirkulasi sistem bilga pada kapal yang dirancang.

5) Inventarisasi dan *Database* pada Sistem OWS.

Sesuai dengan pembuatan P&ID sistem *oily water separator* yang telah dirancang, inventarisasi dilakukan berdasarkan peralatan yang digunakan pada pembuatan P&ID sistem *oily water separator* yang telah dirancang. Tabel 4.19. merupakan peralatan yang digunakan pada pembuatan P&ID sistem *oily water separator*.

Tabel 4.23. Database Sistem OWS.

Peralatan	Jumlah
Bellmounthed	2
Globe Valve	2
Non Reurun Valve Remotely	6
Angle Valve	2
Oily Bilge Pump	1
Strainer	1
Oil Control Monitor	4
Oily Water Separator	1
Non Reurun Valve	1
Three Way Valve Remotely	2
Bulkhead Fitting Watertight	1

Dari hasil inventarisasi peralatan pada P&ID sistem *oily water separator*, diketahui ada 11 (sebelas) peralatan yang dibutuhkan untuk sirkulasi *oily water separator* pada kapal yang dirancang. Perencanaan ini dilakukan dengan memprediksi dimensi ruang mesin sesuai dengan dimensi kapal yang telah ditetapkan diawal analisa.

Pada Tabel 4.23. merupakan peralatan yang digunakan pada sirkulasi sistem *oily water separator* kapal yang dirancang. Peralatan yang digunakan diperlukan untuk membantu sirkulasi sistem *oily water separator*. Tabel 4.23. merupakan peralatan yang digunakan untuk mendapatkan kapasitas pompa sebesar 0,55 m³/s dan panjang sirkulasi 9,2524 m pada sirkulasi sistem balas pada kapal yang dirancang.

b. *Bills of Quantities* Perancangan Kapal Kontainer 100 TEUs.

Estimasi biaya dalam suatu proyek konstruksi biasanya disajikan dalam bentuk *Bill of Quantities*. *Bill of Quantities* ini berisikan tiga hal pokok yaitu deskripsi pekerjaan, kuantitas (volume) + unit dan harga satuan pekerjaan. Data yang dikumpulkan dimaksudkan untuk memperoleh perhitungan harga satuan pekerjaan yang dibatasi berupa data berbagai jenis dan harga bahan serta data upah pekerjaan. Harga satuan pekerjaan itu sendiri dalam penelitian ini dibatasi hanya ditentukan dari harga bahan, upah pekerjaan dan faktor-faktor yang mempengaruhinya.

Pada penelitian ini harga satuan diabaikan dalam perancangan *bills of quantities* kapal kontainer 1000 TEUs. Pada awal perumusan masalah pada penelitian ini adalah menganalisa standardisasi *shipboard system* pada kapal kontainer 100 TEUs, sehingga faktor harga atau ekonomis tidak disinggung dalam penelitian ini.

Standardisasi daftar kuantitas *Bills of Quantities* pengerjaan pembangunan 1 unit *shipboard system* pada kapal kontainer 100 TEUs dapat dilihat pada Lampiran (G).

B. Pembahasan.

1. Standardisasi *Shipboard System* Kapal Kontainer 100 TEUs.

Menurut Ma'ruf (2014), untuk meningkatkan daya saing galangan kapal Nasional di pasar global diperlukan pengembangan teknologi produksi, standardisasi tipe dan ukuran kapal, serta masing-masing galangan kapal fokus pada produksi jenis kapal tertentu. Dengan standardisasi dalam pembangunan kapal akan mengoptimalkan pembangunan kapal niaga seri (*sister ship*) yang akan dibangun secara parallel atau massal khususnya kapal kontainer 100 TEUs.

Analisa standardisasi *shipboard system* pada kapal kontainer 100 TEUs dilakukan dengan membandingkan hasil pengumpulan data *Bills of Quantities* berdasarkan spesifikasi item yang didapat. Langkah ini dilakukan untuk pembentukan standardisasi. Rancangan standardisasi harus dirancang sesuai dengan peraturan Badan Klasifikasi Indonesia dan persyaratan keselamatan dari Direktorat Jendral Perhubungan Laut dan Peraturan Pemerintah lainnya.

Susunan standardisasi didasari oleh spesifikasi teknis dari kapal kontainer 100 TEUs. Hal ini diperlukan untuk analisa data yang akan dilakukan pada proses berikutnya sehingga didapatkan analisa yang sesuai dengan tujuan dari penelitian ini. Penyusunan standardisasi dari setiap item yang ada pada model BoQ.

Pembagian tipe kapal menyajikan variasi sample untuk kapal kontainer 100 TEUs yang akan dilakukan standardisasi. Temuan ini berdasarkan BoQ dari masing-masing kapal yang dibangun pada galangan yang berbeda. Pada kolom 5 pada Gambar 4.1, ada beberapa spesifikasi menunjukkan variasi harga yang berbeda untuk setiap item yang dipilih tiap galangan.

Tujuan dari pembagian tipe kapal ini juga menjadi tolok ukur dalam menilai kebutuhan dalam melakukan standardisasi. Perbedaan mencolok dalam spesifikasi setiap item pendukung mesin utama merupakan indikasi tiap galangan mempunyai pertimbangan yang berbeda.

Standardisasi pada penelitian ini dilakukan dengan membandingkan BoQ *shipboard system* yang telah dirancang dengan BoQ *shipboard system* kapal galangan yang didapat pada pengumpulan data. Pada penelitian ini terdapat 3 (tiga) data kapal galangan dari 3 perusahaan yang berbeda yang selanjutnya akan diidentifikasi dengan Kapal 1, Kapal 2, dan Kapal 3.

Bills of Quantities kapal galangan dapat dilihat pada Lampiran (H), Lampiran (I) dan lampiran (J).

Pada perbandingan ke-tiga Data Kuantitas kapal galangan dengan Data Kuantitas kapal kontainer 100 TEUs perancangan terdapat beberapa perbedaan pada jumlah pompa dan pembagian pekerjaan. Satu-satunya data yang sama pada perbandingan adalah pemilihan pekerjaan pada mesin utama. Sistem perpipaan pada Data Kuantitas pekerjaan kapal rancangan dipilih menjadi standar karna memiliki spesifikasi lengkap dengan daftar *valve* yang dipakai.

