



**SKRIPSI – ME091329**

**PERENCANAAN THERMOSIPHON PASSIVE SOLAR  
WATER HEATER SEBAGAI PEMANAS AIR PADA  
SISTEM DOMESTIK MT. VANDA 6300 DWT**

**Rega Ardian Syah  
NRP 4212 105 004**

**Dosen Pembimbing  
Ir. Hari Prastowo, M.Sc.  
Ir. Soemartojo WA**

**JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2014**



**SKRIPSI – ME091329**

**DESIGN OF THERMOSIPHON PASSIVE SOLAR  
WATER HEATER FOR DOMESTIC WATER HEATER  
MT. VANDA 6300 DWT**

**Rega Ardian Syah  
NRP 4212 105 004**

**Dosen Pembimbing  
Ir. Hari Prastowo, M.Sc.  
Ir. Soemartojo WA**

**JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2014**

**PERENCANAAN THERMOSIPHON PASSIVE  
SOLAR WATER HEATER SEBAGAI PEMANAS AIR  
PADA SISTEM DOMESTIK MT. VANDA 6300 DWT**

**Nama Mahasiswa : Rega Ardian Syah**

**NRP : 4212 105 004**

**Dosen Pembimbing 1 : Ir. Hari Prastowo, M.Sc.**

**Dosen Pembimbing 2 : Ir. Soemartojo WA**

**ABSTRAK**

Crew Kapal merupakan manifestasi penting dalam industri maritim, Sehingga di perlukan kiat-kiat untuk kenyamanan crew. Salah satu upaya adalah dengan menyediakan **fasilitas air hangat** untuk tiap shower pada sistem domestic. Hal ini juga didasari oleh *marine labour convention* mengenai penyediaan *recreational facilities* pada akomodasi deck. Namun untuk penyediaan air hangat diperlukan energi listrik yang besar sehingga boros secara ekonomis. Untuk menjawab permasalahan ini maka direncanakan perencanaan aplikasi **solar water heater** pada sistem domestik untuk penyediaan air hangat. Tujuan dalam skripsi ini adalah untuk melakukan kajian kelayakan teknis dan ekonomis aplikasi solar water heater pada sistem domestik di kapal dan mendesain keyplan dan arrangement layot sistem solar water heater pada sistem domestik untuk aplikasinya onboard. Untuk metode kajian teknis digunakan perhitungan dari referensi pendukung sedangkan untuk kajian ekonomis dilakukan perbandingan ekonomis antara aplikasi solar water heater engan elektik heater menggunakan metode **present worth value**. Dari hasil analisa Secara teknis solar water heater pada sistem domestik dapat diaplikasikan dengan menambahkan by pass pipa yang menyambungkan sistem domestik dan unit solar water heater dan secara ekonomis pemasangan solar water heater akan memberikan keuntungan dari pada electric heater setelah 5 tahun

Kata Kunci : Fasilitas air hangat, *Solar water heater*, *Present worth value*

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

**DESIGN OF THERMOSIPHON PASSIVE SOLAR  
WATER HEATER FOR DOMESTIC WATER HEATER  
MT. VANDA 6300 DWT**

**Student Name** : Rega Ardian Syah  
**NRP** : 4212 105 004  
**Lecturer 1** : Ir. Hari Prastowo, M.Sc.  
**Lecturer 2** : Ir. Soemartojo WA

**ABSTRACT**

*Ship crew's is an important manifestation of the maritime industry, So we need make them comfort. One of effort is provide hot water facility for each shower in domestic system. It is also based on the marine labor convention concerning the provision of recreational facilities on deck accommodation. But to provide hot water needs big electrical energy.. To answer this problem, we can applicate solar water heater for domestic hot water supply. The purpose of this thesis is to conduct technical and economic feasibility study of the application of solar water heater in domestic system on board and design lay out and key plan for domestic system with solar water heater installation. Technical assessment methods use calculation based on valid reference and for the study of economic that compare which is less cost between solar water heater and electric heater using the present worth value. From the technical analyze solar water heater can be applied by adding by-pass pipe connecting between domestic system and solar water heater unit. From economic analyze, installation of solar water heater will give advantage after 5 years.*

