

TUGAS AKHIR

RANCANG BANGUN PROTOTYPE SISTEM BILGA KAPAL LNG SBS. BALMOND



Disusun Oleh :

SALSABILA SAPUTRI

1103230013

**PROGRAM STUDI D-III TEKNIK PERKAPALAN
JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN
POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS
AGUSTUS 2026**

RANCANG BANGUN PROTOTYPE SISTEM BILGA KAPAL LNG SBS. BALMOND

*Sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan
Program Studi Diploma III Jurusan Teknik Perkapalan*



Disusun Oleh :

SALSABILA SAPUTRI

1103230013

**PROGRAM STUDI D-III TEKNIK PERKAPALAN
JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN
POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS
AGUSTUS 2026**

HALAMAN PENGESAHAN
“RANCANG BANGUN PROTOTYPE SISTEM BILGA
KAPAL LNG SBS. BALMOND”

Sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan
Program Studi Diploma III Jurusan Teknik perkapalan

Oleh:

SALSABILA SAPUTRI
NIM. 1103230013

Disetujui oleh tim penguji tugas akhir:

Tanggal ujian: 06 Agustus 2026
Priode Wisuda: 2026


1. Muhammad Helmi, S.T., M.T
(NIP. 198208152014041001)

(Pembimbing I)


2. Afriantoni, S.T., M.T
(NIP. 197504092014041001)

(Pembimbing II)


1. Firdi, S.T., M.T
(NIP. 197811052014041002)

(Penguji 1)


2. Jupri, M. T
(NIP. 198707012022511080)

(Penguji 2)


3. Nur Audina, S.Pi., M.Si
(NIP. 199408062022032013)

(Penguji 3)

Bengkalis, 6 Agustus 2026
Ketua Program Studi D-III Teknik Perkapalan


Jupri, M.T
(NIP. 198707012025211080)

NIP.198707012025211080

HALAMAN PENGESAHAN

Kami dengan sebenarnya menyatakan bahwa, kami telah membaca keseluruhan dari tugas akhir ini, dan kami berpendapat bahwa tugas akhir ini layak dan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar Ahli Madya.

Tanda Tangan : 
1. Nama Penguji 1 : Pardi, S.T., M.T
Tanggal Pengujian : 6 Agustus 2026

Tanda Tangan : 
Nama Penguji 2 : Jupri, M.T
Tanggal Pengujian : 6 Agustus 2026

Tanda Tangan : 
Nama Penguji 3 : Nur Audina, S.Pi., M.Si
Tanggal Pengujian : 6 Agustus 2026

PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tugas akhir ini adalah asli hasil karya saya dan tidak terdapat karya yang pernah dilakukan untuk memperoleh gelar Ahli Madya di perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau dipublikasikan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis disebutkan sumbernya dalam naskah dan dalam daftar pustaka

Bengkalis, 06 Agustus 2026



Salsabila Saputri

Nim.1103230013

RANCANG BANGUN PROTOTYPE SISTEM BILGA KAPAL LNG SBS. BALMOND

Nama : SALSABILA SAPUTRI

Nim : 1103230013

Dosen Pembimbing 1 : Afriantoni, S.T.,M.T

Dosen Pembimbing 2 : Muhammad helmi , S.T.,M.T

ABSTRAK

Sistem bilga merupakan salah satu sistem penting pada kapal LNG yang berfungsi untuk mengumpulkan, mengalirkan, menampung, dan membuang air bilga yang berasal dari kebocoran, kondensasi, maupun sisa operasional di ruang mesin. Pemahaman mahasiswa mengenai desain, tata letak komponen, dan prinsip kerja sistem bilga masih terbatas karena proses pembelajaran lebih banyak dilakukan secara teoritis. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk memperoleh desain sistem bilga kapal LNG SBS BALMOND berdasarkan Rules Class Biro Klasifikasi Indonesia (BKI), menghitung kebutuhan komponen sistem bilga, serta membangun prototype sistem bilga sepanjang 2 meter sebagai media pembelajaran. Metode penelitian yang digunakan meliputi studi literatur, pengumpulan data kapal, perancangan sistem menggunakan AutoCAD, perhitungan komponen sistem bilga berdasarkan *Rules Class* BKI, pembuatan prototype, dan pengujian prototype. Hasil penelitian menunjukkan bahwa desain sistem bilga telah memenuhi ketentuan Rules Class BKI dengan komponen utama berupa *bilge well*, *main bilge pipe*, *branch pipe*, *bilge pump*, *bilge holding tank*, *sludge tank*, *Oil Water Separator (OWS)*, *sea chest*, *emergency bilge connection*, serta *valve*. Prototype yang dibuat mampu memperagakan alur kerja sistem bilga mulai dari pengumpulan air bilga hingga proses pembuangan melalui OWS. Berdasarkan hasil pengujian, prototype berfungsi dengan baik sesuai rancangan sehingga dapat digunakan sebagai media pembelajaran untuk membantu mahasiswa memahami desain, fungsi komponen, dan prinsip kerja sistem bilga pada kapal LNG.

Kata Kunci: sistem bilga, kapal LNG, prototype, Rules Class BKI, media.

DESIGN OF A TOURIST BOAT ON THE SUBAYANG RIVER, GEMA VILLAGE, KAMPAR KIRI

Author : SALSABILA SAPUTRI

Student ID Number : 1103230013

Supervisor 1 : Afriantoni, S.T.,M.T.

Supervisor 2 : Muhammad helmi , S.T.,M.T

ABSTRACT

The bilge system is one of the essential systems on an LNG vessel that functions to collect, transfer, store, and discharge bilge water generated from leakage, condensation, and machinery operation residues in the engine room. Students' understanding of the design, component arrangement, and working principles of the bilge system is still limited because the learning process is primarily conducted theoretically. Therefore, this study aims to obtain the bilge system design of the LNG SBS BALMOND vessel based on the Rules Class of the Indonesian Classification Bureau (BKI), determine the required bilge system components through engineering calculations, and develop a 2-meter bilge system prototype as a learning medium. The research method consisted of literature review, ship data collection, system design using AutoCAD, bilge system component calculations based on BKI Rules Class, prototype fabrication, and prototype testing. The results indicate that the designed bilge system complies with the BKI Rules Class requirements and consists of the main components, namely the bilge well, main bilge pipe, branch pipe, bilge pump, bilge holding tank, sludge tank, Oil Water Separator (OWS), sea chest, emergency bilge connection, and valves. The developed prototype successfully demonstrates the bilge system operation, starting from bilge water collection to the discharge process through the Oil Water Separator (OWS). Based on the testing results, the prototype operated properly according to the design and can be used as a learning medium to help students understand the design, functions of each component, and the working principles of the bilge system on an LNG vessel.

Keywords *Bilge system, LNG vessel, prototype, BKI Rules Class, learning media.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Kuasa atas berkat, kasih, dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik. Pada penyusunan Laporan ini banyak pihak yang telah memberikan bantuan materi maupun spiritual. Untuk itu saya ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua Abang saya Bapak Niko Aldi Gulo dan Bapak Wilawaredian Gulo terima kasih atas doa dan dukungan serta kasih sayang nya kepada penulis.
2. Bapak Muhammad Ikhsan, S.T.,M.T selaku Ketua Jurusan Teknik Perkapalan, Politeknik Negeri Bengkalis.
3. Bapak Siswandi.B , ST.,MT selaku Sekretaris Jurusan Teknik Perkapalan, Politeknik Negeri Bengkalis.
4. Bapak Jupri, M.T selaku Ketua Jurusan Program Studi D-III Teknik Perkapalan, Politeknik Negeri Bengkalis .
5. Bapak Pardi, S.T.,M.T selaku wali dosen yang selalu memberikan arahan dan binaan selama perkuliahan.
6. Bapak Muhammad Helmi, S.T.,M.T, selaku dosen pembimbing pertama saya dalam penyelesaian Laporan tugas akhir.
7. Bapak Afriantoni, S.T.,M.T, selaku dosen pembimbing kedua saya dalam penyelesaian Laporan tugas akhir.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi penyempurnaan karya ilmiah ini di masa mendatang. Semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya.

Bengkalis, 6 Agustus 2026

Penulis

Salsabila saputri

Nim : 103230013

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Batasan Masalah.....	6
1.4 Tujuan.....	7
1.5 Manfaat	7
1.6 Sistematika Penulisan.....	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1 Landasan Teori	9
2.1.1 Kapal LNG (Liquefied Natural Gas Carrier)	9
2.1.2 Single Hull LNG.....	10

2.1.3	Double Hull LNG	11
2.1.4	Sistem Bilga Pada Kapal LNG.....	11
2.1.5	Perbedaan Sistem Bilga Kapal LNG Dengan Kapal Tanker.....	11
2.2	Penggunaan Miniatur Dalam Pendidikan.....	12
2.2.1	Visualisasi Konsep	13
2.2.2	Simulasi Dan Perancangan	14
2.3	Membuat Perhitungan Desain	14
2.3.1	Penentuan Jumlah Pompa Bilga.....	14
2.3.2	Debit Pompa Bilga.....	14
2.3.3	Kapasitas Pompa Bilga :	14
2.3.4	Rumus Head Loss Major.....	20
2.3.5	Head Loss Minor	21
2.3.6	Rumus daya pompa.....	22
2.3.7	Komponen Membuat Sistem Bilga	22
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		26
3.1	<i>Flow Chat</i>	26
3.2	Tahapan Penelitian	27
3.2.1	Identifikasi Masalah	27
3.2.2	Study literature	27
3.2.3	Pengumpulan Data	27
3.2.4	Membuat Desain Sistem Bilga	27
3.2.5	Membuat Perhitungan Sistem Bilga.....	27
3.2.6	Penentuan Rules Class	27
3.2.7	Proses Pembuatan Prototype	28
3.2.8	Pembuatan Laporan.....	28

3.3	Teknik Pengumpulan Data.....	29
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....		30
4.1	Perancangan Desain Sistem Bilga.....	30
4.1.1	Dasar Perancangan Sistem Bilga	30
4.1.2	Penempatan Komponen Sistem Bilga	31
4.1.3	Desain Bilge Pyping System	33
4.2	Perhitungan Sistem Bilga	35
4.2.1	Perhitungan pipa utama	36
4.2.2	Perhitungan Pipa Cabang	37
4.2.3	Perhitungan Tebal Pipa Utama.....	38
4.2.4	Perhitungan Volume Bilge Well	42
4.2.5	Perhitungan Kapasitas Sludge Tank	45
4.2.6	Perhitungan Oil water separator.....	46
4.2.7	Perhitungan Head Loss (Hf).....	47
4.2.8	Perhitungan Head Loss (Hf).....	48
4.3	Proses pembuatan Prototype	55
4.3.1	Tahapan Pembuatan <i>Prototype</i>	55
4.4	Hasil Pengujian Prototype	58
4.4.1	Pembahasan Hasil Perancangan	59
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		62
5.1	Kesimpulan	62
5.1	Saran.....	62
DAFTAR PUSTAKA.....		64
LAMPIRAN.....		66

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 koefisien head loss major pada komponen perpipaan.....	20
Tabel 4. 1 Data Utama Kapal.....	35
Tabel 4. 2 JIS SCH 40	39
Tabel 4. 3 Pressure Rating.....	39
Tabel 4. 4 corrosion allowance (C)	40
Tabel 4. 5 Dimensi Bilge Well	42
Tabel 4. 6 Kecepatan Aliran	44
Tabel 4. 7 Spesifikasi Oil Water Separator yang Dipilih.....	47
Tabel 4. 8 Physical Properties Of Water (SI Units).....	48
Tabel 4. 9 menentukan jumlah fitting.....	52

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Contoh Sistem Bilgadi kapal	1
Gambar 1. 2 Double Bottom	4
Gambar 2. 1 Kapal LNG.....	10
Gambar 2. 2 Blge well	23
Gambar 2. 3 Pipa Bilga	23
Gambar 2. 4 Pompa Blga	23
Gambar 2. 5 Strainer.....	24
Gambar 2. 6 Oil Water Separator	25
Gambar 2. 7 Tangki Bilga	25
Gambar 3. 1 Flow Chat	26
Gambar 4. 1 Desain Sistem Bilga pada Kapal LNG	31
Gambar 4. 2 Desain Sistem Bilga Bagian Engine Room	33
Gambar 4. 3 Bilge Pyping System.....	33
Gambar 4. 4 Persiapan Material	56
Gambar 4. 5 Pembuatan Body Prototype	56
Gambar 4. 6 Pembuatan Tangki dan Sumur Bilga	57
Gambar 4. 7 Perangkaian Jalur Pipa dan Selang	57
Gambar 4. 8 Pengujian OWS(Oil Water Separator)	58
Gambar 4. 9 Hasil Pengujian	59

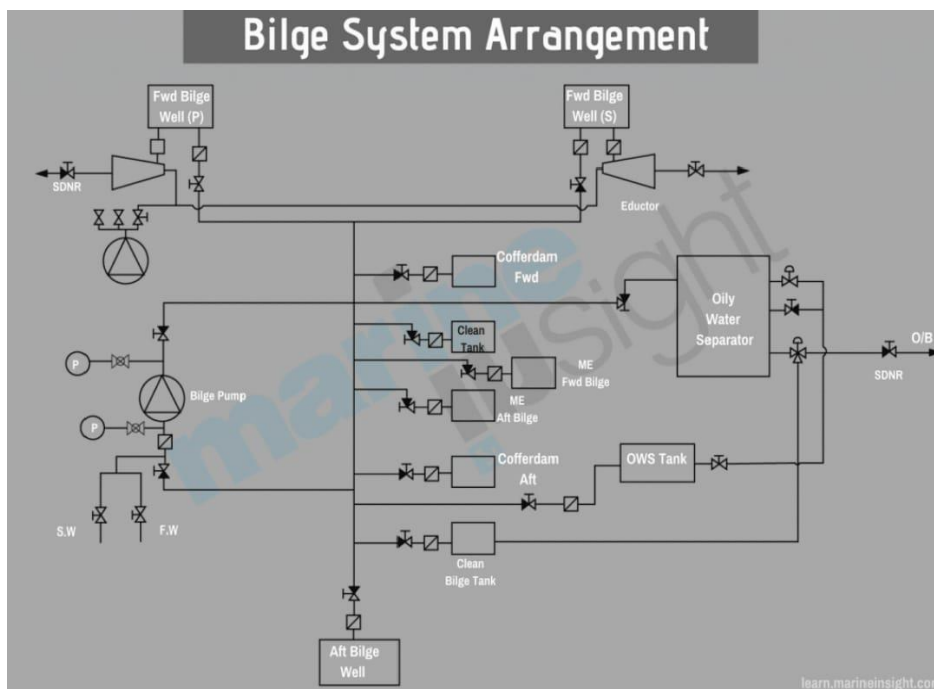
DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Persiapan bahan	66
Lampiran 2 Pembuatan body prototype	66
Lampiran 4 Pembuatan Tangki dan sumur.....	67
Lampiran 5 pemasangan pipa.....	67
Lampiran 6 prototype Oil Water Separator (OWS)	68
Lampiran 7 menguji proses perpindahan	68

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang



Gambar 1. 1 Contoh Sistem Bilgadi kapal

Sumber : Marine Insight 2018

Kapal merupakan sarana transportasi laut yang dalam pengoperasiannya bergantung pada berbagai sistem pendukung, salah satunya adalah sistem bilga. Sistem ini berperan penting dalam menjaga keselamatan operasional kapal dengan mengumpulkan dan membuang air yang tidak diinginkan dari bagian bawah kapal. Gambar tersebut menunjukkan susunan sistem bilga pada kapal secara umum.