Pemilihan pompa pada dua dari tiga kapal galangan yaitu Kapal I dan Kapal III memiliki pompa tangan sebagai pompa darurat sedangkan Kapal II galangan pompa darurat dicantumkan sebagai tambahan pada pompa masing-masing *shipboard system* sama dengan kapal perancangan. Sehingga pada Lampiran (K) merupakan standardisasi BoQ dari kapal kontainer 100 TEUs dengan menambahkan pompa tangan dikarenakan beberapa pompa harus memiliki pompa cadangan untuk mendukung masing-masing sistem. Pada *shipboard system* dilengkapi dengan pompa cadangan berupa pompa tangan dengan kapasitas yang memadai (minimal tipe YL-5).

2. Perbandingan Spesifikasi Kapal Kontainer 100 TEUs.

Standardisasi *Bills of Quantities* pada kapal kontainer 100 TEUs analisa dilakukan dengan mendesain ulang perhitungan masing-masing sistem yang telah dikelompokkan pada format *Bills of Quantities*.

Spesifikasi perhitungan diambil dari kesimpulan masing-masing sistem yang dirancang. Sistem ini dibandingkan dengan spesifikasi yang terdapat pada masing-masing kapal galangan. Sistem yang dapat dianalisa diantaranya; sistem bahan bakar, sistem minyak lumas, sistem balas, sistem bilga, dan sistem *oily water separator*. Analisa data perhitungan dan spesifikasi kapal galangan dapat dilihat pada Tabel 4.24 dan Tabel 4.25.

Tabel 4.24. Spesifikasi Shipboard System Perhitungan.

Sistem	Analisa Perhitungan	
Sistem Transfer Bahan Bakar	Head	51.41 m
	Kapasitas	0,317 m ³ /h
Sistem Pasokan Bahan Bakar	Head	9,063 m
	Kapasitas	0,936 m ³ /h
Sistem Minyak Lumas	Head	1.09 m
	Kapasitas	0,17 m ³ /h
Sistem Balas	Head	45,9 m
	Kapasitas	87,47 m ³ /h
Sistem Bilga	Head	7.55 m
	Kapasitas	49,16 m ³ /h
Sistem OWS	Head	9,25 m
	Kapasitas	0,55 m ³ /h

Pada Tabel 4.24. diketahui head dan kapasitas masing-masing *shipboard system* mulai dari sistem bahan bakar sampai dengan sistem *oily water separator*. Head terbesar diketahui pada sistem transfer bahan bakar sebesar 51,41 m dan kapasitas terbesar diketahui pada sistem balas sebesar 87.47 m³/s.

Pada perbandingan Data Kuantitas spesifikasi kapal galangan dapat dilihat pada Tabel 4.25. Terdapat 3 (tiga) spesifikasi kapal galangan dengan head dan kapasitas yang diketahui dari data kuantitas kapal masing-masing galangan.

Tabel 4.25. Spesifikasi Shipboard System Kapal Galangan.

Sistem	Spesifikasi Kapal 1		Spesifikasi Kapal 2		Spesifikasi Kapal 3	
Sistem Transfer Bahan Bakar	Head	30 m	Head	40 m	Head	30 m
	Kapasitas	2 m ³ /h	Kapasitas	2 m ³ /h	Kapasitas	2 m ³ /h
Sistem Pasokan Bahan Bakar	Head	30 m	Head	40 m	Head	30 m
	Kapasitas	2 m ³ /h	Kapasitas	2 m ³ /h	Kapasitas	2 m ³ /h
Sistem Minyak Lumas	Head	30 m	Head	34 m	Head	30 m
	Kapasitas	1,5 m ³ /h	Kapasitas	2 m ³ /h	Kapasitas	1,5 m ³ /h
Sistem Balas	Head	100 m	Head	90 m	Head	100 m
	Kapasitas	210 m ³ /h	Kapasitas	180 m ³ /h	Kapasitas	210 m ³ /h
Sistem Bilga	Head	90 m	Head	82 m	Head	90 m
	Kapasitas	190 m ³ /h	Kapasitas	80 m ³ /h	Kapasitas	190 m ³ /h
Sistem OWS	15 ppm		15 ppm		15 ppm	

Pada Tabel 4.25 diketahui data spesifikasi kapal galangan I dan data spesifikasi galangan III memiliki spesifikasi yang sama sedangkan pada data spesifikasi kapal galangan II memiliki perbedaan nilai pada setiap sistem yang dibandingkan. Pada sistem *oily water separator* hanya diketahui 15 ppm sensor tidak diketahui pompa yang digunakan pada sistem ini.

a. Perbandingan Kapasitas Pompa.

Analisa kapasitas pompa pada kapal kontainer 100 TEUs dilakukan dengan cara membandingkan analisa perhitungan kapasitas pompa terhadap spesifikasi kapasitas kapal galangan. Perbandingan kapasitas pompa dapat dilihat pada Tabel 4.26.

Tabel 4.26. Perbandingan Kapasitas Pompa.

Kapasitas Pompa	Analisa Perhitungan	x	Spesifikasi Kapal 1	Spesifikasi Kapal 2	Spesifikasi Kapal 3
Sistem Transfer Bahan Bakar	0,317 m ³ /h	x	2 m ³ /h	2 m ³ /h	2 m ³ /h
Sistem Pasokan Bahan Bakar	0,936 m ³ /h	x	2 m ³ /h	2 m ³ /h	2 m ³ /h
Sistem Minyak Lumas	0,17 m ³ /h	x	1,5 m ³ /h	2 m ³ /h	1,5 m ³ /h
Sistem Balas	87,47 m ³ /h	x	210 m ³ /h	180 m ³ /h	210 m ³ /h
Sistem Bilga	49,16 m ³ /h	x	190 m ³ /h	80 m ³ /h	190 m ³ /h
Sistem OWS	0,55 m ³ /h	x	-	-	-

Pada Tabel 4.26. merupakan perbandingan kapasitas pompa perhitungan dengan kapasitas pompa kapal galangan. Perbedaan mencolok kapasitas pompa pada analisa perhitungan (kolom 2) dengan kapasitas pompa pada spesifikasi kapal galangan salah satunya disebabkan karena perencanaan pada tangki dan estimasi waktu perencanaan, sistem transfer bahan bakar, sehingga mengakibatkan perbedaan yang mencolok pada nilai kapasitas analisa perencanaan dengan spesifikasi kapasitas pompa.

Nilai pompa pasokan bahan bakar diperoleh lewat rumus yang ditentukan oleh *project guide* mesin utama yang dipilih. Perbedaan nilai kapasitas pompa analisa perhitungan dan spesifikasi kapal galangan karena spesifikasi kapal galangan tidak mencantumkan *merk* mesin utama, hanya *engine horse power*, sehingga terjadi perbedaan signifikan kapasitas pompa pada analisa perhitungan dan spesifikasi kapal galangan.