*Key word : Hot water facility Solar water heater, Present worth value*

“ Halaman Sengaja dikosongkan”

# LEMBAR PENGESAHAN

## PERENCANAAN THERMOSIPHON PASSIVE SOLAR WATER HEATER SEBAGAI PEMANAS AIR PADA SISTEM DOMESTIK MT. VANDA 6300 DWT

### SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

pada

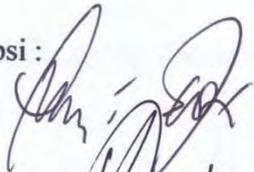
Bidang Studi Marine Machinery and System(MMS)  
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

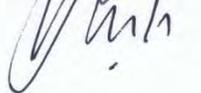
**Rega Ardian Syah**  
NRP 4212 105 004

Disetujui oleh Pembimbing Skripsi :

1. Ir. Hari Prastowo, M.Sc.

(  )

2. Ir. Soemartojo WA

(  )

SURABAYA

Maret 2014

# LEMBAR PENGESAHAN

## PERENCANAAN THERMOSIPHON PASSIVE SOLAR WATER HEATER SEBAGAI PEMANAS AIR PADA SISTEM DOMESTIK MT. VANDA 6300 DWT

### SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada

Bidang Studi Marine Machinery and System(MMS)  
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**Rega Ardian Syah**  
NRP 4212 105 004

Disetujui oleh Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan :

Ir. AA. Masroeri, M.Eng, D.Eng



SURABAYA  
Maret 2014

## KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Tuhan semesta alam, yang senantiasa melimpahkan rahmat-Nya bagi penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “ Perencanaan *Thermoshipon Passive Solar Water Heater* sebagai pemanas air pada sistem domestik MT. Vanda 6300 DWT. Tugas akhir ini merupakan bagian dari persyaratan untuk menyelesaikan studi jenjang strata 1(S1) pada jurusan Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Dengan selesainya tugas akhir ini, penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Orang tua saya, Gator Sukarno dan Retno Setyowati Purwantini , engkau berdua adalah sepasang bidadari untuk ku yang tak tergantikan.
2. Bapak Ir Hari Prastowo dan bapak Ir. Soemartojo WA selaku dosen pembimbing yang selalu membantu (terimakasih bimbingan dan motivasinya pak..)
3. Kakak saya Ervita Meredian, terimakasih buat supportnya
4. Teman-teman seperjuangan di lab mesflu , teman-teman jurusan , dan teman-teman lintas jalur (yang baik hati dan kompak marine park)
5. Pihak laen yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu yang telah memberikan banyak dukungan

Penulis

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

## DAFTAR ISI

HALAMAN PEMBUKA	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK	v
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar belakang	1
1.2 Perumusan masalah	2
1.3 Tujuan skripsi	3
1.4 Batasan masalah	3
1.5 Manfaat	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Perpindahan panas	5
2.2 Pengertian <i>solar water heater</i>	6
2.3 Prinsip <i>thermosiphon solar water heater</i>	6
2.4 Aspek utama dalam <i>aplikasi solar water heater</i>	9
2.5 Keuntungan <i>thermosiphon passive solar water heater</i>	11
2.6 Sistem domestik pada kapal	12
2.7 Instalasi <i>hot water shower</i> pada sistem domestik	14
2.8 Keamanan dalam pemakaian <i>hot water shower</i>	15
2.9 Temperature air panas yang diijinkan	18
2.10 Aturan MLC mengenai kebutuhan air hangat kapal	18
2.11 Nilai uang dari waktu	19
2.12 Pemilihan alternatif –alternatif ekonomi	20

2.12.1	Mendefinisikan alternatif investasi	21
2.12.2	Menentukan horizon perencanaan	22
2.12.3	Mengestimasi aliran kas	23
2.12.4	Menetapkan MARR	24
2.12.5	Membandingkan alternatif investasi	25
2.12.6	Pemilihan alternatif terbaik	29