Pada beberapa bagian kapal terdapat *bilge well*, misalnya di bagian depan (*forward*) dan belakang (*aft*). *Bilge well* merupakan tempat penampungan sementara air bilga yang berasal dari kebocoran kecil, sisa air, maupun kondensasi yang terdapat di

ruang mesin dan ruang lainnya sebelum dialirkan ke sistem bilga untuk diproses lebih lanjut.

Setelah dipompa, air bilga dapat dialirkan ke beberapa jalur sesuai dengan kondisinya. Apabila air bilga masih bercampur minyak atau kotoran, maka alirannya diarahkan menuju Oily Water Separator (OWS) untuk memisahkan kandungan minyak dari air. Air yang telah dipisahkan dan memenuhi standar dapat dibuang ke laut melalui jalur overboard, sedangkan minyak yang terpisah akan ditampung terlebih dahulu pada tangki penampungan minyak.

Selain itu, pada sistem bilga juga terdapat clean bilge tank yang berfungsi sebagai tangki penampungan sementara bagi air bilga yang relatif lebih bersih sebelum diproses atau dibuang. Pada gambar juga terlihat adanya jalur dari cofferdam yang terhubung dengan sistem bilga. Hal ini karena ruang cofferdam juga berpotensi kemasukan air sehingga perlu dilengkapi dengan sistem pengeringan melalui sistem bilga.

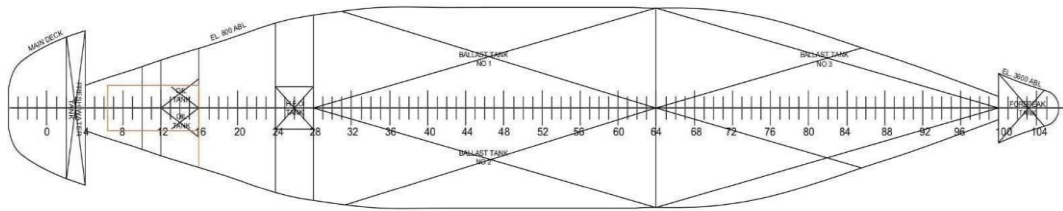
Apabila air bilga tidak segera ditangani, maka dapat menyebabkan terjadinya genangan air di dalam kapal yang berpotensi menimbulkan gangguan pada peralatan dan sistem di ruang mesin. Kondisi ini juga dapat menurunkan stabilitas kapal serta meningkatkan risiko kerusakan peralatan maupun kebakaran. Oleh karena itu, sistem bilga harus bekerja secara efektif dan andal agar keselamatan kapal dan kelancaran operasional dapat tetap terjaga.

Pada praktiknya, masih terdapat sistem bilga yang pengoperasiannya bersifat manual atau belum optimal dalam memantau kondisi air bilga. Pompa bilga sering kali masih dioperasikan secara manual oleh kru tanpa adanya sensor atau alarm otomatis yang memberikan peringatan ketika volume air bilga meningkat. Kondisi tersebut dapat menyebabkan keterlambatan dalam pengoperasian pompa sehingga volume air bilga dapat meningkat dan berpotensi membahayakan kapal, serta menyulitkan proses pembelajaran bagi taruna atau mahasiswa dalam memahami prinsip kerja sistem bilga secara menyeluruh.

Berdasarkan permasalahan tersebut, diperlukan suatu media pembelajaran berupa prototype sistem bilga kapal yang dapat menggambarkan prinsip kerja sistem bilga secara sederhana dan mudah dipahami. *Prototype* ini diharapkan dapat menjadi sarana untuk mempelajari alur kerja sistem bilga, fungsi masing-masing komponen, serta cara pengoperasian pompa bilga dalam kondisi normal. Saat ini pada kapal *LNG* terdapat beberapa komponen penting dalam sistem Bilga yang berfungsi untuk menampung, mengalirkan, dan membuang air Bilga dari ruang mesin. Dalam penelitian ini, sistem Bilga didesain dan dibuat dalam bentuk prototype untuk menggambarkan susunan konstruksi dan alur kerja *Bilge line* secara menyeluruh. Prototype dirancang berdasarkan penempatan komponen nyata, seperti pompa Bilga, *manifold*, pipa hisap, serta saluran pembuangan, yang seluruhnya mengikuti konfigurasi instalasi *Bilga* pada kapal *LNG*.

Setiap komponen *prototype* ditempatkan sesuai posisi dan jarak antar peralatan pada kapal sebenarnya sehingga hubungan antar bagian dan arah aliran dapat divisualisasikan dengan jelas. Pada bagian dasar *prototype* dibuat rangka sebagaiudukan komponen yang berfungsi untuk memperlihatkan struktur pendukung pada ruang mesin. Dengan demikian, *prototype* konstruksi keterkaitannya dengan komponen lain dalam sistem permesinan kapal *LNG*. Dalam pembuatan desain system bilga tidak terlepas dari mata kuliah *line plan*, *general arrangement*, dan setiap penempatan sistem bilga berbeda-beda.

Dengan demikian, prototype system bilga mampu menunjukkan keterkaitan antara pipa, pompa, *valve*, dan *bilge well*, serta hubungannya dengan komponen lain dalam sistem permesinan kapal *LNG*. Selain itu, prototype ini dirancang sebagai media pembelajaran dan visualisasi untuk memahami alur kerja sistem bilga sesuai dengan ketentuan Rules BKI.



Gambar 1. 2 Double Bottom

Pada Gambar 1.2 ditunjukkan konstruksi double bottom pada kapal yang berkaitan dengan sistem bilga. Sistem bilga dirancang untuk mengalirkan air atau fluida yang terkumpul di bagian paling bawah kapal. Dalam konstruksi kapal modern, jalur pipa bilga dan sumuran bilga (bilge well) biasanya diletakkan di atas tank top pada bagian double bottom sehingga air yang terkumpul dapat dengan mudah dialirkan menuju sistem bilga untuk dipompa keluar.

Perencanaan sistem bilga pada kapal harus mempertimbangkan beberapa aspek penting, seperti perhitungan diameter pipa, pemilihan pompa bilga yang sesuai, serta prinsip kerja sistem bilga itu sendiri. Selain itu, sistem bilga juga dapat dikelompokkan berdasarkan fungsi dan lokasi penggunaannya, misalnya sistem bilga di ruang mesin dan sistem bilga di luar ruang mesin. Pengelompokan ini bertujuan untuk memudahkan proses pengoperasian, perawatan, serta mencegah terjadinya kontaminasi antara air bilga dengan fluida lainnya di dalam kapal.

Dalam praktiknya, masih banyak mahasiswa yang belum memahami secara menyeluruh mengenai posisi dan bentuk desain sistem bilga pada kapal. Hal ini disebabkan karena pembelajaran yang diperoleh sebagian besar masih bersifat teoritis sehingga mahasiswa tidak dapat melihat secara langsung bentuk dan posisi komponen sistem bilga. Oleh karena itu, penulis mengusulkan pembuatan prototype sistem bilga kapal LNG sebagai bagian dari tugas akhir yang dapat digunakan sebagai contoh nyata bagi mahasiswa untuk memahami struktur dan cara kerja sistem bilga secara lebih jelas.

Pemilihan judul rancang bangun prototype sistem bilga kapal LNG didasarkan pada kebutuhan media pembelajaran yang lebih efektif bagi

mahasiswa. Selain itu, dari hasil penelusuran terhadap tugas akhir mahasiswa sebelumnya di Jurusan Teknik Perkapalan, belum ditemukan penelitian yang membuat prototype sistem bilga kapal LNG. Oleh karena itu, pembuatan prototype ini diharapkan dapat menjadi media edukasi dan pembelajaran bagi mahasiswa Jurusan Teknik Perkapalan dalam memahami sistem bilga secara lebih praktis dan aplikatif.

Adapun alasan penulis memilih judul rancang bangun prototype sistem Bilga kapal *LNG* karna melihat pembelajaran yang didapat dari mahasiswa kurangnya informasi dari pembuatan rancang bangun prototype pada bagian *Bilga*. Dengan

melihat tugas akhir dari mahasiswa Jurusan Teknik Perkapalan sebelumnya belum ada yang membuat prototype sistem *Bilga* kapal *LNG*. Maka dari itu penulis merencanakan pembuatan prototype system *Bilga* kapal *LNG* dengan tujuan untuk edukasi pembelajaran kepada mahasiswa/mahasiswi Jurusan Teknik Perkapalan dengan menggunakan prototype dan animasi agar nantinya mahasiswa/mahasiswi Jurusan Teknik Perkapalan lebih mudah memahaminya.

Dan dengan adanya prototype sistem *Bilga* dan animasi mahasiswa/mahasiswi Jurusan Teknik Perkapalan diharapkan lebih mudah memahami dalam pembelajaran dan pembuatan prototype khususnya pada bagian *Bilga*. Sistem *Bilga* ini mampu memberikan gambaran mengenai jalur operasional *Bilga*, prinsip kerjanya, serta Rumusan Masalah berdasarkan urain dari latar belakang di atas maka permasalahan yang akan diselesaikan adalah sebagai berikut:

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan urain dari latar belakang di atas maka permasalahan yang akan diselesaikan adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang desain sistem bilga kapal *LNG SBS,BALMOND* berdasarkan *rules class BKI*?
2. Bagaimana menghitung kebutuhan peralatan komponen sistem *Bilga* kapal *LNG SBS.BALMOND rules class BKI*?
3. Bagaimana membuat prototype *Bilga* kapal *LNG SBS BALMOND* dengan panjang 2 Meter?

1.3 Batasan Masalah

Masalah-masalah dalam pelaksanaan Laporan Tugas Akhir dibatasi:

1. Perencanaan dan *design* bilga dibuat berdasarkan dari tugas gambar kontruksi sesuai *rules class BKI*

2. Perhitungan kebutuhan peralatan komponen sistem *Bilga kapal LNG SBS.BALMOND*
3. Prototype sistem bilga dengan panjang 2 Meter

1.4 Tujuan

Adapun tujuan dari tugas akhir adalah sebagai berikut:

1. Mendapatkan desain sistem bilga pada kapal *LNG SBS BALMOND* dengan standar *rules class BKI*
2. Mendapatkan perhitungan kebutuhan peralatan komponen sistem bilga kapal menggunakan *autocad*.
3. Membuat prototype *Bilga kapal LNG SBS BALMOND dengan panjang 2 Meter* sebagai bahan ajar untuk mahasiswa/mahasiswi jurusan Teknik Perkapalan.

1.5 Manfaat

Beberapa manfaat dari penelitian ini antara lain yaitu:

1. Manfaat Akademik/Teoritis

Penelitian ini diharapkan dapat menambah referensi dan pengetahuan mengenai perancangan prototype sistem bilga pada kapal LNG, serta menjadi bahan acuan bagi mahasiswa dan peneliti dalam pengembangan penelitian sejenis.

2. Manfaat Praktis

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan dalam pembuatan prototype sistem bilga kapal LNG serta memberikan gambaran mengenai desain dan prinsip kerja sistem bilga sesuai ketentuan yang berlaku.

1.6 Sistematika Penulisan

Secara garis besar sistematika penulisan ini berisikan uraian singkat dari tiap-tiap bab tugas akhir. Berikut ini merupakan uraian singkat dari setiap bab tugas akhir diantaranya

1. Bab 1 (Pendahuluan)

Pada bab ini menjelaskan terkait latar belakang, batasan masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

2. Bab 2 (Tinjauan Pustaka)

Pada bab ini menjelaskan mengenai penelitian sebelumnya, pengertian pengertian kapal LNG

3. Bab 3 (Metode Penelitian)

Pada bab ini menjelaskan terkait alat dan bahan, tahap penelitian, model perancangan, diagram alir, dan teknik pengumpulan data.

4. Bab 4 (Hasil dan Pembahasan)

Pada bab ini menjelaskan terkait hasil yang telah didapat setelah dilakukan perhitungan

5. Bab 5 (Kesimpulan dan Saran)

Pada bab ini menjelaskan terkait kesimpulan dan saran setelah dilakukan pembuatan tugas akhir

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

2.1.1 Kapal LNG (Liquefied Natural Gas Carrier)

Kapal *LNG* merupakan jenis kapal yang dirancang khusus untuk mengangkut gas alam cair pada suhu sangat rendah (sekitar -162°C). Umumnya kapal *LNG* memiliki tangki kargo tipe *Moss (spherical tank)*, *membrane*, atau kombinasi khusus sesuai standar keamanan internasional. Struktur lambung kapal *LNG* dirancang lebih kuat karena harus menahan beban muatan kriogenik, tekanan internal, serta gaya gelombang (Suparman, Y.2019)).

Kapal *LNG* membutuhkan sistem bilga karena selama operasinya selalu terdapat potensi masuknya air ke dalam ruang kapal, khususnya di ruang mesin dan ruang di sekitar tangki muatan. Air tersebut dapat berasal dari kebocoran kecil, kondensasi, air pembersihan, maupun rembesan dari sistem perpipaan dan peralatan kapal. Jika air ini tidak ditangani dengan baik, maka dapat mengganggu keselamatan dan kinerja kapal.

Pada kapal *LNG*, keberadaan sistem bilga menjadi sangat penting karena kapal ini membawa muatan gas alam cair yang bersuhu sangat rendah (*cryogenic*). Kondisi ini dapat menyebabkan terjadinya kondensasi di sekitar struktur kapal dan sistem pendukungnya, sehingga volume air bilga cenderung lebih besar dibandingkan kapal konvensional. Sistem bilga berfungsi untuk mengumpulkan dan mengalirkan air tersebut agar tidak menggenang.