Perencanaan kapasitas pompa minyak lumas ditentukan berdasarkan *project guide* mesin utama yang dipilih pada analisa perhitungan. Perbedaan nilai kapasitas pompa analisa perhitungan dan spesifikasi kapal galangan karena spesifikasi kapal galangan tidak mencantumkan *merk* mesin utama, hanya *engine horse power*, sehingga terjadi perbedaan signifikan kapasitas pompa pada analisa perhitungan dan spesifikasi kapal galangan.

Perbedaan juga terjadi pada kapasitas pompa balas, perencanaan volume balas didapat berdasarkan perhitungan *displacement* kapal sesuai dengan dimensi kapal yang dirancang. Estimasi 12.90% dari berat *displacement* merupakan volume balas yang dibutuhkan kapal. Dengan estimasi waktu pengurusan balas 4 (empat) jam maka kapasitas pompa pada analisa perhitungan dan spesifikasi kapasitas pompa kapal galangan mengalami perbedaan.

Kapasitas pompa bilga kapal yang dirancang ditentukan dengan menggunakan peraturan dari Badan Klasifikasi Indonesia pada *section* 11, N 3.1 “Ketika hanya dua pompa lambung kapal dipasang, masing-masing harus mampu memberikan kecepatan air melalui main lambung kapal yang diperlukan, tidak kurang dari 2 m (6,6 kaki) per detik, Sehingga kapasitas minimum pompa bilga dapat ditentukan dengan persamaan (20)”. Nilai persamaan (20) dipengaruhi pada diameter utama pipa bilga yang didapat dengan persamaan (19), sedangkan persamaan (19) membutuhkan dimensi kapal seperti tinggi, lebar, dan panjang untuk mendapatkan nilai diameter utama pipa bilga. Perbedaan kapasitas pompa bilga analisa perhitungan dengan spesifikasi kapal galangan disebabkan perbedaan cara penentuan diameter utama pipa bilga, sehingga perbedaan nilai kapasitas pompa bisa terjadi.

Pada analisa perhitungan kapasitas pompa *oily water separator* didapat dengan menentukan volume *sludge tank* dan menentukan estimasi waktu pemompaan *oily water* pada *sludge tank*. Volume *sludge tank* diperoleh dengan persamaan (22) yang diatur dalam Badan Klasifikasi Indonesia Volume III pada *section* 11, O, 3.4.2. Persamaan (22) dipengaruhi dengan *endurance* kapal pada pelaksanaannya berbeda-beda untuk setiap kapal maupun pada kapal seri (*sister ship*) sekalipun.

Kapasitas pompa OWS yang memadai pada spesifikasi kapal galangan ditentukan atas persetujuan pemilik kapal. Spesifikasi OWS yang ditentukan oleh galangan adalah 15 ppm *bilge alarm* berdasarkan IMO Rules MEPC.107(49).

Pada analisa perhitungan kapasitas pompa terdapat beberapa variabel yang dapat mengubah nilai kapasitas pompa seperti:

- 1) Pemilihan mesin.
- 2) Volume tangki.
- 3) Dimensi kapal.
- 4) *Ship's Classification*.

Perbandingan kapasitas pompa *shipboard system* kapal rancangan dengan spesifikasi kapasitas pompa kapal galangan dapat menjadi *range* nilai minimum dan maksimum pada pemilihan kapasitas pompa pada standardisasi *shipboard system* kapal 100 TEUs. *Range* nilai minimum dan maksimum pada standardisasi kapasitas pompa pada *shipboard system* kapal kontainer 100 TEUs dapat dilihat pada Tabel 4.27.

Tabel 4.27. Standardisasi Kapasitas Pompa.

Kapasitas Pompa	Minimum	x	Maksimum
Sistem Transfer Bahan Bakar	0,317 m ³ /h	x	2 m ³ /h
Sistem Pasokan Bahan Bakar	0,936 m ³ /h	x	2 m ³ /h
Sistem Minyak Lumas	0,17 m ³ /h	x	1,5 m ³ /h
Sistem Balas	87,47 m ³ /h	x	210 m ³ /h
Sistem Bilga	49,16 m ³ /h	x	190 m ³ /h
Sistem OWS	0,55 m ³ /h	x	-

Tabel 4.27. menjelaskan nilai minimum sampai dengan maksimum kapasitas pompa pada standardisasi *shipboard system* kapal kontainer 100 TEUs. Penentuan nilai berdasar pada perubahan nilai kapasitas pompa terhadap beberapa variabel yang nilainya bisa berubah-ubah sesuai dengan kebutuhan kapal.

b. Perbandingan *Head*.

Analisa *head* pada kapal kontainer 100 TEUs dilakukan dengan cara membandingkan analisa perhitungan *head* terhadap spesifikasi kapasitas kapal galangan. Perbandingan *head* dapat dilihat pada Tabel 4.28.

Tabel 4.28. Perbandingan Head Pompa.

<i>Head</i>	Analisa Perhitungan	x	Spesifikasi Kapal 1	Spesifikasi Kapal 2	Spesifikasi Kapal 3
Sistem Transfer Bahan Bakar	51.41 m	x	30 m	40 m	30 m
Sistem Pasokan Bahan Bakar	9,063 m	x	30 m	40 m	30 m
Sistem Minyak Lumas	1.09 m	x	30 m	34 m	30 m
Sistem Balas	45,9 m	x	100 m	90 m	100 m
Sistem Bilga	7.55 m	x	90 m	82 m	90 m
Sistem OWS	9,25 m	x	-	-	-

Pada Tabel 4.28. merupakan perbandingan *head* perhitungan dengan *head* kapal galangan. Perbedaan mencolok *head* pada analisa perhitungan (kolom 2) dengan *head* pada spesifikasi kapal galangan salah satunya disebabkan karena perencanaan pada tangki dan estimasi waktu perencanaan sehingga mengakibatkan perbedaan yang mencolok pada nilai kapasitas analisa perencanaan dengan spesifikasi *head*.

Penentuan *head* pada analisa perhitungan dipengaruhi oleh nilai kapasitas pompa sehingga variabel yang mempengaruhi panjang *head* menjadi variatif. Pada penentuan kapasitas pompa berpengaruh pada spesifikasi diameter pipa yang digunakan pada suatu sistem. Dengan banyaknya variabel yang mempengaruhi penentuan *head* pada suatu sistem maka standarisasi *head* pada *shipboard system* kapal kontainer 100 TEUs bergantung pada standarisasi kapasitas pompa.