### BAB III METODOLOGI

3.1	<i>Flow chart</i>	31
3.2	Diskripsi <i>flow chart</i>	33

### BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1	Perhitungan keperluan jumlah <i>solar water heater</i>	35
4.1.1	Perhitungan kebutuhan air Panas	35
4.1.2	Perhitungan kebutuhan kalor diperlukan	38
4.1.3	Perhitungan kebutuhan jumlah <i>solar water heater</i> yang diperlukan	38
4.2.	Analisa teknis sistem domestik MT Vanda 6300 DWT	40
4.2.1	Perhitungan kapasitas fluida yang diperlukan pada sistem	40
4.2.1.1	Perhitungan kebutuhan kapasitas air dingin	42
4.2.1.2	Perhitungan kebutuhan kapasitas air panas	47
4.2.1.3	Perhitungan kebutuhan kapasitas air Laut	48
4.2.2	Perhitungan <i>kapasitas hydrophore</i>	53
4.2.2.1	Perhitungan kapasitas <i>fresh water hydrophore</i>	54
4.2.2.2	Perhitungan kapasitas <i>hot water hydrophore</i>	55
4.2.2.3	Perhitungan kapasitas <i>sea water hydrophore</i>	55
4.2.3	Perhitungan Kebutuhan head	56
4.2.3.1	Perhitungan kebutuhan head suplai air tawar	57
4.2.3.2	Perhitungan kebutuhan head suplai air panas	64
4.2.3.3	Perhitungan kebutuhan head suplai air laut	70

4.2.4	Perhitungan <i>heat Losses pada hydrophore</i> air panas	76
4.2.4.1	Data masukan perhitungan	84
4.2.4.2	Perhitungan koefisien <i>heat transfer</i> masing-masing dinding	86
4.2.4.3	Perhitungan luasan daerah masing-masing dinding	88
4.2.4.4	Perhitungan total koefisien <i>heat transfer</i> masing-masing dinding	88
4.2.4.5	Koreksi temperatur dinding dalam dan luar masing-masing dinding	89
4.2.4.6	Perhitungan koefisien <i>heat transfer</i> masing-masing dinding dengan menggunakan koreksi temperatur dinding	90
4.2.4.7	Perhitungan total koefisien <i>heat transfer</i> dinding koreksi	92
4.2.4.8	Hasil perhitungan <i>heat loss</i>	92
4.3	Desain <i>key plan</i> sistem <i>solar heat water</i> pada sistem domestik di kapal MT Vanda 6300 DWT	96
4.4	Desain <i>arrangement lay out</i> sistem <i>solar heat water</i> pada sistem domestic di kapal MT Vanda 6300 DWT	98
4.5	Analisa ekonomi aplikasi <i>solar water heater</i> pada sistem domestik	101
4.5.1	Estimasi <i>life time</i> untuk investasi aplikasi <i>Solar water heater</i>	103
4.5.2	Penetapan tingkat bunga / MARR	106
4.5.3	Estimasi aliran kas investasi dari aplikasi sistem <i>solar water heater</i>	106
4.5.3.1	Biaya investasi awal	106
4.5.3.2	Biaya pengoperasian alat	115
4.5.3.3	Manfaat ekonomis yang diberikan	119
4.5.4	Analisa Keekonomisan <i>solar water heater</i>	

dengan metode <i>present worth value</i>	137
4.5.4.1 Analisa <i>Present worth value</i> dan BEP	137
4.5.4.2 Analisa <i>Future worth value</i> dan BEP	140
4.5.5 Estimasi aliran kas dari <i>existing system</i>	143
4.5.4.1 Biaya investasi awal	143
4.5.4.2 Biaya pengeluaran	144
4.5.4.3 Manfaat	145
4.5.6 Analisa kelayakan investasi <i>existing system</i> metode <i>present worth value</i>	146
4.5.6.1 Metode <i>present worth</i>	146
4.5.7 Perbandingan hasil analisa ekonomi dari aplikasi <i>solar water heater</i> dibanding <i>existing system</i>	148

## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan	151
5.2 Saran	151

## DAFTAR PUSTAKA

## BIBLIOGRAFI

## LAMPIRAN

## DAFTAR TABEL

Table 2.1 : <i>Water Temperature Effects on Adut Epidermis</i>	16
Tabel 2.2 : Contoh estimasi aliran cash sederhana	24
Tabel 4.1 : Spesifikasi solar water heater	39
Tabel 4.2 : Nilai <i>Loading unit</i> pada berbagai	40
Tabel 4.3 : Total <i>loading unit</i> peralatan yang disuplai air tawar	43
Tabel 4.4 : Total <i>loading unit</i> pipa 1 yang disuplai air tawar	44
Tabel 4.5 : Total <i>loading unit</i> pipa 2 yang disuplai air tawar	44
Tabel 4.6 : Peralatan yang disuplai air tawar pada pipa 2	44
Tabel 4.7 : Total <i>loading unit</i> pipa 3 yang disuplai air tawar	45
Tabel 4.8 : Total <i>loading unit</i> pipa 4 yang disuplai air tawar	45
Tabel 4.9 : Peralatan yang disuplai air tawar pada pipa 4	45
Tabel 4.10:Total <i>loading unit</i> pipa 5 yang disuplai air tawar	45
Tabel 4.11:Peralatan yang disuplai air tawar pada pipa 5	45
Tabel 4.12:Desain kecepatan fluida untuk air tawar dalam pipa	46
Tabel 4.13:Desain kecepatan fluida untuk air panas dalam pipa	48
Tabel 4.14:Total <i>loading unit</i> yang disuplai air laut	49
Tabel 4.15:Total <i>loading unit</i> pipa 1 yang disuplai air laut	49
Tabel 4.16:Total <i>loading unit</i> pipa 2 yang disuplai air laut	49
Tabel 4.17:Peralatan yang disuplai air laut pada pipa 2	50
Tabel 4.18:Total <i>loading unit</i> pipa 3 yang disuplai air laut	50
Tabel 4.19:Total <i>loading unit</i> pipa 4 yang disuplai air laut	50
Tabel 4.20:Peralatan yang disuplai air laut pada pipa 4	50
Tabel 4.11:Total <i>loading unit</i> pipa 5 yang disuplai air laut	51
Tabel 4.22:Desain kecepatan fluida untuk air laut dalam pipa	51
Tabel 4.23:Hasil perhitungan kapasitas untuk sistem domestik	52
Tabel 4.24:Hasil perhitungan koefisien gesek pipa air tawar	60
Tabel 4.25:Hasil perhitungan koefisien gesek pipa air panas	66
Tabel 4.26:Hasil perhitungan koefisien gesek pipa air laut	71

Tabel 4.27: Spesifikasi hydrophore yang dibutuhkan sistem	76
Tabel 4.28: Data masukan dalam perhitungan <i>heat losses</i>	84
Tabel 4.29: Hasil perhitungan koefisien thermal	86
Tabel 4.30: Luas permukaan dinding tanki	88
Tabel 4.31: Total koefisien <i>heat losses</i>	89
Tabel 4.32: Koreksi temperatur pada dinding tanki	90
Tabel 4.33: Hasil perhitungan koefisien <i>heat loss</i> setelah koreksi temperatur pada dinding	90
Tabel 4.34: Total koefisien <i>heat loss</i> hasil koreksi	92
Tabel 4.35: Hasil <i>heat loss</i> yang terjadi pada tanki	93
Tabel 4.36: Tabel perbandingan spesifikasi pipa	94
Tabel 4.37: Tabel perbandingan spesifikasi hydrophore	95
Tabel 4.38: Tabel Investasi unit solar water heater	106
Tabel 4.39: Investasi instalasi baypas domestik ke SWH unit	112
Tabel 4.40: Biaya penggantian komponen bypass pipa	117
Tabel 4.41: Biaya penggantian komponen Solar water heater	117
Tabel 4.42: Data kemampuan jelajah kapal Vanda	118
Tabel 4.43: Efisiensi penggunaan <i>solar water heater</i>	134
Tabel 4.44: Manfaat energi dari <i>solar water heater</i> dalam rupiah	135
Tabel 4.45: Manfaat sepanjang lifetime <i>solar water heater</i>	136
Tabel 4.46: Konversi nilai caliran kas ke present worth value	137
Tabel 4.47: <i>Present worth value</i> pengeluaran vs pemasukan aplikasiSolar water heater selama 15 tahun	138
Tabel 4.48: Konversi nilai caliran kas ke future worth value	140
Tabel 4.49: <i>Future worth value</i> pengeluaran vs pemasukan aplikasiSolar water heater selama 15 tahun	141
Tabel 4.50: Konversi nilai aliran kas ke <i>present worth value</i> dari existing System	146
Tabel 4.51 :Tabel present worth value pengeluaran vs pemasukan existing system selama 15 tahun	147