Hubungan sistem bilga dengan kapal *LNG* adalah sistem bilga berfungsi untuk mengumpulkan dan mengeluarkan air yang masuk atau terbentuk di dalam kapal, terutama di ruang mesin. Pada kapal *LNG*, sistem bilga juga berkaitan dengan kondisi ruang dan konstruksi kapal, termasuk area double bottom dan ruang di sekitar sistem pendukung tangki *LNG*. Air yang terkumpul akan masuk ke bilge

well, kemudian dialirkan melalui pipa bilga menuju pompa untuk diproses dan dibuang sesuai ketentuan.

kenapa penting pada kapal LNG Karena genangan air dapat mengganggu peralatan dan keselamatan operasional kapal. Jadi sistem bilga diperlukan untuk menjaga ruang kapal tetap kering dan mencegah air bilga menumpuk.

sistem bilga bukan sistem untuk mengalirkan LNG, tetapi merupakan sistem pendukung kapal yang menangani air bilga yang berasal dari kebocoran, kondensasi, air pembersihan, dan sisa operasional.”

Untuk sistem bilga saya kapal LNG sendiri alurnya yaitu bilge well → branch pipe → manifold → bilge pump → bilge holding tank/OWS → overboard sesuai konfigurasi desain. Jika air bilga mengandung minyak, air diproses melalui OWS terlebih dahulu sebelum dibuang.



Gambar 2. 1 Kapal LNG

Sumber : (Finance Detik)

2.1.2 Single Hull LNG

Menurut Rawson dan Tupper (2001), *single hull* merupakan konstruksi kapal yang hanya memiliki satu lapis pelat lambung sebagai pembatas antara ruang dalam

kapal dan lingkungan luar. Namun, berdasarkan ketentuan IMO dan SOLAS, kapal LNG dirancang dengan konstruksi double hull guna meningkatkan keselamatan dan melindungi tangki muatan kriogenik.

2.1.3 Double Hull LNG

Double hull LNG adalah kapal *LNG* yang memiliki dua lapisan lambung, yaitu lambung luar dan lambung dalam. Antara kedua lambung itu terdapat ruang kosong atau *void space* sebagai pelindung. Tangki *LNG* ditempatkan di dalam lambung bagian dalam sehingga lebih jauh dari sisi luar kapal. Desain ini jauh lebih aman karena jika lambung luar rusak, lambung dalam tetap melindungi tangki *LNG*. Hampir semua kapal *LNG* modern menggunakan desain double hull karena memenuhi standar keamanan internasional.

2.1.4 Sistem Bilga Pada Kapal LNG

Penelitian terdahulu mengenai sistem bilga dan *prototype* sistem kapal menjadi dasar dalam penyusunan penelitian ini. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa penggunaan *prototype* dapat membantu memahami sistem bilga secara lebih efektif serta meningkatkan efisiensi dalam proses pembelajaran dan perancangan sistem kapal. Prayoga et al. (2025)

2.1.5 Perbedaan Sistem Bilga Kapal LNG Dengan Kapal Tanker

Perbedaan sistem bilga pada kapal LNG dan kapal tanker terletak pada penempatan serta pembagian sistem bilga berdasarkan tata letak ruang kapal. Pada kapal tanker, antara ruang mesin (Engine Room) dan tangki muatan minyak (Cargo Oil Tank) biasanya terdapat pump room yang berfungsi sebagai ruang pemisah sekaligus tempat instalasi pompa. Keberadaan ruang ini bertujuan untuk mencegah pencampuran air bilga yang mengandung minyak dengan sistem bilga lainnya serta untuk meningkatkan keselamatan operasional kapal.

Pada kapal tanker, antara Engine Room dan Cargo Oil Tank terdapat Pump Room yang berfungsi sebagai ruang pemisah sekaligus tempat pompa kargo.

Keberadaan pump room ini menyebabkan sistem bilga pada kapal tanker terbagi menjadi dua bagian, yaitu sistem bilga di dalam Engine Room dan sistem bilga di luar Engine Room (seperti di pump room dan area cargo). Pemisahan ini bertujuan untuk mencegah pencampuran air bilga yang mengandung minyak dengan sistem bilga lainnya serta meningkatkan keselamatan kapal.

Sedangkan pada kapal LNG, umumnya tidak terdapat pump room seperti pada kapal tanker. Sistem bilga pada kapal LNG lebih terpusat dan disesuaikan dengan desain tangki LNG serta ruang isolasi yang terdapat di dalam kapal. Air bilga yang terkumpul kemudian dialirkan menuju bilge well di ruang mesin untuk selanjutnya dipompa, diproses, dan dibuang sesuai dengan peraturan yang berlaku. Sistem bilga pada kapal LNG dirancang untuk mengatasi masuknya air ke ruang insulasi serta menjaga kondisi struktur kapal, sehingga alur bilga diarahkan ke bilge well di Engine Room untuk kemudian diproses dan dibuang sesuai peraturan yang berlaku.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa sistem bilga pada kapal tanker memiliki pembagian sistem yang lebih terpisah karena adanya pump room, sedangkan pada kapal LNG sistem bilga lebih terpusat dan menyesuaikan dengan konfigurasi tangki LNG serta ruang isolasi yang terdapat di dalam kapal. Perbedaan ini juga dipengaruhi oleh jenis muatan yang diangkut serta pertimbangan aspek keselamatan dalam pengoperasian kapal.

2.2 Penggunaan Miniatur Dalam Pendidikan

Di Jurusan Teknik Perkapalan, metode pembelajaran yang digunakan umumnya merupakan kombinasi antara teori dan praktik. Tujuan utama dari metode tersebut adalah untuk mempersiapkan mahasiswa dengan kemampuan teknis yang baik serta pemahaman yang lebih mendalam mengenai sistem dan teknologi yang digunakan dalam industri perkapalan.

Prototype merupakan model awal atau purwarupa dari suatu objek yang dibuat dalam skala tertentu untuk merepresentasikan bentuk, fungsi, serta sistem

kerja dari objek aslinya. Prototype biasanya dirancang sebagai tahap awal dalam proses pengembangan untuk memberikan gambaran nyata sebelum objek tersebut direalisasikan secara penuh. Dalam proses pembuatannya, prototype tetap memperhatikan proporsi, tata letak, serta komponen utama dari objek yang dirancang, meskipun tidak selalu dibuat secara detail seperti produk akhir.

Prototype dapat dibuat dari berbagai material seperti kayu, akrilik, plastik, maupun logam, yang disesuaikan dengan tujuan perancangan dan fungsi yang ingin ditampilkan. Tingkat ketelitian prototype dapat bervariasi, mulai dari sekadar menunjukkan konsep dasar hingga mampu menampilkan simulasi sistem kerja dari objek yang dirancang. Oleh karena itu, penggunaan prototype dalam pembelajaran dapat membantu mahasiswa memahami konsep sistem secara lebih jelas dan visual.

Dalam bidang pendidikan, prototype berfungsi sebagai media pembelajaran yang efektif karena mampu menyajikan konsep secara visual dan aplikatif. Penggunaan prototype membantu mahasiswa/mahasiswi dalam memahami sistem, alur kerja, serta hubungan antar komponen secara lebih konkret. Hal ini dikarenakan prototype memungkinkan keterlibatan lebih dari satu indra, sehingga dapat meningkatkan pemahaman melalui pendekatan pembelajaran multisensori. Oleh karena itu, prototype sering digunakan sebagai alat bantu untuk menjelaskan konsep teknis, simulasi konstruksi, dan sistem kerja pada bidang keilmuan tertentu. Berikut adalah beberapa fungsi miniatur dalam konteks pendidikan:

2.2.1 Visualisasi Konsep

prototype membantu siswa memahami konsep yang kompleks dengan cara yang lebih visual. Misalnya, prototype sistem bilga kapal LNG.

2.2.2 Simulasi Dan Perancangan

prototype sering digunakan dalam simulasi dan perancangan, memberikan kesempatan kepada mahasiswa untuk merancang dan menguji model kecil sebelum mengimplementasikan sesuatu dalam skala penuh.

2.3 Membuat Perhitungan Desain

Sistem bilga adalah salah satu sistem perpipaan dalam kapal yang berfungsi mengeluarkan air dalam jumlah sedikit yang berasal dari ruangan-ruangan dan dikumpulkan menjadi satu ke bilga dan sumur. Dalam perencanaan sistem bilga pada kapal, bahan yang biasa digunakan adalah pipa dari timah hitam, dengan pertimbangan agar pipa yang nantinya dipakai dalam sistem bilga ini dapat terlindung dari kerusakan mekanis dan memiliki sifat tahan terhadap korosi air laut. Perencanaan sistem bilga pada kapal ini mengacu pada *Rules for Machinery Installations section 11* Biro Klasifikasi Indonesia (BKI), khususnya Volume III tahun 2019 – *Piping Systems*, yang mengatur ketentuan diameter, ketebalan, dan konfigurasi pipa bilga untuk menjamin keselamatan dan keandalan sistem pembuangan air bilga kapal.

2.3.1 Penentuan Jumlah Pompa Bilga

Menurut Rules BKI: 1 pompa kerja 1 pompa Cadangan

2.3.2 Debit Pompa Bilga

Debit pompa dihitung dari kecepatan aliran di pipa :

$$Q = A \times v$$

Dengan :

Q = debit pompa (m³/s)

A = luas penampang pipa (m²)

V = kecepatan aliran (m/s)

2.3.3 Kapasitas Pompa Bilga :

Pompa harus lebih besar dari debit bilga :

$Q_{pompa} \geq$

Q_{bilga} Dimana :

Q_{pompa} = kapasitas debit pompa bilga (m^3/s atau m^3/jam)

Q_{bilga} = debit aliran air yang masuk ke sistem bilga yang harus dipompa keluar (m^3/s atau m^3/jam)

2.3.3.1 Kapasitas Bilge Well

Dimana: $V = A \times h$

V = volume atau kapasitas bilga well (m^3) A = luas penampang dasar bilga well (m^2) h = tinggi atau kedalaman bilga well (m)

Dipakai buat :

A. Menentukan ukuran sumur bilga

B. Menampung air sebelum dipompa

Peraturan dan perhitungan instalasi pipa, terdapat pada Rules BKI volume III tahun 2020 tentang Machinery Instalation. Sistem pipa merupakan bagian utama suatu sistem yang menghubungkan titik dimana fluida disimpan ke titik pengeluaran semua pipa baik untuk memindahkan tenaga atau pemompaan harus dipertimbangkan secara teliti karena keamanan dari sebuah kapal akan tergantung pada susunan perpipaaan seperti hanya pada perlengkapan kapal lainnya.

Macam-Macam Pipa dan Bahannya

Pipa secara umum di kelompokkan menjadi dua bagian, yaitu :

A. Jenis pipa tanpa sambungan (pembuatan pipa tanpa sambungan pengelasan). Jenis pipa dengan sambungan (pembuatan pipa dengan pengelasan). Bahan-bahan pipa secara umum :

Bahan-bahan pipa yg dimaksud disini adalah struktur bahan baru pipa tersebut yang dapat dibagi secara umum sebagai berikut :

A. Carbon Moly

- B. Galvanees
- C. Ferro Nikel.
- D. Stainless Steel
- E. PVC (Paralon)
- F. Chrom Moly
- G. Vibre Glass Aluminium (Aluminium)
- H. Wrought Iron (besi tanpa tempa).
- I. Cooper (Tembaga)
- J. Red Brass (kuningan merah)
- K. Nickel cooper = Monel (timah tembaga)
- M. Nickel chrom iron = inconel (besi timah chrom)

**Standart Ukuran Schedule Pipa Baja
Menurut Japan Interational Standart (JIS)**

Inside Diameter (mm)	Nominal Size (Inch)	Outside Diameter (mm)	SGP Tebal (mm)	Schedule 30 (mm)
6	¼	10.5	2.0	2.4
10	3/8	17.3	2.3	3.2
15	½	21.7	2.8	3.7
20	¾	27.2	3.2	3.9
25	1	34.0	3.5	4.5
32	1 ¼	42.7	3.5	4.9
40	1 ½	48.6	3.8	5.1
50	2	60.5	4.2	5.5
65	2 ½	76.3	4.2	7.0
80	3	89.1	4.5	7.6
100	4	114.3	4.5	8.6
125	5	139.8	5.0	9.5
150	6	165.2	5.8	11.0
200	8	216.3	6.6	12.7
250	10	267.4	6.9	-
300	12	318.5	7.9	-
350	14	355.6	7.9	-
400	16	406.4	-	-
450	18	457.2	-	-
500	20	508.0	-	-

Pemilihan Ukuran Pipa Ukuran diameter dalam sebuah pipa ditentukan berdasarkan:

- 1) Jenis fluida yang mengalir di dalam pipa.
- 2) Jumlah volume fluida yang akan dipindahkan.
- 3) Kecepatan aliran dari fluida yang akan dipindahkan, dimana perlu juga diperhatikan adanya tekanan akibat gesekan.

4) Harga pipa, dimana semakin berat pipa harganya makin mahal.

1. Diameter Minimum Pipa Bilga

Analisis yang dilakukan akan mengacu pada Peraturan Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) Volume III tentang Peraturan Instalasi Mesin Bab 11 tahun 2020 dengan fokus utama pada sistem perpipaan.

$$D_h = 1.68(B+H) \times L + 25 \quad D_z = 2.15 (B+H) \times L + 25$$

Dimana:

D_h = diameter dalam pipa bilga utama (mm)

D_z = diameter dalam pipa bilga cabang (mm)

B = lebar kapal / breadth (m)

H = tinggi kapal / depth (m)

L = panjang kompartemen kedap air (m)

Selanjutnya, diameter dalam pipa bilga utama dan cabang tidak boleh kurang dari 50 mm, meskipun untuk kapal dengan panjang kurang dari 25 m, diameternya dapat dikurangi menjadi 40 mm. Kapasitas pompa bilga dihitung menggunakan Persamaan.

$$Q = 5.75 \times 10^3 d$$

Di mana Q adalah kapasitas minimum, dan d adalah diameter dalam yang dihitung untuk pipa bilga utama.

2. Perhitungan Valve

Rumus : $D_{\text{valve}} = D_{\text{pipa}}$

Dimana :

D_{valve} = diameter valve yang digunakan pada sistem perpipaan (mm)

D_{pipa} = diameter pipa yang terhubung dengan valve (mm)

2.3.3.2 Kapasitas Tangki Bilga

Kapasitas tangki bilga ditentukan berdasarkan daya mesin induk kapal. Semakin besar daya mesin induk (Main Engine), maka kapasitas tangki bilga yang dibutuhkan juga semakin besar. Ketentuan kapasitas tangki bilga berdasarkan daya mesin induk dapat dilihat pada Tabel berikut.