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB V.

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari hasil studi analisa standardisasi *shipboard system* dalam rangka mendukung program *sister ship* pada kapal kontainer 100 TEUs yang telah dilakukan dapat memberikan kesimpulan sebagai berikut.

1. Pada prinsipnya, standardisasi merupakan implementasi dan pengembangan dari tahapan langkah kerja yang diidentikkan, dimana pembangunan *sister ship* sebuah kapal yang dibangun dengan rencana pembangunan yang sama dengan kapal induk dari *sister ship* tersebut. Melakukan standarisasi dapat mempercepat perancangan dan pembangunan pada kapal dengan tipe yang sama. Pengerjaan kapal akan lebih efisien jika standar *shipboard system* pada kapal yang akan dirancang sudah distandardisasi. Hal ini, dikarenakan item-item yang ada pada *shipboard system* sudah distandardkan menjadi sebuah rincian pemilihan pekerjaan yang disusun dalam *Bill of Quantities* kapal yang akan dirancang. Dengan penerapan standardisasi yang lebih *advance* akan meningkatkan produktifitas galangan kapal dan mempengaruhi daya saing galangan kapal nasional.
2. Secara umum dari hasil analisa data item pada spesifikasi item dan sistem-sistem yang ada pada kapal kontainer 100 TEUs dengan cara membandingkan analisa perhitungan dengan spesifikasi standar kapal dapat dikatakan standardisasi pada komponen-komponen *shipboard system* yang mendukung cara kerja mesin utama sudah siap untuk memenuhi kebutuhan kapal kontainer 100 TEUs di Indonesia.
3. Berdasarkan hasil analisa data dengan membandingkan analisa perhitungan dengan spesifikasi standar, standardisasi pada kapal 100 TEUs perlu beberapa pengembangan yang signifikan dalam menggunakan komponen-komponen dalam negeri, sehingga Tingkat Komponen Dalam Negeri (TKDN) pada pembangunan kapal dapat ditingkatkan. Untuk tahap pembangunan kapal kontainer 100 TEUs selanjutnya dapat menggunakan komponen-komponen dalam negeri.

B. Saran

Dari hasil studi ini dapat memberikan saran kepada pihak galangan, pihak yang berkepentingan, maupun studi selanjutnya. Saran yang dapat diberikan yaitu:

1. Pihak galangan dapat melakukan tinjauan kembali terkait penggunaan komponen-komponen dalam negeri yang di rekomendasikan, khususnya dalam pembangunan kapal kontainer 100 TEUs secara massal.
2. Perlu dilakukan penyerderhanaan dan tinjauan lanjutan pada proses analisa standardisasi yang telah dilakukan agar proses standardisasi bisa lebih ringkas dan dapat dijadikan acuan bagi peneliti selanjutnya.

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Aerospace Industries Association of America, "National Aerospace Standard 1524 - Standardization Savings, Identification and Calculation", The Economics of Standardization, Toth, Robert ed.
- Ari, M.S (2014), "*Analisa Produktifitas Galangan BUMN dan Swasta menggunakan Pendekatan Pengukuran Produktifitas Multifaktor*", Tesis Program Magister Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya
- ARPA, National Shipbuilding Initiative Proposal
- Bosworth, CDR M.; Navy Standardization Policy Background and Issues; presentation 1].1/25/92
- Bosworth, M.; Hough, J.; "Improvements in Ship Affordability"; SNAME annual meeting transactions; Sept 1993
- Byrnes, Richard; Marcus, Henry; "A Systematic Approach to Producibility and Lessons Learned for Naval Shipbuilding"; Journal of Ship Production, November 1990
- Castine Report (1976), "*Shipbuilding Standards*", Naval Surface Warfare Center, Castine, Maine
- Corbett, John; Standardization of Hull, Mechanical and Electrical Equipment Inventory; MS thesis; Naval Postgraduate School 1987
- Dickenson, T.E.; Contractual Aspects for Standardization of HM&E Equipment in Naval Ship Acquisitions; MIT Thesis; May 1993
- Harrington, Roy L. (1971), "*Marine Engineering*", The Society of Naval Architects & Marine Engineering, Jersey City
- Kementrian Perindustrian RI, (2015), "*Pengembangan Industri Komponen Perkapalan dalam Rangka Mendukung Industri Galangan Kapal Nasional*", Dipersentasikan; FGD KADIN IKM Expo 3 Desember 2015, Jakarta.
- Ma'ruf, B, Okomoto Y., Widjaja, S. (2006), "*Environment-Based Strategic Management Model for Indonesia's Medium-Sized Shipyard*", Journal of Ship Production, SNAME-USA
- Ma'ruf, B., (2014), "*Aplikasi Manajemen dan Teknologi untuk Mendorong Daya Saing Industri Kapal dan Industri Pelayaran Nasional*", Seminar Nasional Manajemen Teknologi XXI, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya

Setyawan, Antonius R. (1994), *“The Challenge of Standardization for Shipyard in Developing Countries”*, Massachusetts Institute of Technology, USA

Tedesco, Matthew P., (1994), *“An Approach to Standardization of Naval Equipment and Component”*, Massachusetts Institute of Technology, USA

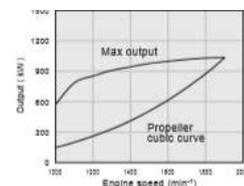
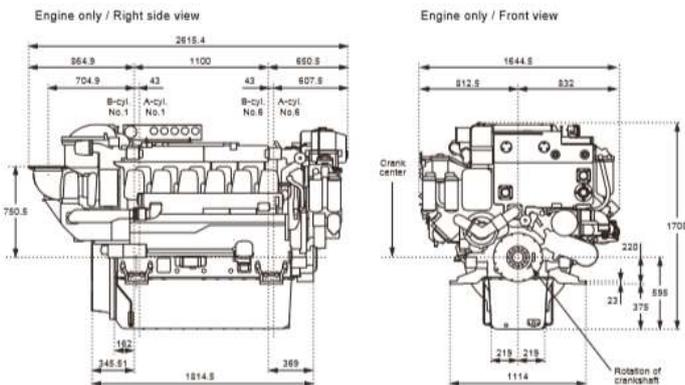
White, Jerome R., LCDR (2007), *“Hull, Mechanical, and Electrical Equipment Standardization in The U.S. Navy Surface Force: A Case of Competing Objectives And Stakeholder Trade-Off Decisions”*, U.S. Army Command and General Staff College, Kansas