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 : Fenomene <i>green house effect</i>	7
Gambar 2.2 : Konduktivitas metal/logam berbeda-beda	8
Gambar 2.3 : Sifat air berdasarkan suhu	8
Gambar 2.4 : Sumbatan akibat kontaminan mineral yang terkandung dalam air	9
Gambar 2.5 : Aspek utama dalam <i>solar water heater</i>	10
Gambar 2.6 : Skema sistem <i>solar water heater</i> bertipe Thermosiphon	11
Gambar 2.7 : Ruang Wastafel dan toilet di kapal	12
Gambar 2.8 : Contoh skema <i>domestic water system</i>	13
Gambar 2.9 : Contoh <i>SW and FW supply arrangement</i>	14
Gambar 2.10: Instalasi sistem air panas pada <i>hot water shower</i>	14
Gambar 2.11: Bahaya Legionella	17
Gambar 2.12: Ilustrasi penentuan periode perencanaan	22
Gambar 2.13: Estimasi aliran kas sederhana	24
Gambar 2.14: Ilustrasi titik impas	28
Gambar 3.1 : Diagram alur pengerjaan skripsi	32
Gambar 4.1 : Desain kapasitas peralatan	35
Gambar 4.2 : Grafik konversi <i>loading unit</i>	41
Gambar 4.3 : Sistem suplai air tawar pada sistem domestik MT. Vanda 6300 DWT	43
Gambar 4.4 : Sistem suplai air panas pada sistem domestik MT. Vanda 6300 DWT	47
Gambar 4.5 : Sistem suplai air laut pada sistem domestik MT. Vanda 6300 DWT	48
Gambar 4.6 : Diagram Moody	59
Gambar 4.7 : Prinsip Heat loss dalam tanki tekan vertikal	77

Gambar 4.8 :	<i>Key plan</i> sistem domestik dengan aplikasi <i>solar water heater</i>	97
Gambar 4.9.:	<i>Arrangement lay out</i> Sistem <i>Solar Heat Water</i> pada sistem domestik di kapal MT Vanda 6300 DWT bagian 1/2	99
Gambar 4.10 :	<i>Arrangement lay out</i> Sistem <i>Solar Heat Water</i> pada sistem domestik di kapal MT Vanda 6300 DWT bagian 2/2	100
Gambar 4.11:	Hydrophore air panas / Calorifier pada MT Vanda 6300 DWT	104
Gambar 4.12:	Horizon perencanaan yang di tetapkan	105
Gambar.4.13:	Unit solar water heater Wika 150 LC beserta pondasinya	107
Gambar 4.14 :	Pipa cast iron	108
Gambar 4.15 :	Pipa tembaga	109
Gambar 4.16 :	Ball valve	109
Gambar 4.17 :	NRV valve	110
Gambar 4. 18 :	T connector	110
Gambar 4.19 :	Elbow 90	111
Gambar 4.20 :	Straigh fitting join	111
Gambar 4.21 :	Male dan Female reducer	112
Gambar 4.22 :	Insulasi rock wool bentuk blanket	112
Gambar 4.23:	Persebaran intensitas radiasi matahari di dunia	120
Gambar 4.24 :	Lama penyinaran tahunan matahari di jakarta	121
Gambar 4.25 :	Intensitas radiasi matahari di jakarta	121
Gambar 4.26 :	Grafik <i>present worth value solar water heater</i>	138
Gambar 4.27:	Grafik <i>future worth value solar water heater</i>	141
Gambar 4.28 :	<i>Immersion electric heater</i>	143
Gambar 4.29:	Grafik <i>present worth value existing system</i>	148
Gambar 4.30	<i>Present worth value</i> aplikasi <i>solar water heater vs Existing system</i>	149