Ditentukan dari daya mesin induk (KW)

Daya ME	Kapasitas Tangki
≤ 1000 kW	4 M ³
1000-20000 kW	P/250
≥ 20000 kW	40 + P/ 500

Sumber: Biro Klasifikasi Indonesia (2020)

Berdasarkan tabel tersebut, kapasitas tangki bilga ditentukan dari nilai daya mesin induk (P) dalam satuan kW. Untuk mesin dengan daya kurang dari atau sama dengan 1000 kW, kapasitas tangki yang digunakan adalah 4 m³. Sedangkan untuk mesin dengan daya yang lebih besar digunakan rumus perhitungan tertentu sesuai standar Biro Klasifikasi Indonesia.

P = daya mesin induk Kw Sludge tank / oil residue tank

2.3.3.3 Kapasitas Sludge Tank

Rumus:

$$V = K \times C \times D$$

C = konsumsi BBM harian (m³/hari)

D = lama pelayaran (biasanya 30 hari) Rumus debit aliran fluida

Berdasarkan penelitian waspodo (2022) debit aliran fluida merupakan rumus yang digunakan untuk menghitung kecepatan aliran fluida, yaitu :

$$Q = \frac{V}{T}$$

kemudian dari persamaan kontutitas akan didapat :

$$Q = a v, \text{ dimana } A = \frac{1}{4} \pi D^2$$

Maka kecepatan aliran dalam suatu penampang adalah : Dimana :

$$Q = \text{Debit aliran (m}^3/\text{s)}$$

$$A = \text{Luas penampang (m}^2\text{)}$$

$$V = \text{kecepatan aliran fluida (m/s)}$$

$$V = \text{volume fluida (m}^3\text{)}$$

Rumus kecepatan debit aliran fluida

$$Q = v, A$$

$$\text{maka } V = \frac{Q}{A}$$

Dimana :

$$Q = \text{debit (m}^3 / \text{detik)}$$

$$V = \text{kecepatan (m / detik)} \quad A = \text{luas penampang (m}^2\text{)}$$

Maka kecepatan aliran dalam suatu penampang adalah :

Dimana :

$$Q = \text{Debit aliran (m}^3/\text{s)}$$

$$A = \text{Luas penampang (m}^2\text{)}$$

$$V = \text{kecepatan aliran fluida (m/s)} \quad V = \text{volume fluida (m}^3\text{)}$$

Rumus kecepatan debit aliran fluida

$$Q = v, A$$

$$\text{maka } V = \frac{Q}{A}$$

Dimana :

$$Q = \text{debit (m}^3 / \text{detik)}$$

$$V = \text{kecepatan (m / detik)} \quad A = \text{luas penampang (m}^2\text{)}$$

2.3.4 Rumus Head Loss Major

Menurut Fox dan McDonald (2023), Head loss pada sistem perpipaan merupakan kerugian energi aliran fluida yang terjadi selama fluida mengalir di dalam pipa. Kerugian ini umumnya dibagi menjadi dua jenis yaitu head loss mayor dan head loss minor. Head loss mayor terjadi akibat gesekan antara fluida dengan dinding pipa sepanjang aliran, sedangkan head loss minor terjadi karena adanya komponen tambahan pada sistem perpipaan seperti elbow, valve, tee, reducer, dan perubahan penampang pipa yang menyebabkan gangguan aliran fluida.

Pada sistem perpipaan kapal, termasuk sistem bilga, komponen-komponen seperti pipa lurus, katup (valve), sambungan elbow, serta fitting lainnya akan menimbulkan kerugian energi aliran yang harus diperhitungkan dalam menentukan total head pompa.

Menurut Munson et al. (2019), kerugian energi pada sistem perpipaan selain disebabkan oleh gesekan sepanjang pipa juga terjadi karena adanya komponen tambahan seperti elbow, valve, tee, dan reducer. Setiap komponen tersebut memiliki nilai koefisien kehilangan (K) yang berbeda-beda sehingga menghasilkan head loss minor pada sistem perpipaan.

Tabel 2. 1 koefisien head loss major pada komponen perpipaan

Komponen pipa	Koefisien kehilangan
Elbow 90°	0,3- 0,9
Elbow 45 °	0,2-0,4
Tee (aliran lurus)	0,6
Tee (percabangan)	1,8
Gate valve (terbuka penuh)	0,15
Check valve	2
Ball valve	0,05

Tabel 2.1 menunjukkan nilai koefisien kerugian minor (K) pada beberapa komponen sistem perpipaan seperti elbow, valve, dan tee. Nilai koefisien ini digunakan untuk menghitung kerugian energi aliran yang terjadi akibat perubahan arah aliran dan adanya komponen tambahan pada pipa.

Menurut Aldianto dan akbar (2020) Rumus persamaan darcy weishbach berikut digunakan untuk menghitung kehilangan kepala besar (head loss major) :

$$HL_{mj} = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g}$$

Dimana :

HL_{mj} = Head loss mayor

f = faktor gesekan

L = panjang pipa D = diameter pipa

V = kecepatan fluida g = gravitasi

2.3.5 Head Loss Minor

Berikut rumus yang digunakan untuk menghitung kehilangan kepala kecil(head loss minor) :

$$H_{mi} = K \frac{V^2}{2g}$$

Dimana :

H_{mi} = Head loss minor K = koefisien gesek

Dengan demikian rumus berikut digunakan untuk menghitung head loss total $HT = HL_{mj} + H_{mi}$

Dimana :

HT = head loss total H_{mi} = head loss minor HL_{mj} = head loss mayor

2.3.6 Rumus daya pompa

Kalau dalam kW

$$P = \rho g H_{\text{total}} \quad P = \frac{\rho g Q H_{\text{total}}}{1000}$$

Kalau elbow (belokan pipa) masuk ke minnor losses (kerugian total).

Rumus Head Loss elbow :

Dimana :

H^{elbow} = head loss elbow (meter)

K = koefisien elbow

V =kecepatan aliran

G =gravitasi

2.3.7 Komponen Membuat Sistem Bilga

Sistem bilga pada kapal merupakan suatu sistem terpadu yang terdiri dari bilge well, pipa bilga, pompa bilga, valve, dan saluran pembuangan. Air bilga yang berasal dari kebocoran, kondensasi, maupun sisa operasional mesin akan mengalir menuju bilge well yang terletak di bagian terendah ruang kapal. Selanjutnya, air bilga dihisap oleh pompa bilga melalui sistem perpipaan dan dialirkan menuju overboard atau ke sistem pengolahan sebelum dibuang ke laut.

Untuk mendukung kerja sistem bilga tersebut, diperlukan beberapa komponen utama yang saling terhubung dan bekerja secara berkesinambungan.

Komponen-komponen yang mendukung dalam sistem bilga kapal adalah sebagai berikut :

2.3.7.1 Bilge Well

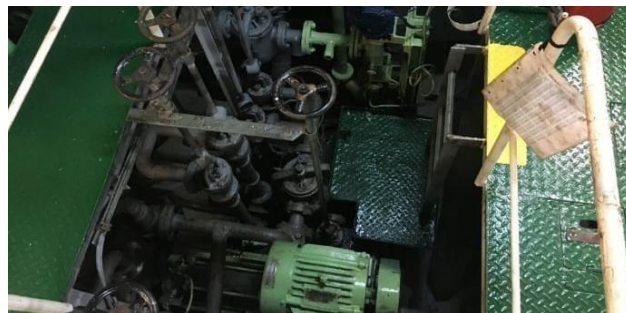
Bilge well adalah bagian terdalam pada ruang kapal yang berfungsi sebagai tempat berkumpulnya air bilga sebelum dihisap oleh pompa bilga



Gambar 2. 2 Blge well

2.3.7.2 Pipa Bilga

Pipa bilga berfungsi sebagai jalur aliran air bilga dari bilge well menuju pompa bilga



Gambar 2. 3 Pipa Bilga

2.3.7.3 Pompa Bilga

Pompa bilga adalah alat yang digunakan untuk menghisap dan memindahkan air bilga agar tidak terjadi genangan di dalam kapal.



Gambar 2. 4 Pompa Blga

2.3.7.4 Strainer

Strainer berfungsi untuk menyaring kotoran pada air bilga sebelum masuk ke pompa agar pompa tidak rusak.



Gambar 2. 5 Strainer

Sumber : Desmi Self priming

2.3.7.5 Valve

Valve berfungsi untuk mengatur, membuka, dan menutup aliran air bilga dalam sistem perpipaan.

2.3.7.6 OWS (Oily Water Separator)

OWS (Oil Water Separator) adalah alat yang berfungsi memisahkan minyak dari air bilga sebelum air tersebut dibuang ke laut. Alat ini bekerja dengan memanfaatkan perbedaan massa jenis antara minyak dan air, sehingga kandungan minyak dapat dipisahkan dan dikurangi hingga berada di bawah batas yang diizinkan oleh peraturan internasional (MARPOL). Dengan adanya OWS, pembuangan air bilga ke laut dapat dilakukan secara aman dan ramah lingkungan serta mencegah terjadinya pencemaran laut akibat limbah minyak.



Gambar 2. 6 Oil Water Separator

Sumber : Johnson Pump 2019

2.3.7.7 Tangki Bilga

Tangki bilga berfungsi sebagai tempat penampungan sementara air bilga sebelum diolah atau dibuang.



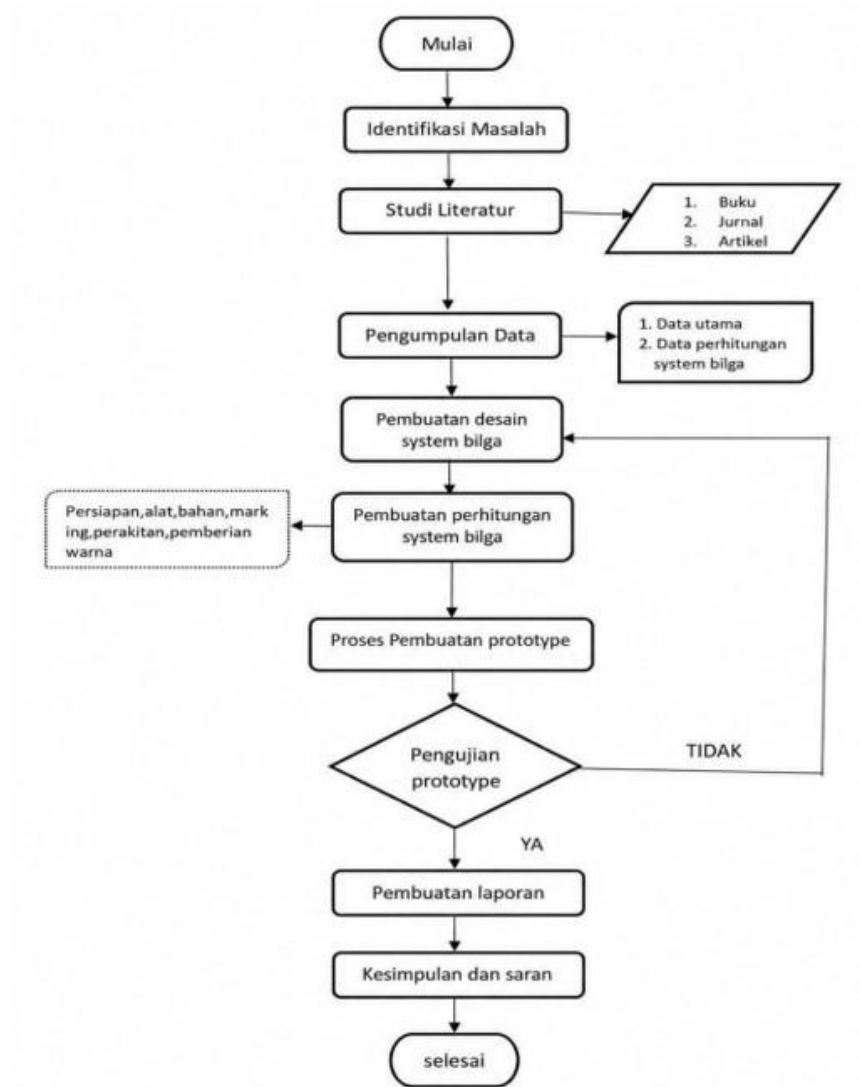
Gambar 2. 7 Tangki Bilga

Sumber : Marine vertikal

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 *Flow Chat*



Gambar 3.1 Diagram Alir

Gambar 3. 1 Flow Chat

3.2 Tahapan Penelitian

3.2.1 Identifikasi Masalah

Tahap permulaan dalam proses penelitian desain dan pembuatan prototype sistem bilga kapal LNG SBS.BALMOND sebagai bahan edukasi. Dimana pada hal ini dengan pengajuan judul dan *identifikasi* pembelajaran khususnya pada mata kuliah kontruksi kapal

3.2.2 Study literature

Study literatur dilakukan dengan cara mengumpulkan *referensi* guna untuk menunjang penulisan tugas akhir. *Referensi* yang diperlukan mengenai gambar bentuk miniatur konstruksi kapal, dan dapat dicari melalui, antara lain seperti :

1. Buku
2. Jurnal
3. Artikel.

3.2.3 Pengumpulan Data

Dalam tahap ini penulis mengumpulkan semua data-data yang berupa data ukuran utama kapal LNG, desain *body plan*, desain *buttock plan*, dan desain *halfbreath plan*.

3.2.4 Membuat Desain Sistem Bilga

langkah selanjutnya ialah penulis mulai mendesain sistem bilga kapal LNG dengan menggunakan *aplikasi autocad*.

3.2.5 Membuat Perhitungan Sistem Bilga

Pada tahapan ini penulis mulai membuat perhitungan sistem bilga kapal LNG dengan acuan *rules BKI* menggunakan *microsoft excel*.

3.2.6 Penentuan Rules Class

Data yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan literatur dan ketentuan BKI Rules, sehingga setiap komponen sistem bilga memenuhi persyaratan klasifikasi resmi.

3.2.7 Proses Pembuatan Prototype

Lalu tahapan pembuatan laporan yang dimana tahapan terakhir, pembuatan laporan dimulai dari perhitungan, desain agar dapat kesimpulan dan saran.