LAMPIRAN A SPESIFIKASI MESIN

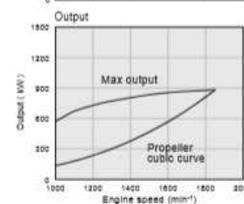
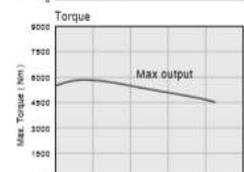
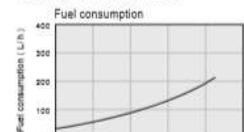
■ Engine Specifications

Model	12AYM-WST	
Type	V-type, vertical, water-cooled, 4-cycle diesel engine	
No. of cylinders, Bore X stroke	mm 12, 155 X 180	
Displacement	lit. 40.76	
Rated output	kW(hp) / rpm	H: 1030 (1400) / 1900 H: 882 (1200) / 1850
Emission	IMO Tier II	
Fuel consumption	gr/kW · hr	H: 211 ^{4h} (without marine gear) H: 205 ^{4h} (without marine gear)
Direction of rotation	Counterclockwise, when viewed from the flywheel side (crankshaft)	
Combustion system	Direct injection	
Cooling system	Constant high temperature cooling system	
Cooling fresh water capacity	lit.	211 (jacket)
Lubricating system	Wet sump system, forced lubrication by gear pump	
Lubricating oil capacity	lit.	Max.: 170 Min.: 110 (sump tank) (in engine piping line: 25)
Lubricating oil grade	SAE40 or SAE15W-40	
Starting system	Electric starting motor (DC24V-0.5kW) x 2 or air motor x 2	
Flywheel housing size	inch	SAE #00, 21
Dry weight	kg	4870 (without Fresh water cooler)

■ Dimensions (Unit: mm)



H rating 882kW [1200mhp]



Rating definitions: $\rho=0.7385\text{t/m}^3$ Ratings are based on conditions of 100kPa, 30% relative humidity at 25°C.
 H = For applications where use of rated cover is less than 24 hours continuous out of every 30 hours and operation is less than 4000 hours per year.
 When combined with a correctly matched propeller which allows the engine rated rpm to be achieved in a fully loaded vessel state, the reduced-power operation can be at or below 50 rpm of the rated speed.
 Fuel rates: Specific gravity 0.835g/cc, low calorific value 42700kJ/kg (10200kcal/kg), Cetane No. 45.

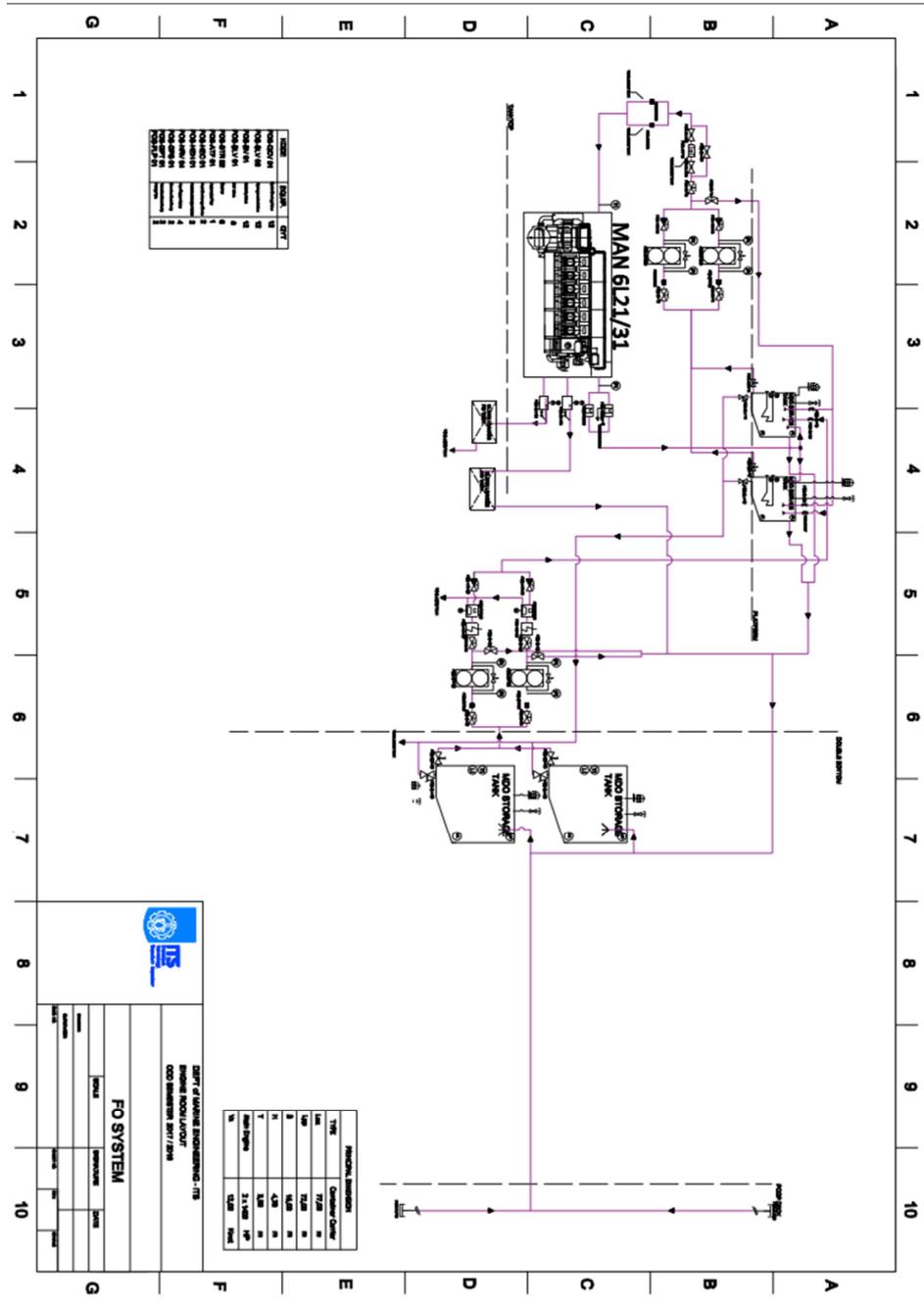
YANMAR CO., LTD.

Note: All data subject to change without notice.