## **BAB I PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Crew Kapal merupakan manifestasi penting dalam industri maritim, dimana mereka inilah yang menggerakkan dan berdiri di garda depan sebagai pelaku utama dalam pengoperasian sebuah kapal saat berlayar. Oleh karena itu di perlukan kiat-kiat untuk kenyamanan crew itu sendiri ketika berada diatas kapal saat berlayar. Dapat kita bayangkan untuk jarak pelayaran yang jauh dan membutuhkan waktu yang lama tentunya faktor kenyamanan ketika berlayar di atas kapal merupakan hal yang sangat penting. Salah satu upaya untuk meningkatkan kenyamanan untuk crew kapal adalah dengan menyediakan fasilitas air hangat pada sistem domestic di kapal

Fasilitas air hangat sangat bermanfaat untuk semua crew yang bekerja diatas kapal saat kapal berlayar. Lepas dari itu salah satu aplikasi dari penyediaan air hangat yang bermanfaat adalah penyediaan *hot water* pada *shower* untuk tiap-tiap kamar mandi crew. karena *hot water shower* mempunyai banyak manfaat. Mandi air hangat dapat mengurangi kelelahan, mengurangi spasme otot, merelaksasi otot, dan merelaksasi badan, selain itu dapat menyegarkan badan dan menghilangkan racun melalui pori-pori pada batasan waktu tidak lebih dari 15 menit (Kevin Ebner). Oleh karena itu hal ini sangat baik untuk di sediakan untuk menunjang kesehatan dan kesegaran bagi crew yang bekerja selama berlayar. Hal ini juga didasari oleh Marine Labour Convention pada bagian Regulation 3.1 mengenai accomodation dan recreational facilities disebutkan bahwa pada kapal harus menyediakan akomodasi dan fasilitas rekreasi yang baik untuk menunjang kesehatan untuk para pekerja diatas kapal. Tentunya fasilitas ini termasuk fasilitas rekreasi yang baik dan menunjang

kesehatan para crew diatas kapal sesuai dengan apa yang di syaratkan oleh Marine Labour Convention.

Air hangat pada system domestic ini dapat di dapatkan dengan cara pemanasan air baik dengan menggunakan steam dari boiler maupun secara electric, Namun untuk penyediaan air hangat untuk shower jarang diperhatikan, yang menjadi permasalahan adalah untuk menyediakan fasilitas ini sangat memboroskan energi terutama bila menggunakan energi listrik/secara electric, sebagai gambaran keperluan pemanas air untuk 1 kamar mandi dengan kapasitas sebesar 100L memerlukan daya listrik sebesar 1,5 KW sedangkan bila di kapal terdapat 10 kamar mandi saja maka daya yang harus di sediakan adalah sebesar 15 KW, bisa dibayangkan betapa borosnya penggunaan pemanas air dengan energi listrik ini. Oleh karena itu diperlukan suatu jalan keluar untuk mendapatkan air hangat/panas yang hemat dan tentunya ramah lingkungan. Untuk menjawab permasalahan ini maka direncanakan perencanaan sistem pemanas air dengan menggunakan energi solar dengan type sistem *thermosiphon passive* untuk energi alternatif pada sistem domestik untuk penyediaan air hangat.

## 1.2 Perumusan Masalah

Dari latar belakang diatas maka diambil rumusan masalah sebagai berikut.