3.2.8 Pembuatan Laporan

Stabilitas dilakukan untuk memastikan desain kapal wisata tipe speed boat aman dioperasikan. Parameter hidrostatis kapal dihitung untuk memperoleh *Displacement*, pusat apung, serta posisi titik berat kapal. Selanjutnya dihitung nilai GM, lengan pengembali (GZ), dan kurva stabilitas pada beberapa kondisi pembebanan. Evaluasi dilakukan berdasarkan *IMO (HSC Code 2000)* yang diterbitkan oleh IMO. Dalam proses perancangan kapal, penentuan *Load case* menjadi bagian penting karena setiap kondisi pembebanan akan memengaruhi kekuatan struktur dan stabilitas kapal. Penulis tidak hanya menghitung apakah struktur mampu menahan beban, tetapi juga memastikan kapal tetap stabil pada berbagai kemungkinan kondisi operasi seperti:

1. *Lighthship*

Pada kondisi *Lighthship*, kapal berada dalam keadaan kosong tanpa penumpang maupun muatan. Kondisi ini biasanya dijadikan acuan awal dalam desain untuk mengetahui karakter dasar kapal, seperti posisi titik berat awal dan nilai tinggi metasentrik (GM).

2. *Full Passenger*

Kondisi *full Passenger* menggambarkan keadaan saat kapal beroperasi sesuai kapasitas rencana dengan penumpang tersebar merata. Pada tahap desain, kondisi ini umumnya dijadikan dasar penentuan dimensi struktur karena beban total yang bekerja paling besar dalam operasi normal. Penambahan berat penumpang akan menaikkan titik berat kapal sehingga dapat memengaruhi nilai GM dan respon stabilitasnya.

3. Penumpang terkonsentrasi satu sisi (*worst-case*).

kondisi penumpang terkonsentrasi pada satu sisi dipertimbangkan sebagai kondisi terburuk dalam desain. Dalam situasi tertentu, penumpang bisa saja

berkumpul di satu sisi sehingga terjadi pergeseran titik berat secara transversal dan kapal mengalami kemiringan.

3.3 Teknik Pengumpulan Data

Penulis mengumpulkan data melalui Data Kapal sendiri, Desain sampai perhitungan dari perencanaan.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Perancangan Desain Sistem Bilga

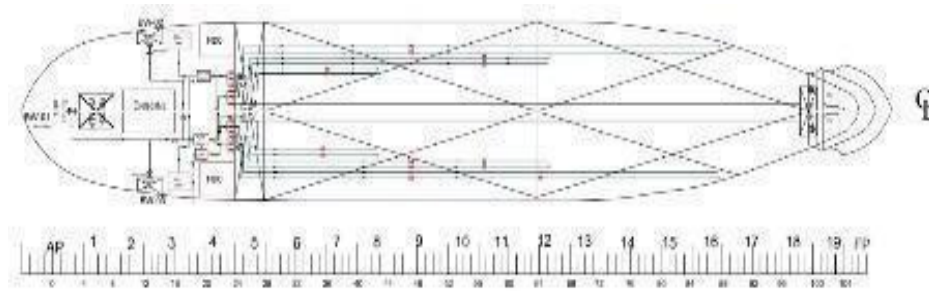
4.1.1 Dasar Perancangan Sistem Bilga

Desain sistem bilga pada penelitian ini disusun untuk menghasilkan suatu sistem yang mampu mengumpulkan, mengalirkan, menampung, dan membuang air bilga secara aman sesuai dengan kebutuhan operasional kapal LNG. Perancangan sistem dilakukan dengan mempertimbangkan tata letak ruang mesin, fungsi setiap kompartemen, kemudahan pengoperasian, serta persyaratan keselamatan dan perlindungan lingkungan. Seluruh komponen dirancang menjadi satu kesatuan sistem sehingga proses penanganan air bilga dapat berlangsung secara efektif tanpa mengganggu operasi kapal.

Desain sistem bilga pada penelitian ini dibuat sebagai rancangan sistem yang berfungsi untuk mengumpulkan, mengalirkan, menampung, dan membuang air bilga yang berasal dari ruang mesin kapal LNG. Perancangan dilakukan dengan mempertimbangkan tata letak ruang mesin, fungsi setiap komponen, serta hubungan antar komponen agar sistem mampu bekerja secara efektif dan memenuhi kebutuhan operasional kapal.

Desain yang dihasilkan memperlihatkan susunan komponen utama sistem bilga yang meliputi bilge well, main bilge pipe, bilge pump, bilge holding tank, Oil Water Separator (OWS), sea chest, emergency bilge line, serta valve yang berfungsi mengatur dan mengendalikan aliran fluida. Setiap komponen dihubungkan melalui jaringan perpipaan sehingga membentuk satu sistem yang terintegrasi, dimulai dari proses pengumpulan air bilga hingga proses pembuangan sesuai prosedur operasional.

Hasil desain sistem bilga pada kapal LNG yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar ;



Gambar 4. 1 Desain Sistem Bilga pada Kapal LNG

4.1.2 Penempatan Komponen Sistem Bilga

Penempatan setiap komponen pada sistem bilga dirancang berdasarkan fungsi masing-masing komponen serta kemudahan proses pengumpulan dan pembuangan air bilga. Tata letak komponen dibuat agar aliran air berlangsung secara kontinu dari titik pengumpulan hingga titik pembuangan dengan tetap memperhatikan aspek keselamatan dan kemudahan perawatan.

4.1.2.1 Bilge well

Bilge well ditempatkan pada bagian paling bawah ruang mesin (double bottom), tepat pada titik terendah setiap kompartemen. Posisi ini dipilih karena seluruh air bilga akibat kebocoran, kondensasi, maupun sisa operasional secara alami akan mengalir menuju titik terendah akibat gaya gravitasi. Dengan demikian, air bilga dapat terkumpul secara maksimal sebelum dipompa ke sistem utama. Pada desain ini terdapat beberapa bilge well yang ditempatkan pada kompartemen berbeda sehingga setiap area ruang mesin memiliki titik pengumpulan air bilga sendiri.

4.1.2.2 Main Bilge Pipe

Main bilge pipe dipasang memanjang di sepanjang ruang mesin pada area double bottom atau di bawah tank top. Posisi ini dipilih agar seluruh bilge well dapat dihubungkan menggunakan pipa cabang dengan panjang pipa yang relatif pendek. Selain mempermudah instalasi, penempatan tersebut juga mengurangi kehilangan tekanan selama proses pemompaan.

4.1.2.3 Branch Pipe

Branch pipe dipasang menghubungkan masing-masing bilge well dengan

main bilge pipe. Jalur ini dibuat sependek mungkin agar aliran menuju pipa utama lebih lancar dan memudahkan proses inspeksi maupun perawatan.

4.1.2.4 Bilge Pump

Bilge pump ditempatkan di ruang mesin pada lokasi yang mudah dijangkau untuk pengoperasian dan pemeliharaan. Pompa dipasang setelah main bilge pipe sehingga mampu menghisap air dari seluruh bilge well melalui manifold. Penempatan pompa juga mempertimbangkan kemudahan akses terhadap motor penggerak serta ruang yang cukup untuk proses perawatan berkala.

4.1.2.5 Bilge Holding Tank (Bilge Tank)

Bilge holding tank ditempatkan di ruang mesin pada posisi yang berdekatan dengan bilge pump dan Oil Water Separator (OWS). Penempatan ini bertujuan memperpendek jalur perpipaan pada sisi discharge sehingga proses penyaluran air bilga menuju tangki penampungan menjadi lebih efisien

4.1.2.6 Oil Water Separator (OWS)

OWS dipasang setelah bilge holding tank pada jalur pembuangan. Posisi tersebut dipilih agar seluruh air bilga yang akan dibuang ke laut terlebih dahulu diproses untuk memisahkan kandungan minyak dari air. Dengan demikian, air yang keluar dari sistem telah memenuhi persyaratan pencegahan pencemaran laut.

4.1.2.7 Sea Chest

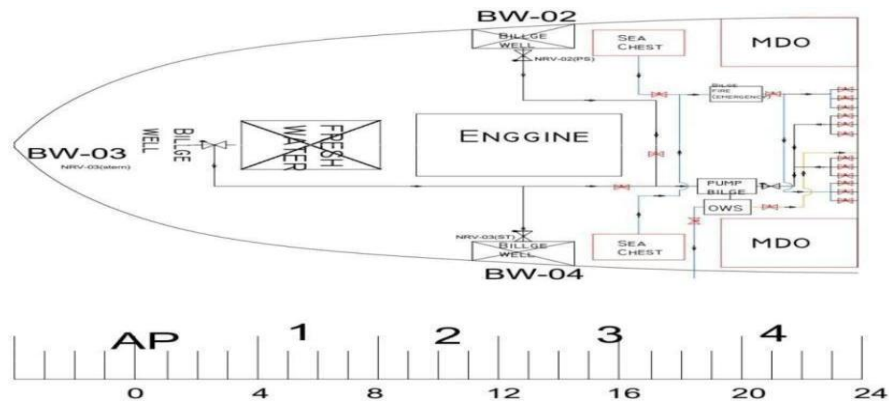
Sea chest ditempatkan pada sisi bawah lambung kapal yang selalu terendam air laut. Pada sistem bilga, sea chest berfungsi sebagai jalur pembuangan air yang telah melalui proses pemisahan pada OWS atau sebagai bagian dari sistem perpompaan sesuai konfigurasi desain.

4.1.2.8 Emergency Bilge Connection

Emergency bilge connection ditempatkan pada jalur yang menghubungkan sistem bilga dengan fire pump. Posisi ini memungkinkan fire pump digunakan sebagai pompa darurat apabila bilge pump utama mengalami kerusakan atau tidak dapat dioperasikan, sehingga air bilga tetap dapat dikeluarkan dari ruang mesin.

4.1.2.9 Valve dan Non-Return Valve

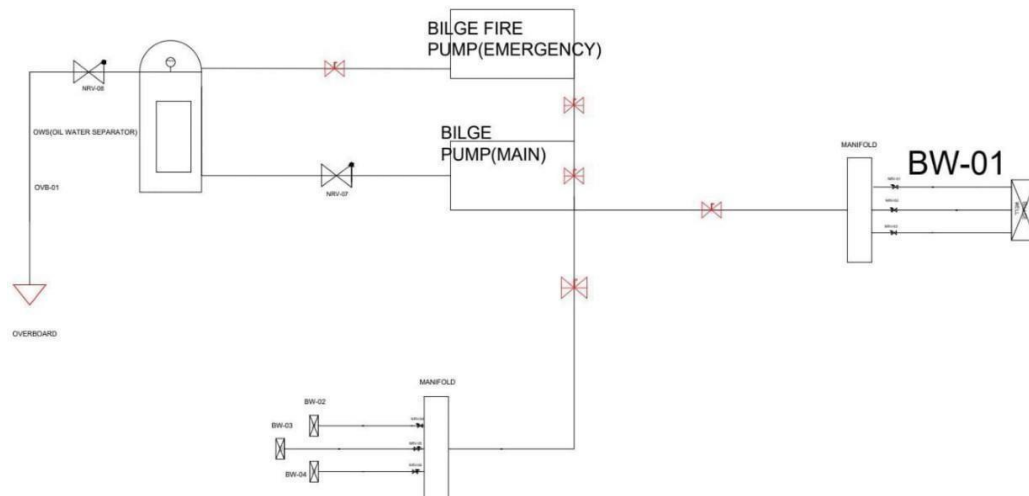
Valve dipasang pada setiap cabang bilge well, sebelum dan sesudah pompa, serta pada jalur menuju bilge tank dan OWS untuk mengatur serta mengisolasi aliran. Sementara itu, non-return valve ditempatkan pada jalur hisap dari setiap bilge well guna mencegah aliran balik ke kompartemen lain ketika pompa beroperasi atau saat terjadi perbedaan tekanan dalam sistem.



Gambar 4. 2 Desain Sistem Bilga Bagian Engine Room

Sumber : Penulis

4.1.3 Desain Bilge Pyping System



Gambar 4. 3 Bilge Pyping System

Sumber : Penulis

Setelah dilakukan perancangan sistem bilga, tahapan selanjutnya adalah

menjelaskan alur kerja sistem untuk menunjukkan proses perpindahan air bilga dari awal hingga dibuang ke luar kapal. Penjelasan ini bertujuan agar hubungan antar komponen dalam sistem dapat dipahami secara menyeluruh sehingga prinsip kerja sistem bilga menjadi lebih jelas.

Penjelasannya adalah :

1. Air bilga terkumpul di bilge well. Setiap bilge well (BW-01, BW-02, BW-03, dan BW-04) menampung air bilga yang berasal dari kebocoran, kondensasi, maupun sisa operasional di ruang mesin. Pada setiap jalur keluar bilge well dipasang non-return valve (NRV-01 sampai NRV-07) untuk mencegah aliran balik ke bilge well lain.
2. Air bilga dialirkan menuju manifold. Air dari masing-masing bilge well mengalir melalui pipa cabang menuju manifold, sehingga seluruh aliran dari beberapa kompartemen dikumpulkan menjadi satu jalur utama sebelum dipompa.
3. Bilge pump (main) menghisap air dari manifold. Setelah terkumpul di manifold, bilge pump utama menghisap air bilga dan memberikan tekanan agar air dapat dialirkan ke proses berikutnya. Pada kondisi darurat atau Ketika pompa utama tidak dapat beroperasi, bilge fire pump (emergency) dapat digunakan sebagai pompa cadangan
4. Air bilga menuju Oil Water Separator (OWS). Dari pompa, air bilga dialirkan ke Oil Water Separator (OWS) untuk memisahkan kandungan minyak dari air bilga. Sebelum masuk ke OWS dipasang NRV-08 agar aliran tidak kembali ke sisi pompa
5. Pembuangan ke laut (overboard). Setelah diproses oleh OWS dan memenuhi batas kandungan minyak sesuai ketentuan MARPOL, air hasil pemisahan dibuang melalui pipa overboard (OVB-01). Apabila air belum memenuhi persyaratan, maka air tidak boleh dibuang ke laut dan harus ditampung atau diproses kembali.

Berdasarkan alur tersebut, sistem bilga bekerja dengan mengumpulkan air bilga dari setiap bilge well, menyalurkannya melalui manifold, memompanya menggunakan bilge pump menuju Oil Water Separator (OWS), kemudian

membuang air yang telah memenuhi standar melalui saluran overboard. Penggunaan non-return valve pada setiap jalur berfungsi mencegah aliran balik sehingga operasi sistem menjadi lebih aman dan efisien.