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

LAMPIRAN B

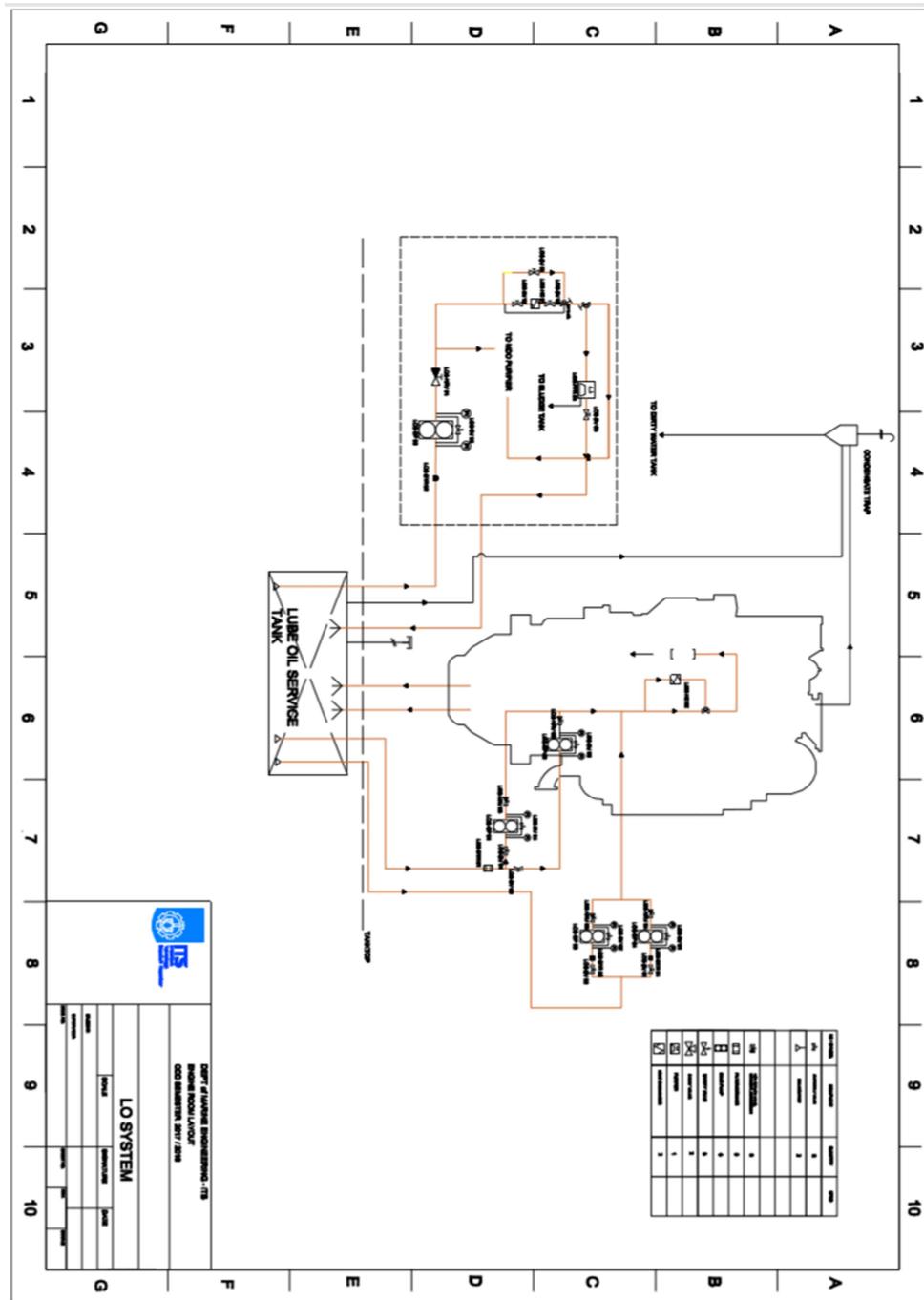
P&ID PERANCANGAN SISTEM BAHAN BAKAR



“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

LAMPIRAN C

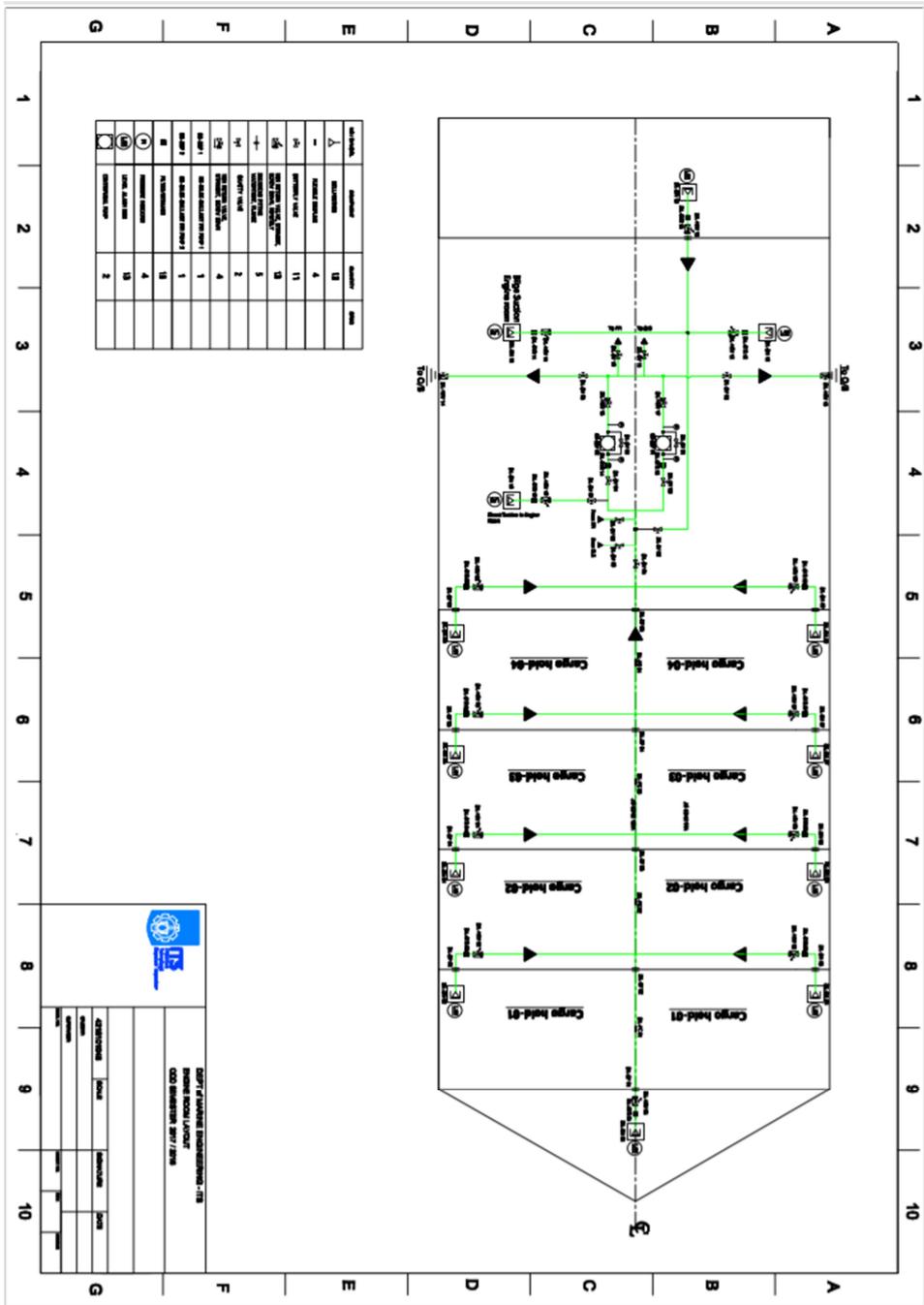
P&ID PERANCANGAN SISTEM MINYAK LUMAS



“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

LAMPIRAN E P&ID PERANCANGAN SISTEM BILGA



“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

LAMPIRAN G
RANCANGAN BILLS OF QUANTITIES
DAFTAR KUANTITAS
PEKERJAAN PEMBANGUNAN 1 (SATU) UNIT KAPAL KONTAINER
100 TEUS

No	Jenis Pekerjaan / Bahan	VOL	SAT
A	B	C	D
1	<u>INSTALASI MESIN</u>		
2	Mesin Induk 2 x 1400 HP	2	Set
3	<u>Pompa</u>		
4	Pompa Ballast	2	Unit
5	Pompa Bilga	2	Unit
6	Pompa Bahan Bakar	1	Unit
7	Pompa Minyak lumas	2	Unit
8	Pompa OWS	1	Unit
9	<u>Sistem Perpipaan</u>		
10	<u>Sistem Ballast</u>		
11	Butterfly Valve	13	Unit
12	Bellmounthed	12	Unit
13	Gate Valve Remotely	13	Unit
14	Bulkhead Fitting Watertight	12	Unit
15	Non Retrurn Valve	4	Unit
16	Strainer	4	Unit
17	Flexible Coupling	12	Unit
18	Gate Valve Remotely	4	Unit
19	Safety Valve	2	Unit
21	<u>Sistem Bilga</u>		
22	Bellmounthed	13	Unit

23	Flexible Coupling	4	Unit
24	Butterfly Valve	11	Unit
25	Non Retrurn Valve Remotely	13	Unit
26	Bulkhead Fitting Watertight	5	Unit
27	Safety Valve	2	Unit
28	Non Retrurn Valve	4	Unit
30	Strainer	15	Unit
31	Pressure Indicator	4	Unit
32	Level Alarm High	13	Unit
33	Centrifugal Pump	2	
34	<u>Sistem Bahan Bakar</u>		
35	Quick Closing Vlave	12	Unit
36	Spring loaded Valve	12	Unit
37	Butterfly Valve	12	Unit
38	Ball Valve	5	Unit
39	Strainer	6	Unit
40	Automatic Filter	1	Unit
41	Heat Exchanger Cooler	2	Unit
42	Heat Exchanger Heater	2	Unit