4.2 Perhitungan Sistem Bilga

Tujuan perhitungan pada perancangan sistem bilga adalah untuk menentukan spesifikasi komponen utama agar sistem mampu mengalirkan air bilga secara efektif, aman, dan sesuai dengan ketentuan klasifikasi kapal (BKI). Perhitungan dilakukan sebagai dasar dalam menentukan dimensi pipa utama dan pipa cabang, kapasitas pompa bilga, kecepatan aliran, serta pemilihan komponen seperti valve dan fitting. Hasil perhitungan ini menjadi acuan dalam pembuatan prototype sistem bilga sehingga dapat berfungsi sesuai dengan prinsip kerja sistem bilga pada kapal LNG.

Tabel 4. 1 Data Utama Kapal

NAMA	KETERANGAN
TYPE =	LNG(LIQUID NATURAL GAS)
LPP =	85,5 M
LWL =	88,92
B =	15,3
H =	7,2
T =	4,2

Perhitungan sistem bilga mengacu pada BKI Rules for Machinery Installations, Vol. III, Section 11 – Piping Systems, Valves and Pumps, Selanjutnya data utama kapal digunakan sebagai dasar dalam menentukan ukuran pipa bilga, kapasitas pompa, kapasitas bilge well, serta tata letak sistem bilga sesuai ketentuan BKI.

4.2.1 Perhitungan pipa utama

Diameter pipa utama sistem bilga dihitung untuk menentukan ukuran pipa yang mampu mengalirkan air bilga sesuai kapasitas yang dibutuhkan. Perhitungan dan pemilihan diameter pipa utama pada sistem bilga :

Perhitungan diameter pipa utama

Diameter pipa utama sistem bilga dihitung untuk menentukan ukuran pipa yang mampu mengalirkan air bilga sesuai kapasitas yang dibutuhkan. Perhitungan dan pemilihan diameter pipa utama pada sistem bilga :

Perhitungan diameter pipa utama Rumus :

$$dh = 1,68 \sqrt{(B + H) \times L + 25}$$

penyelesaian:

$$dh = 1,68 \sqrt{(15,3 + 7,2) \times 85,5 + 25}$$

$$dh = 1,68\sqrt{22,5 \times 85,5}$$

$$dh = \sqrt{1923,75} = 43,86$$

$$dh = 1,68 \times 43,86 = 73,68$$

$$dh = 73,68 + 25$$

$$dh = 98,68 \text{ mm}$$

Dipilih ukuran pipa
standar diatsnya yaitu :

$$Dh = 98,68 \text{ mm} / 4\text{inch}$$

Keterangan:

Dh = Diameter dalam pipa utama (mm)

L = Panjang kapal (m)

B = Lebar kapal (m)

H = Tinggi kapal (m)

4.2.2 Perhitungan Pipa Cabang

Perhitungan Diameter Pipa Cabang Dilakukan Untuk Menentukan Diameter Pipa Yang Menghubungkan Bilge Well Dengan Pipa Utama. Diameter Pipa Cabang Harus Memenuhi Ketentuan Agar Debit Air Bilga Dapat Mengalir Dengan Baik Menuju Pompa Tanpa Menimbulkan Kehilangan Tekanan Yang Berlebihan. Perhitungan Diameter Pipa Utama Dan Pipa Cabang Mengacu Pada Ketentuan BKI Volume III Section 11 Sebagaimana Diterapkan Pada Penelitian Oleh Ikhwani Dkk. (2024).

Menggunakan Rumus

Maka jalannya :

$$D_z = 2,15 \sqrt{(B + H) \times C} + 25$$

$$D_z = 2,15 \sqrt{(15,3 + 7,2) \times 25,9} + 25$$

$$15,3 + 7,2 = 22,5$$

$$22,5 \times 25,9 = 582,75$$

$$\sqrt{582,75} = 24,14$$

$$2,15 \times 24,14 = 51,90$$

$$51,90 + 25 = 76,90 \text{ mm}$$

Maka dipilih ukuran pipa standar :

$$D_z = 76,90 \text{ mm}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh diameter minimum pipa cabang sebesar 76,90 mm. Selanjutnya dipilih ukuran pipa standar yang memiliki diameter dalam tidak lebih kecil dari nilai tersebut.

Keterangan

D_z = Diameter dalam pipa cabang (mm)

C = panjang kompartement (m)

B = Lebar kapal (breadth) (m)

H = Tinggi kapal (depth) (m)

4.2.3 Perhitungan Tebal Pipa Utama

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh diameter pipa utama (D_h) sebesar 98,68 mm. Nilai tersebut digunakan sebagai diameter luar pipa (D) pada Perhitungan ketebalan pipa. Selanjutnya, ketebalan pipa dihitung menggunakan persamaan:

Rumus yang digunakan adalah:

Tabel 4. 2 JIS SCH 40

Nominal Pipe Size (NPS)	Nominal Diameter (DN)	Real outside diameter (in)	Real outside diameter (mm)
4	100	4.500	114.30
4½	115	5.000	127.00
5	125	5.563	141.30
6	150	6.625	168.28
7	–	7.625	193.68
8	200	8.625	219.08
9	–	9.625	244.48
10	250	10.75	273.05
12	300	12.75	323.85
14	350	14.00	355.60
16	400	16.00	406.40
18	450	18.00	457.20
20	500	20.00	508.00
22	550	22.00	558.80
24	600	24.00	609.60
26	650	26.00	660.40

Tabel 4. 3 Pressure Rating

Pressure Rating	Tekanan Nominal
PN 6	0,6 MPa
PN 10	1,0 MPa
PN 16	1,6 MPa
PN 25	2,5 MPa
PN 40	4,0 MPa

Saya memilih PN16 karena sudah cukup untuk tekanan kerja sistem bilga, memiliki faktor keamanan yang baik, dan lebih efisien. PN10 memiliki batas tekanan yang lebih rendah, sedangkan PN25 terlalu tinggi untuk kebutuhan sistem bilga sehingga tidak ekonomis.

Tabel 4. 4 corrosion allowance (C)

Type of piping system	Corrosion allowance c [mm]
Superheated steam lines	0,3
Saturated steam lines	0,8
Steam heating coils inside cargo tanks	2,0
Feedwater lines:	
in closed circuit systems	0.5
in open circuit systems	1,5
Boiler blowdown lines	1,5
Compressed air lines	1.0
Hydraulic oil lines, lubricating oil lines	0.3
Fuel lines	1.0
Cargo oil lines	
nts lines for Group 1 refrigerants	0.3
nt lines for Group 2 refrigerants	0,5
Seawater lines	3,0
Freshwater liners	0.8

Di dalam regulasi klasifikasi kapal (seperti BKI), sistem perpipaan bilga dikategorikan ke dalam Seawater lines (Jalur Air Laut) karena fluida yang dialirkan atau dikuras umumnya berupa air laut (termasuk air sisa kondensasi, sisa pencucian, atau kebocoran yang bercampur minyak di got kapal/bilga) yang memiliki sifat sangat korosif.

Rumus :

$$t = \frac{P \times D}{20 \times K \times \eta + P} + C$$

Keterangan:

- t
= tebal minimum pipa (mm)
- P
= tekanan desain (MPa)
- D
= diameter luar pipa (mm)
- K
= tegangan ijin material (N/mm²)
- η
= faktor efisiensi sambungan
- C
= corrosion allowance (mm)

Penyelesaian

$$t = \frac{1,6 \times 114,3}{20 \times 120 \times 1 + 1,6} + 3$$

$$t = \frac{182,88}{2401,6} + 3$$

$$t = 0,076 + 3$$

$$t = 3,076 \text{ mm}$$

Karena hasil tersebut merupakan tebal minimum, maka dipilih ukuran pipa standar di atasnya, yaitu:

$$t = 4 \text{ mm}$$

4.2.3.1 Ukuran Bilge well

Perhitungan Kapasitas Bilge Well Berdasarkan ketentuan BKI Volume II Section 8 diperoleh Kapasitas Bilge Well

$$= 0,2 \text{ m}^3$$

Bilge well ditempatkan pada titik terendah setiap kompartemen sehingga seluruh air bilga dapat mengalir secara gravitasi.

4.2.4 Perhitungan Volume Bilge Well

Volume bilge well dihitung menggunakan rumus volume balok:

$$V = P \times L \times T$$

V = Volume bilge well (m^3) P = Panjang bilge well (m) L = Lebar bilge well (m)

T = Tinggi/Kedalaman bilge well (m)

ukuran bilge well yang digunakan pada desain adalah:

Panjang = 0,50 m

Lebar = 0,40 m

Tinggi = 1,00 m

$$V = 0,50 \times 0,40 \times 1,00$$

$$V = 0,20 \text{ m}^3$$

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa volume bilge well sebesar $0,20 \text{ m}^3$, sesuai dengan kapasitas yang direncanakan.

Panjang (P) → diambil dari ukuran bilge well pada gambar GA atau Engine Room Arrangement.

Lebar (L) → diambil dari lebar bilge well pada gambar.

Kedalaman (T) → diambil dari kedalaman bilge well, yaitu dari dasar tangki (tank top/inner bottom) sampai dasar bilge well pada gambar.

Tabel 4. 5 Dimensi Bilge Well

Parameter	Nilai	Satuan
Panjang	0,50	m
Lebar	0,40	m
Tinggi	1,00	m
Volume Bilge Well	0,20	m^3
Jumlah Bilge Well	4	Unit
Total Volume Bilge Well	0,80	m^3

IMO. (2008). MEPC.1/Circ.642 – Revised Guidelines for Systems for Handling Oily Wastes in Machinery Spaces of Ships.

4.2.4.1 Kapasitas Pompa Bilga

$$D = 98,68 \text{ mm} = 0,098 \text{ m}$$

Rumus :

Konversi ke : m^3/s

$$Q = 5,75 \times (10^{-3}) \times dH^2$$
$$= 5,75 \times (10^3) \times 98,68^2 \times 10^3 = 1000$$

$$5,75 \times 1000 = 5750$$

$$5750 \times 9737,7424 = 55,992 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q = \frac{55,992}{$$

$$3600$$

$$Q = 0,015553 \text{ m}^3/\text{s}$$

4.2.4.2 Kapasitas Debit Pompa Bilga

Perhitungan kapasitas pompa bilga dilakukan untuk menentukan kapasitas minimum pompa yang digunakan dalam sistem bilga. Perhitungan ini mengacu pada BKI Rules for

Machinery Installations Volume III Section 11.4.1, yang menyatakan bahwa kapasitas minimum pompa bilga dihitung dengan persamaan:

Perhitungan Kapasitas Pompa Bilga Luas Penampang Pipa :

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$A = \frac{3,14 (0,098)^2}{4}$$

$$A = 0,007543 \text{ m}^2$$

Tabel 4. 6 Kecepatan Aliran

Type	Velocity
Gravity Pipelines	• an average velocity of 1.2 to 1.5 m/s, • a minimum velocity of 0.6 m/s (to prevent settling of solids); • a maximum velocity of 2.4 to 2.7 m/s (to minimize erosion and head loss).
Pressure Pipelines	• an average velocity of 1.5 to 2.4 m/s, • a minimum velocity of 0.6 to 0.9 m/s; and • a maximum velocity of 3.0 to 3.6 m/s.
Air Pipelines	• 6 to 9 m/s for sizes 75 mm diameter and smaller, • 9 to 15 m/s for sizes 100 to 250 mm, • 15 to 19 m/s for sizes 300 to 600 mm; and • 19 to 33 m/s for sizes 750 mm and larger.

Kecepatan Aliran Rumus

$$V = Q/A$$

$$V = 0,015553/0,007543$$

$$V = 2,062 \text{ m/s}$$

4.2.4.3 Diameter Jalur Hisap Atau Suction Line

Diameter jalur hisap dihitung menggunakan persamaan kontinuitas untuk memperoleh ukuran pipa yang mampu mengalirkan debit menuju pompa tanpa menyebabkan kecepatan aliran terlalu tinggi. Persamaan yang digunakan menurut White (2016) adalah Perhitungan diameter pipa hisap menggunakan persamaan kontinuitas:

Diketahui ;

$$Q = 55,992 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$D = 98 \text{ mm} = 0,098 \text{ m}$$

0

Keterangan:

- V_{BHT}
= Volume Bilge Holding Tank (m^3)

- P
= Daya mesin induk (kW)

Diketahui ;

- Tipe mesin induk = **MAN B&W 6S35ME-C**
- Daya mesin induk = **5.220 kW**

Penyelesaian

$$V_{BHT} = \frac{P}{250}$$

$$V_{BHT} = \frac{5220}{250}$$

$$V_{BHT} = 20,88 \text{ m}^3$$

Referensi ; IMO. (2008). MEPC.1/Circ.642 – Revised Guidelines for Systems for Handling Oily Wastes in Machinery Spaces of Ships

4.2.5 Perhitungan Kapasitas Sludge Tank

Kapasitas sludge tank dihitung berdasarkan debit sludge yang dihasilkan dari proses pemisahan minyak dan air pada Oil Water Separator (OWS). Volume tangki dihitung menggunakan persamaan.

$$V_s = Q_s \times t$$

Diketahui :

$$Q_s = 1,485 \text{ m}^3/\text{jam} \quad T = 16 \text{ jam}$$

Maka :

$$V_s = 1,485 \times 16 \text{ } V_s = 23,76 \text{ m}^3$$

4.2.6 Perhitungan Oil water separator

OWS atau Oil Water Separator berfungsi memisahkan kandungan minyak dari air bilga sebelum dibuang ke laut. Dalam laporan saya, acuan yang digunakan untuk pengelolaan oily water adalah MARPOL 73/78 Annex I, dengan batas kandungan minyak pada air buangan maksimum 15 ppm. Jadi air hasil proses OWS hanya boleh dibuang ke laut apabila memenuhi batas tersebut. Jika belum memenuhi, air tidak boleh langsung dibuang dan harus ditampung atau diproses kembali.

Perhitungan kandungan minyak pada debit OWS Diketahui :

Debit aliran OWS :

$$Q = 55,992 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Batas kandungan minyak ; $C = 15 \text{ PPM}$

Karena

$$1 \text{ ppm} = 1 \text{ mg /L Maka :}$$

$$15 \text{ ppm} = 15 \text{ mg/L}$$

Ubah debit dari m^3/jam menjadi L/jam $Q = 55,992 \times 1000$

$$Q = 55,992 \text{ L}/\text{jam}$$

Hitung jumlah minyak maksimum per jam : Rumus :

$$M = C \times Q$$

$$M = 15 \text{ mg} \times 55,992 \text{ L}$$

$$\text{L} \quad \text{Jam}$$

$M = 839,880 \text{ mg}/\text{jam}$ Ubah ke gram :

$$839,880 \div 1000 = 839,88 \text{ g/ jam}$$

Ubah ke kg :

$$839,88 \div 1000 = 0,83988 \text{ kg/jam}$$

Jadi hasilnya

Dengan debit 55,992 m³/jam, batas 15 ppm berarti kandungan minyak maksimum pada air keluaran OWS adalah:

$$15 \text{ ppm} = 15 \text{ mg/L}$$

dan jumlah minyak maksimum yang terbawa dalam aliran tersebut: 0,84 kg/jam

Tabel 4. 7 Spesifikasi Oil Water Separator yang Dipilih

Brand		Sili Oily Water Separator
Model		YSZ-4
Treatment Capacity		4 m ³ /h
Discharge Standard		≤ 15 ppm
Working Standard		≤ 0.3 Mpa
Piston Pump	Type	DZ-4000
	Flow Rate	4 m ³ /h
	Pressure	0.3 Mpa
	Inhaling Height	6 m
	Motor Power	1.5 kW
Electric Heating Power		3 Phase / 380 / 50 Hz
Control Mode		Automatic
Oil Discharge Mode		Automatic/Manual

Sumber: Diadaptasi dari IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Vol. 972 (2022).

4.2.7 Perhitungan Head Loss (Hf)

Satuan head losses adalah satuan panjang yang setara dengan satu satuan energi yang dibutuhkan untuk memindahkan satu satuan massa fluida setinggi satu satuan panjang yang bersesuaian

Head losses dapat dibagi menjadi 2 yaitu, major losses dan minor losses. Major losses adalah kerugian pada sistem perpipaan akibat adanya gesekan fluida dengan sepanjang dinding pipa yang mempunyai luas penampang tetap. Minor losses adalah kerugian pada sistem perpipaan akibat adanya sambungan pipa, belokan, luas penampang pipa, dan valve.

Head loss mayor merupakan kehilangan energi yang terjadi akibat gesekan antara fluida dengan dinding bagian dalam pipa sepanjang pipa. Perhitungan head loss mayor menggunakan persamaan Darcy-Weisbach

4.2.8 Perhitungan Head Loss (Hf)

Head loss mayor adalah kehilangan energi akibat gesekan antara fluida dengan dinding pipa sepanjang aliran.

4.2.8.1 Menentukan Nilai Visikositas Kinematik

Dalam perhitungan karakteristik aliran fluida campuran air dan minyak/oli, tempratur fluida ditetapkan sebesar 30°C berdasarkan asumsi desain.

Tabel 4. 8 Physical Properties Of Water (SI Units)

Temperature T (°C)	Specific Weight γ (kN/m ³)	Density ^a ρ (kg/m ³)	Dynamic Viscosity ^b μ (× 10 ⁻³ kg/m.s)	Kinematic Viscosity ν (× 10 ⁻⁶ m ² /s)	Surface Tension ^c σ (N/m)	Modulus of Elasticity ^d E (× 10 ⁹ N/m ²)	Vapor Pressure P _v (kN/m ²)
0	9.805	999.8	1.781	1.785	0.0765	1.98	0.61
5	9.807	1000.0	1.518	1.519	0.0749	2.05	0.87
10	9.804	999.7	1.307	1.306	0.0742	2.10	1.23
15	9.798	999.1	1.139	1.139	0.0735	2.15	1.70
20	9.789	998.2	1.002	1.003	0.0728	2.17	2.34
25	9.777	997.0	0.890	0.893	0.0720	2.22	3.17
30	9.764	995.7	0.798	0.800	0.0712	2.25	4.24
40	9.730	992.2	0.653	0.658	0.0696	2.28	7.38
50	9.689	988.0	0.547	0.553	0.0679	2.29	12.33
60	9.642	983.2	0.466	0.474	0.0662	2.28	19.92
70	9.589	977.8	0.404	0.413	0.0644	2.25	31.16
80	9.530	971.8	0.354	0.364	0.0626	2.20	47.34
90	9.466	965.3	0.315	0.326	0.0608	2.14	70.10
100	9.399	958.4	0.282	0.294	0.0589	2.07	101.33

Dari tabel 4.1, sifat air pada 30° yaitu $\nu = 0,800 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

4.2.8.2 Menghitung Bilangan Reynolds :

Rumus ;

Diketahui :

$$V = 2,062 \text{ m/s} \quad D = 0,098 \text{ m}$$

$$\nu = 0,800 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

Maka ;

$$\frac{2,062 \times 0,098}{0,800 \times 10^{-6}}$$

$$0,800 \times 10^{-6}$$

$$Re = 2,51 \times 10^5$$

$$Re = V \times D/\nu$$

Karena : $Re > 2300$

Maka aliran termasuk turbulen

4.2.8.3 Menentukan Kekasaran Absolut Pipa (ϵ)

Berdasarkan material pipa yang digunakan yaitu pipa baja komersial, dengan nilai kekasaran 0,045 – 0,05, maka nilai kekasaran absolut yang digunakan dalam perhitungan ditetapkan sebesar $\epsilon = 0,048$.

4.2.8.4 Hitung Kekasaran Relatif

Rumus :

$$\epsilon/D$$

Konversi : 0,048 mm = 0,000048 m Sehingga

$$s = 0,000046/D0,098$$

$$s = 4,69 \times 10^{-4}$$

4.2.8.5 Masukkan nilai ke Diagram Moody:

Pada Diagram Moody, terdapat dua parameter utama yang digunakan:

1. Sumbu horizontal: Reynolds number,
2. Kurva: relative roughness,
3. Sumbu vertikal: Darcyfriction factor,

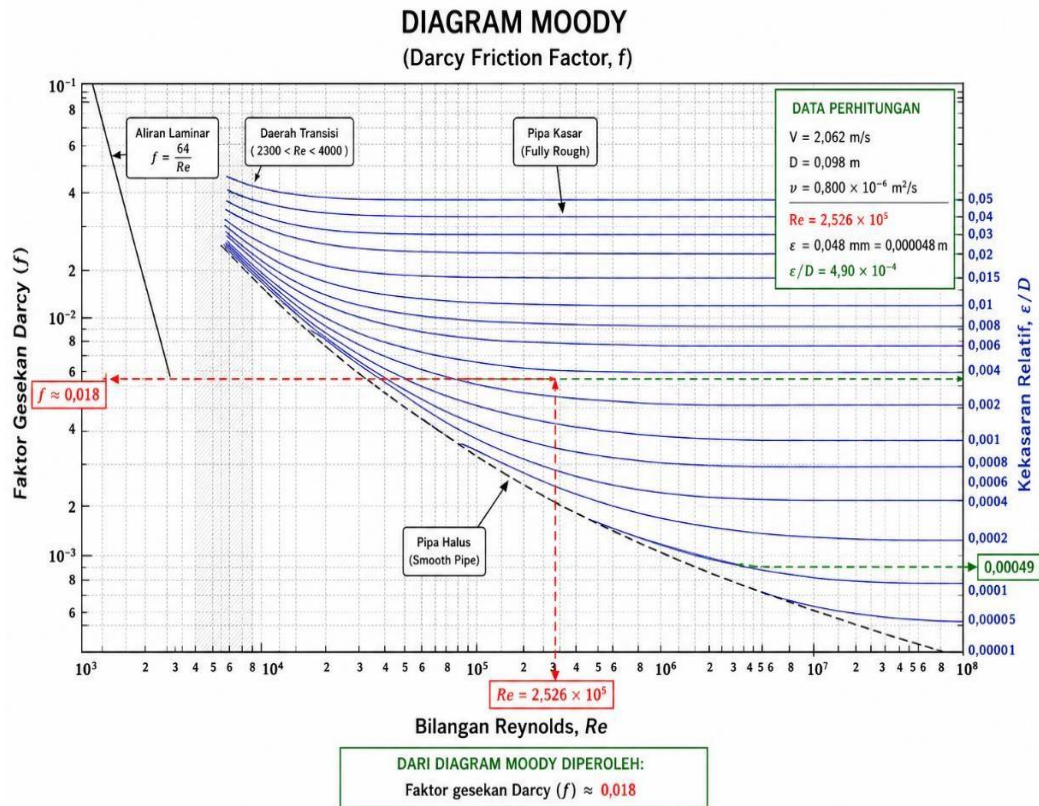
Dengan nilai :

dan nilai dari relative roughness :

$$Re = 2,526 \times 10^5$$

$$\frac{s}{D} = 4,69 \times 10^{-4}$$

—



Cara membaca Diagram Moody:

1. Tentukan **Reynolds** nya
2. Tentukan **kekasaran relatif**:
3. Cari pada sumbu horizontal, lalu ikuti hingga bertemu kurva .
4. Dari titik perpotongan, tarik ke kiri untuk mendapatkan **faktor gesekan Darcy**.

Hasil:

$f \approx 0,018$

Nilai kemudian digunakan dalam persamaan Darcy-Weisbach untuk menghitung **head loss mayor**.

4.2.8.6 Mencari rumus persamaan darcy :

Rumus :

Dimana:

H_f = head loss mayor (m) f = faktor gesekan

L = panjang pipa (m)

D = diameter dalam pipa (m) V = kecepatan aliran (m/s)

g = percepatan gravitasi (m/s^2)

Maka:

$$h_f = 39,8 \times 10^{-3} \frac{85}{(2,062)^5} \frac{20,098^2}{2(9,81)}$$

$$h_f = 39,8 \times 10^{-3} \frac{85}{4,2518}$$

$$0,098 \quad 19,62$$

$$h_f = 39,8 \times 10^{-3} \frac{85}{(0,2167)} 0,098$$

$$h_f = 7,480 \text{ m}$$

4.2.8.7 Head loss minor

Perhitungan Kerugian Tinggi Tekan Minor (Minor Head Loss) Kerugian tinggi tekan minor (minor head loss) merupakan kehilangan energi yang terjadi akibat adanya perubahan penampang pipa atau penambahan aksesoris pipa (fittings) seperti belokan (elbow), katup (valve), serta bagian sambungan masuk (entrance) dan keluar (exit). Total nilai kerugian minor sangat dipengaruhi oleh bentuk geometri aksesoris pipa yang dinyatakan dalam koefisien kehilangan energi (K). Persamaan yang digunakan untuk menghitung kerugian tinggi tekan minor (h_m) adalah Persamaan Darcy-Weisbach untuk aksesoris pipa sebagai berikut:

Nilai koefisien minor

suction : Rumus :

dimana :

h_f = hilang tinggi tekanan kecil (m)

k = koefisien hilang tinggi tekanan

v = kecepatan aliran (m/det)

g = gravitasi (=9,81 m/det²)

1. Menghitung nilai $V^2/2g$

$$\frac{V^2}{2g} = \frac{(2,062)^2}{2(9,81)}$$

$$= \frac{4,2518}{19,62}$$

$$\frac{V^2}{2g} = 0,2167 \text{ m}$$

Tabel 4. 9 menentukan jumlah fitting

Komponen	n	K	$n \times K$
Elbow 90°	5	1	8
SDNRV	4	2	8
Strainer	1	2,5	2,5
Gate valve	5	0,2	1
Total			19,5

1. Head loss minor akibat

elbow 90° Diketahui : $N = 5$

$K = 1$

$v = 2,062 \text{ m/s}$ $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ Rumus :

Maka ;

$$\text{Helbow} = 5 \times 1 \times \frac{(0,2167)^2}{2(9,81)}$$

$$\text{Helbow} = 8 \times \frac{4,2518}{19,62}$$

$$n \times k \times \frac{V^2}{2g}$$

$$\text{Helbow} = 1,7736 \text{ m}$$

2. Head loss minor akibat

SDNRV Diketahui : $n = 4$

$k = 2$ Maka :

$$H_{sdnrv} = 4 \times 2 \times \frac{(0,2167)^2}{2(9,81)}$$

$$H_{sdnrv} = 1,7736 \text{ m}$$

3. Head loss minor akibat

strainer diketahui ; $H_{strainer} : 1 \times 2,5 \times$

$$\frac{(0,2167)^2}{2(9,81)}$$

$$= 2,5 \times 4,251819,62$$

$$H_{strainer} = 0,5418 \text{ m}$$

4. Head loss minor akibat

get valve diketahui ; $5 \times 0,2 \times$

$$\frac{(2,062)^2}{2(9,81)} = H_{getvalve} = 0,245 \text{ m}$$

maka:

$$H_{minor} = \sum K \frac{V^2}{2g}$$

$$H_{minor} = 19,5(0,2167)$$

$$H_{minor} = 4,2257 \text{ m}$$

4.2.8.8 Head static

Rumus :

$$H_{static} = Z_2 - Z_1$$

Maka:

$$H_{static} = 6,152 - 0,000$$

$$H_{static} = 6,152 \text{ m}$$

Jadi head statis = 6,152 m.

Head Pressure adalah head karena perbedaan tekanan pada sisi suction dan discharge pompa. Karena tekanan pada sisi suction dan discharge pompa sama, maka nilai head pressure = 0

Head Velocity adalah head karena perbedaan kecepatan pada sisi suction dan discharge pompa. Karena kecepatan pada sisi suction dan discharge pompa sama, maka nilai head velocity = 0

Rumus perhitungan total head pompa :

$$H_t = H_s + H_{mayor} + H_{minor}$$

maka :

$$H_t = 6,152 + 7,480 + 4,2257 \text{ Ht} = 17,8577 \text{ m}$$

Berdasarkan perhitungan di atas maka dapat ditentukan nilai minimum head pompa dan nilai minimum kapasitas pompa sebagai berikut:

4.2.8.9 Perhitungan Total Head Pompa :

Rumus :

$$P_w = H_t \times \rho \times Q \times g \times \frac{1}{\eta_{pompa}}$$

Keterangan:

P_w = daya pompa (W)

H_t = total head pompa (m)

ρ = massa jenis fluida (kg/m³)

Q = debit aliran (m³/s)

g = percepatan gravitasi (m/s²)

η_{pompa} = efisiensi pompa

$$P_w = 18,858 \times 998,2 \times 0,01555 \times 9,81 \times \frac{1}{10,75}$$

$$P_w = 2,721,11 \times \frac{1}{10,75}$$

$$P_w = 3,628,15 \text{ watt}$$

Untuk mempermudah pemilihan spesifikasi motor pompa di pasar komersial, satuan daya dikonversikan dari satuan Watt ke dalam satuan daya kuda atau Horse Power (HP), di mana 1 HP setara dengan 746 Watt.

$$P_w = \frac{3628,15}{746}$$
$$= 4,86 \text{ HP}$$

4.3 Proses pembuatan Prototype

4.3.1 Tahapan Pembuatan *Prototype*

Pada tahap awal dilakukan perancangan prototype sistem bilga berdasarkan desain yang telah dibuat. Selanjutnya dilakukan penentuan ukuran setiap komponen agar sesuai dengan skala prototype. Setelah desain selesai, dilakukan persiapan material yang akan digunakan, seperti akrilik untuk badan prototype, pipa PVC, pompa air mini, valve, sensor ketinggian air, kabel, fitting, tangki bilga, bilge holding tank, serta komponen pendukung lainnya. Seluruh material dipilih berdasarkan kemudahan pemasangan, ketersediaan di pasaran, dan kesesuaiannya dengan fungsi prototype.