43	Non Retrurn Valve	4	Unit
44	Filling pipe	2	Unit
45	<u>Sistem Minyak Lumas</u>		
46	Butterfly Valve	8	Unit
47	Bellmounthed	3	Unit
48	Non Retrurn Valve	6	Unit
49	Strainer	5	Unit
50	Gear Pump	6	Unit
51	SafetuyPump	6	Unit
52	3 Way Pump	2	Unit
53	Pufifier	1	Unit
54	Heat Exchanger	2	Unit
55	<u>Sistem OWS</u>		
56	Bellmounthed	2	Unit

57	Globe Valve	2	Unit
58	Non Return Valve Remotely	6	Unit
59	Angle Valve	2	Unit
60	Oily Bilge Pump	1	Unit
61	Strainer	1	Unit
62	Oil Control Monitor	4	Unit
63	Oily Water Separator	1	Unit
64	Non Return Valve	1	Unit
65	Three Way Valve Remotely	2	Unit
66	Bulkhead Fitting Watertight	1	Unit

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

LAMPIRAN H
BILLS OF QUANTITIES KAPAL I
DAFTAR KUANTITAS KAPAL I
PEKERJAAN PEMBANGUNAN 1 (SATU) UNIT KAPAL
KONTAINER 100 TEUS

No	Jenis Pekerjaan / Bahan	VOL	SAT
A	B	C	D
1	INSTALASI MESIN		
2	Mesin induk 2 x 1400 HP dengan perlengkapannya	2	Set
3	Pompa		
	Pompa bahan bakar minyak	1	Unit
	Pompa minyak lumas	1	Unit
	Pompa bilga/ballast	4	Unit
	Pompa air kotor	1	Unit
	Pompa OWS	1	Unit
	Pompa Minyak Kotor	1	Unit
	Pompa tangan	3	Unit
7	Sistem Perpipaan Umum		
	Sistem pipa GS	1	Lot
	Sistem pipa bilga / ballas	1	Lot
	Sistem pipa bahan bakar	1	Lot
	Sistem pipa transfer bahan bakar	1	Lot
	Sistem pipa gas buang mesin I nduk dan bantu	1	Lot
	Sistem pipa oil water separator	1	Lot
	Sistem pipa pelumas	1	Lot
	Sistem pipa air kotor (black and grey)	1	Lot
	Sistem pipa pembuangan minyak kotor	1	Lot
	OWS dan perlengkapannya	1	Unit

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

LAMPIRAN I
BILLS OF QUANTITIES KAPAL II
DAFTAR KUANTITAS KAPAL
II
PEKERJAAN PEMBANGUNAN 1 (SATU) UNIT KAPAL
KONTAINER 100 TEUS