Adapun langkah–langkah yang dilakukan dalam pembuatan prototype sistem bilga kapal sebagai berikut:

4.3.1.1 Perancangan dan Persiapan Material

Pada tahap awal dilakukan perancangan prototype menggunakan sketsa desain dan penentuan ukuran komponen. Setelah itu dilakukan persiapan alat dan bahan seperti akrilik/triplek, pipa kecil, pompa air mini, selang, sensor air, kabel, serta wadah tangki bilga



Gambar 4. 4 Persiapan Material

4.3.1.2 Proses Pembuatan Body Prototype

Pembuatan body prototype diawali dengan pemotongan material sesuai ukuran yang telah direncanakan. Selanjutnya setiap bagian dirakit membentuk badan kapal serta ruang tangki dan sumur bilga. Pada tahap ini dilakukan pemasangan sekat agar aliran air dapat diarahkan menuju bagian bilga.



Gambar 4. 5 Pembuatan Body Prototype

4.3.1.3 Proses Pembuatan Tangki dan Sumur Bilga

Tangki dan sumur bilga dibuat sebagai tempat penampungan air pada prototype. Setelah dirakit, bagian sambungan dilapisi lem dan dilakukan pelapisan tambahan agar tidak terjadi kebocoran saat pengujian prototype berlangsung.



Gambar 4. 6 Pembuatan Tangki dan Sumur Bilga

4.3.1.4 Proses Pemasangan Komponen Prototype

Setelah pembuatan body prototype dan tangki bilga selesai, selanjutnya dilakukan pemasangan komponen utama seperti pompa air mini, sensor ketinggian air, serta dudukan komponen kontrol. Penempatan komponen disesuaikan dengan ukuran prototype agar sistem dapat bekerja secara optimal dan mudah dalam proses pengujian.

4.3.1.5 Proses Perangkaian Jalur Pipa dan Selang

Pada tahap ini dilakukan pemasangan pipa dan selang sebagai jalur aliran air pada sistem bilga prototype. Pipa utama digunakan untuk menghubungkan tangki bilga dengan pompa air, sedangkan selang keluaran digunakan untuk membuang air keluar dari prototype. Setiap sambungan direkatkan dengan baik agar tidak terjadi kebocoran dan aliran air dapat berjalan lancar saat proses pengujian berlangsung.



Gambar 4. 7 Perangkaian Jalur Pipa dan Selang

4.3.1.6 Proses Penyesuaian dan Pembuatan Jalur Sistem

Pada prototype Oil Water Separator (OWS), campuran air bilga yang mengandung minyak dan oli dialirkan ke ruang pertama sebagai tempat penampungan awal. Selanjutnya fluida mengalir menuju ruang pemisah, di mana terjadi proses pemisahan berdasarkan perbedaan massa jenis. Minyak dan oli yang memiliki massa jenis lebih rendah akan mengapung di permukaan, sedangkan air yang memiliki massa jenis lebih tinggi akan berada di bagian bawah. Air yang telah terpisah kemudian mengalir ke ruang berikutnya sebagai keluaran prototype, sedangkan minyak dan oli tetap tertahan pada ruang pemisah sehingga tidak ikut keluar bersama air.



Gambar 4. 8 Pengujian OWS(Oil Water Separator)

4.3.1.7 Proses Pemasangan Sekat dan Jalur Prototype

Tahap terakhir pada pembuatan prototype yaitu pemasangan sekat yang telah dilubangi sebelumnya sebagai jalur pipa dan kabel sistem. Setelah itu dilakukan pemasangan kembali pipa serta perapian seluruh komponen pada body prototype. Seluruh sambungan kemudian direkatkan menggunakan lem agar konstruksi prototype lebih kuat dan tidak terjadi kebocoran saat proses pengujian.

4.4 Hasil Pengujian Prototype

Setelah prototype sistem bilga selesai dibuat maka tahap selanjutnya yaitu melakukan tahap pengujian. Tahap pengujian yang dilakukan yaitu menguji proses perpindahan dan penyedotan air pada setiap ruang bilga sesuai dengan layout desain

yang telah dibuat.

Apabila pompa tidak mampu menghisap air yang berada pada ruang bilga, maka hal yang perlu diperhatikan yaitu pada sambungan pipa dan jalur perpipaan apakah mampu menyedot sesuai desain yang telah dibuat atau perlu dilakukan perbaikan kembali. Adapun gambaran sistem kerja prototype bilga sebagai berikut:



Gambar 4. 9 Hasil Pengujian

4.4.1 Pembahasan Hasil Perancangan

Hasil perancangan prototype sistem bilga kapal LNG SBS.BALMOND dilakukan berdasarkan ketentuan BKI Rules for Machinery Installations Volume III Section 11 sehingga setiap komponen yang digunakan memenuhi standar perencanaan sistem perpipaan kapal. Perancangan diawali dengan menentukan data utama kapal yang meliputi panjang kapal (LPP), lebar kapal (B), tinggi kapal (H), dan sarat kapal (T). Data tersebut digunakan sebagai dasar dalam melakukan perhitungan diameter pipa, kapasitas pompa, ukuran bilge well, serta kapasitas tangki bilga.

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh diameter pipa utama sebesar 98,68 mm sehingga dipilih ukuran pipa standar 100 mm (4 inch). Pemilihan ukuran standar dilakukan karena ukuran pipa yang tersedia di pasaran harus lebih besar atau sama dengan hasil perhitungan agar debit aliran air bilga dapat mengalir dengan baik

serta mengurangi kehilangan tekanan pada sistem. Selain itu, pemilihan ketebalan pipa juga mengacu pada standar BKI sehingga sistem perpipaan memiliki kekuatan yang memadai terhadap tekanan kerja.

Perhitungan diameter pipa cabang menghasilkan nilai 76,90 mm dan dipilih ukuran standar yang sesuai dengan spesifikasi pipa Schedule 80. Diameter tersebut telah memenuhi persyaratan untuk mengalirkan air bilga dari bilge well menuju pipa utama tanpa menimbulkan hambatan aliran yang besar. Dengan demikian, sistem perpipaan yang dirancang mampu bekerja secara efektif dalam mengalirkan air bilga menuju pompa.

Pada bagian penampungan air bilga, hasil perancangan menunjukkan bahwa kapasitas bilge well sebesar 0,20 m³ dengan dimensi panjang 0,50 m, lebar 0,40 m, dan tinggi 1,00 m. Kapasitas tersebut telah sesuai dengan kebutuhan sistem sehingga air bilga dapat ditampung sementara sebelum dipompa menuju sistem pengolahan. Penempatan bilge well pada titik terendah ruang mesin juga memungkinkan air mengalir secara gravitasi sehingga proses pengumpulan air menjadi lebih optimal.

Hasil perhitungan kapasitas pompa menunjukkan bahwa pompa yang digunakan mampu memenuhi kebutuhan debit aliran sistem bilga. Kapasitas pompa dipilih berdasarkan hasil perhitungan sehingga mampu mengalirkan air bilga menuju Oil Water Separator maupun bilge holding tank tanpa mengalami kekurangan kapasitas. Hal ini menunjukkan bahwa spesifikasi pompa yang dipilih telah sesuai dengan kebutuhan sistem yang dirancang.

Prototype sistem bilga yang dirancang terdiri atas beberapa komponen utama, yaitu bilge well, pipa bilga, pompa bilga, strainer, valve, Oil Water Separator (OWS), dan tangki bilga. Seluruh komponen disusun mengikuti urutan kerja sistem bilga pada kapal LNG sehingga mampu menggambarkan proses pengumpulan, pemompaan, penyaringan, pemisahan minyak dan air, hingga proses pembuangan air bilga. Dengan susunan tersebut, prototype tidak hanya berfungsi sebagai media visualisasi tetapi juga sebagai media pembelajaran mengenai prinsip kerja sistem bilga pada kapal LNG.

Secara keseluruhan, hasil perancangan menunjukkan bahwa prototype sistem bilga telah memenuhi tujuan penelitian, yaitu menghasilkan media pembelajaran yang mampu merepresentasikan sistem bilga kapal LNG secara sederhana namun tetap mengacu pada standar klasifikasi kapal. Prototype ini diharapkan dapat membantu mahasiswa memahami fungsi setiap komponen, jalur perpipaan, serta alur kerja sistem bilga sehingga proses pembelajaran menjadi lebih mudah dibandingkan hanya mempelajari teori atau gambar dua dimensi.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai desain kapal wisata Sungai Subayang yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Telah diperoleh desain sistem bilga pada kapal LNG SBS BALMOND yang disusun berdasarkan Rules Class BKI, sehingga memenuhi ketentuan dasar dalam perancangan sistem perpipaan bilga kapal.
2. Perhitungan kebutuhan komponen sistem bilga, meliputi diameter pipa, kapasitas pompa, head pompa Serta komponen pendukung lainnya telah dilakukan sesuai metode perhitungan yang digunakan sehingga diperoleh spesifikasi peralatan yang sesuai dengan kebutuhan sistem.
3. Prototype sistem bilga kapal LNG SBS BALMOND dengan panjang 2 meter telah berhasil dibuat dan diuji. Hasil pengujian menunjukkan bahwa prototype mampu mengalirkan air bilga sesuai alur perancangan, sehingga dapat digunakan sebagai media pembelajaran bagi mahasiswa Jurusan Teknik Perkapalan serta sebagai gambaran penerapan sistem bilga pada kapal LNG.

5.1 Saran

1. Pada penelitian selanjutnya, prototype sistem bilga dapat dikembangkan dengan menambahkan sistem kontrol otomatis menggunakan sensor level air sehingga proses kerja pompa bilga dapat berlangsung secara otomatis.
2. Prototype dapat dilengkapi dengan komponen tambahan seperti alarm, indikator level tangki, serta simulasi kondisi darurat agar media pembelajaran menjadi lebih interaktif dan mendekati kondisi sistem pada kapal sebenarnya.
3. Perhitungan dan desain sistem bilga pada penelitian berikutnya

diharapkan menggunakan data kapal yang lebih beragam sehingga hasil perancangan dapat dibandingkan pada berbagai ukuran dan tipe kapal.

4. Prototype yang telah dibuat diharapkan dapat dimanfaatkan sebagai mediapraktikum di Laboratorium Teknik Perkapalan Politeknik Negeri Bengkalis sehingga dapat membantu mahasiswa memahami sistem perpipaan kapal, khususnya sistem bilga, secara lebih efektif.

DAFTAR PUSTAKA

- (1) Aldianto, R. D., & Akbar, A. (n.d.). *Head loss analysis of piping system installation in state-owned bank building in Surabaya*. Universitas Muhammadiyah Sidoarjo.
- (2) Ardianus, dkk. (2017). Analisa kekuatan konstruksi sekat melintang kapal tanker dengan metode elemen hingga. *Jurnal Teknik ITS*. Diakses dari <http://ejurnal.its.ac.id/index.php/teknik/article/view/24900>
- (3) Biro Klasifikasi Indonesia. (2019). *Rules for hull (Pt.1, Vol.III), 2019 edition*. Jakarta: Biro Klasifikasi Indonesia.
- (4) Dinariyana, A. A. B., & Soemartojo, W. A. (2011). *Sistem konstruksi kapal / teori bangunan dan konstruksi kapal I (diktat/slide kuliah)*. Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- (5) IMO. (2008). MEPC.1/Circ.642 – Revised Guidelines for Systems for Handling Oily Wastes in Machinery Spaces of Ships.
- (6) Ikhwani, R. J., Nurcholik, S. D., Saputra, M. R., Hidayat, T., & Syahab, H. (2024). Comparative analysis of installed and actual pump power in bilge and ballast systems: Study case on 60 m buoy laying vessel. *Indonesian Journal of Maritime Technology*.
- (7) Priyati, A., Abdullah, S. H., & Hafiz, K. (2019). Analisis head losses akibat belokan pipa 90° (sambungan vertikal) dengan pemasangan tube bundle. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem*, 7(1), 95–104. <https://doi.org/10.29303/jrpb.v7i1.104>
- (8) Rawson, K. J., & Tupper, E. C. (2001). *Basic ship theory* (5th ed.). Oxford, UK: Butterworth-Heinemann.
- (9) Suparman, Y. (2019). *Kapal LNG dan sistem pendukungnya*. Yogyakarta: Penerbit Deepublish.
- (10) Waspodo. (n.d.). Analisa head loss sistem jaringan pipa pada sambungan pipa kombinasi diameter berbeda. *Jurnal Suara Teknik Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Pontianak*.

- (11) R. W. Fox, A. T. McDonald, dan P. J. Pritchard, *Introduction to Fluid Mechanics*, 8th ed. New York: John Wiley & Sons, 2023.
- (12) Munson, B. R., Young, D. F., Okiishi, T. H., & Huebsch, W. W., *Fundamentals of Fluid Mechanics*, 7th ed., John Wiley & Sons, 2019.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Persiapan bahan



Pada gambar 1. Pada tahap awal dilakukan perancangan prototype menggunakan sketsa desain dan penentuan ukuran komponen.

Lampiran 2 Pembuatan body prototype



Pembuatan body prototype diawali dengan pemotongan material sesuai ukuran yang telah direncanakan.

Lampiran 3 Pembuatan Tangki dan sumur



Tangki dan sumur bilga dibuat sebagai tempat penampungan air pada prototype

Lampiran 4 pemasangan pipa



Pada tahap ini dilakukan pemasangan pipa dan selang sebagai jalur aliran air pada sistem bilga prototype

Lampiran 5 prototype Oil Water Separator (OWS)



Pada prototype Oil Water Separator (OWS), campuran air bilga yang mengandung minyak dan oli dialirkan ke ruang pertama sebagai tempat penampungan awal

Lampiran 6 menguji proses perpindahan



Tahap pengujian yang dilakukan yaitu menguji proses perpindahan dan penyedotan air pada setiap ruang bilga sesuai dengan layout desain yang telah dibuat.