No	Jenis Pekerjaan / Bahan	VOL	SAT
A	B	C	D
1	INSTALASI MESIN		
2	Mesin induk 2 x 1400 HP dengan perlengkapannya	2	Set
3	Pompa		
	Pompa bahan bakar minyak	2	Unit
	Pompa minyak lumas	2	Unit
	Pompa bilga/ballast	3	Unit
	Pompa OWS	1	Unit
	Pompa Minyak Kotor	1	Unit
4	Sistem Perpipaan Umum		
	Sistem pipa GS	1	Lot
	Sistem pipa bilga / ballas	1	Lot
	Sistem pipa bahan bakar	1	Lot
	Sistem pipa transfer bahan bakar	1	Lot
	Sistem pipa oil water separator	1	Lot
	Sistem pipa pelumas	1	Lot
	Sistem pipa air kotor (black and grey)	1	Lot
	OWS dan perlengkapannya	1	Unit

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

LAMPIRAN J
BILLS OF QUANTITIES KAPAL III
DAFTAR KUANTITAS KAPAL
III
PEKERJAAN PEMBANGUNAN 1 (SATU) UNIT KAPAL
KONTAINER 100 TEUS

No	Jenis Pekerjaan / Bahan	VOL	SAT
A	B	C	D
1	INSTALASI MESIN		
2	Mesin induk 2 x 1400 HP dengan perlengkapannya	2	Set
3	Pompa		
	Pompa bahan bakar minyak	1	Unit
	Pompa minyak lumas	1	Unit
	Pompa ballast	1	
	Pompa bilga	1	Unit
	Pompa air kotor	1	Unit
	Pompa OWS	1	Unit
	Pompa Minyak Kotor	1	Unit
	Pompa tangan	5	Unit
4	Sistem Perpipaan Umum		
	Sistem pipa bilga / ballas	1	Lot
	Sistem pipa bahan bakar	1	Lot
	Sistem pipa oil water separator	1	Lot
	Sistem pipa pelumas	1	Lot
	Sistem pipa pembuangan minyak kotor	1	Lot
	OWS dan perlengkapannya	1	Unit

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

LAMPIRAN K
STANDARDISASI BILLS OF QUANTITIES
DAFTAR KUANTITAS
PEKERJAAN PEMBANGUNAN 1 (SATU) UNIT KAPAL KONTAINER
100 TEUS

No	Jenis Pekerjaan / Bahan	VOL	SAT
A	B	C	D
1	<u>INSTALASI MESIN</u>		
	Mesin Induk 2 x 1400 HP	2	Set
2	<u>Pompa</u>		
	Pompa Ballast	2	Unit
	Pompa Bilga	2	Unit
	Pompa Bahan Bakar	4	Unit
	Pompa Minyak lumas	2	Unit
	Pompa OWS	2	Unit
	Pompa tangan	5	Unit
3	<u>Sistem Perpipaan</u>		
	<u>Sistem Ballast</u>		
	Butterfly Valve	13	Unit
	Bellmounthed	12	Unit
	Gate Valve Remotely	13	Unit
	Bulkhead Fitting Watertight	12	Unit
	Non Retrurn Valve	4	Unit
	Strainer	4	Unit
	Flexible Coupling	12	Unit
	Gate Valve Remotely	4	Unit
	Safety Valve	2	Unit
4	<u>Sistem Bilga</u>		
	Bellmounthed	13	Unit
	Flexible Coupling	4	Unit

	Butterfly Valve	11	Unit
	Non Retrun Valve Remotely	13	Unit
	Bulkhead Fitting Watertight	5	Unit
	Safety Valve	2	Unit
	Non Retrun Valve	4	Unit
	Strainer	15	Unit
	Pressure Indicator	4	Unit
	Level Alarm High	13	Unit
5	<u>Sistem Bahan Bakar</u>		
	Quick Closing Vlave	12	Unit
	Spring loaded Valve	12	Unit
	Butterfly Valve	12	Unit
	Ball Valve	5	Unit
	Strainer	6	Unit
	Automatic Filter	1	Unit
	Heat Exchanger Cooler	2	Unit
	Heat Exchanger Heater	2	Unit
	Non Retrun Valve	4	Unit
	Filling pipe	2	Unit
6	<u>Sistem Minyak Lumas</u>		
	Butterfly Valve	8	Unit
	Bellmounthed	3	Unit
	Non Retrun Valve	6	Unit
	Strainer	5	Unit
	Gear Pump	6	Unit
	SafetuyPump	6	Unit
	3 Way Pump	2	Unit
	Pufifier	1	Unit
	Heat Exchanger	2	Unit
7	<u>Sistem OWS</u>		
	Bellmounthed	2	Unit
	Globe Valve	2	Unit
	Non Retrun Valve Remotely	6	Unit
	Angle Valve	2	Unit

	Oily Bilge Pump	1	Unit
	Strainer	1	Unit
	Oil Control Monitor	4	Unit
	Oily Water Separator	1	Unit
	Non Return Valve	1	Unit
	Three Way Valve Remotely	2	Unit
	Bulkhead Fitting Watertight	1	Unit

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

PROFIL PENULIS



Dani Fakhri Andrikha, lahir di Kota Bukittinggi, Sumatera Barat pada tanggal 19 Mei 1994. Penulis merupakan anak kedua dari tiga bersaudara. Penulis menempuh pendidikan sekolah dasar di SDN 39 Koto Baru Kab. Solok, MTsN Koto Baru Kab. Solok, dan pendidikan SMA di SMAN 1 Gunung Talang. Setelah lulus dari bangku SMA, penulis diterima dan melanjutkan pendidikan perguruan tinggi di Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Selama menempuh pendidikan di Departemen Teknik Sistem Perkapalan ITS, penulis turut aktif di beberapa kegiatan organisasi kampus. Di tahun 2015/2016 penulis menjadi salah satu staf METIC (*Marine Teknologi and Innovation Club*) Himasiskal ITS. ditahun yang sama penulis juga menjadi Ketua Bidang PSDM Lembaga Minat Bakat ITS. Ditahun 2016/2017 penulis diberi amanah untuk menjadi Ketua GMNI-ITS (Gerakan Mahasiswa Nasional Indonesia). Bersama GMNI ITS, penulis berhasil melakukan beberapa advokasi masyarakat diantaranya, Advokasi Paguyuban Pedagang Kaki Lima Trotoar di UNAIR bersama kawan-kawan FISIP UNAIR, Harapan 1 Lomba Orasi Kebangsaan Hut Partai Golkar Ke-52 di DPD Partai Golkar Surabaya, dan sampai sekarang penulis aktif di beberapa komunitas di Surabaya.

E-mail : daniandrikha@gmail.com

Kontak : +6282388212034

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