1. Bagaimana aturan MLC terkait kebutuhan air hangat untuk kebutuhan domestik?
2. Bagaimana Kelayakan teknis pemasangan solar heat water bertipe *thermosiphon* pada sistem domestik?
3. Bagaimana desain keyplan beserta spesifikasi teknis pemasangan solar water heater untuk studi kasus pada kapal untuk pemasangan onboard?

4. Bagaimana Lay out arrangement pemasangan solar water heater untuk studi kasus pada kapal untuk pemasangan onboard?
5. Bagaimana Kelayakan ekonomis pemasangan solar heat water bertipe thermosiphon dibanding dengan pemakaian electric heater?

### **1.3 Tujuan Skripsi**

Tujuan dari skripsi ini adalah

1. Untuk mempelajari sistem domestik untuk kebutuhan crew kapal dan aturan-aturan yang terkait.
2. Melakukan kajian kelayakan teknis terhadap sistem domestik dan pemakaian sistem solar water heater pada sistem domestik di kapal.
3. Membuat desain keyplan sistem solar water heater dan technical specification nya.
4. Membuat lay out/ arrangement peralatan pada sistem tersebut pada aplikasinya onboard
5. Melakukan kajian kelayakan ekonomis terhadap pemakaian solar water heater dibanding dengan electric heater

### **1.4 Batasan Masalah**

Pada skripsi ini batasan masalah adalah sebagai berikut

1. Analisa kebutuhan energi panas untuk energi panas yang didapatkan dari matahari
2. Analisa teknis fokus pada kelayakan teknis sistem domestik dan aplikasi solar water heater untuk pemanas air pada sistem domestik
3. Analisa ekonomi fokus pada perbandingan keekonomisan penggunaan heater untuk pemanas air antara elektik heater dibanding dengan solar water heater

4. Perbandingan Ekonomi digunakan dalam bentuk mata uang rupiah dan menggunakan metode analisa present worth value
5. Pada analisa ekonomis energi yang di konversi dalam bentuk rupiah diambil dari kebutuhan listrik pada generator untuk kebutuhan pemanasan air.

### **1.5 Manfaat**

Dengan adanya skripsi ini maka diharapkan memberikan manfaat sebagai berikut.

1. Menyediakan perencanaan yang baik untuk sistem domestik dengan aplikasi solar water heater.
2. Untuk mengetahui perbandingan ekonomis pemakaian solar water heater dibanding electric heater
3. Sebagai inspirasi untuk meminimalkan penggunaan energi yang tidak dapat diperbarui
4. Sebagai bahan referensi untuk pembelajaran yang serupa

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Perpindahan Panas

Panas akan mengalir dari tempat yang suhunya lebih tinggi ke tempat yang suhunya lebih rendah.

Dimana mekanisme perpindahan panas ada 3

#### 1. Konduksi

Konduksi adalah perpindahan panas karena adanya kontak langsung antar permukaan benda. Konduksi ini bergantung pada zat yang dilaluinya dan distribusi temperatur benda yang dilaluinya. Berlangsungnya konduksi ini dapat diketahui dengan perubahan temperatur. Persamaan yang dapat digunakan untuk menghitung perpindahan kalor secara konduksi yaitu:

$$q = -k A \frac{dT}{dx}$$

Persamaan diatas disebut dengan hukum fourier dimana  $q$  merupakan laju perpindahan kalor konduksi,  $dT/dx$  merupakan gradient suhu kearah perpindahan kalor. Konstanta  $k$  merupakan konduktivitas thermal dari benda. Setiap benda memiliki konduktivitas thermal tertentu yang mempengaruhi perpindahan panas pada benda, semakin tinggi konduktivitas thermal maka semakin cepat benda dapat mengalirkan panas.

#### 2. Konveksi

Adalah proses perpindahan panas yang terjadi antara permukaan padat dengan fluida yang mengalir disekitarnya, dengan menggunakan media penghantar berupa fluida cair maupun gas. Aliran fluida akan berlangsung sendiri akibat perbedaan massa jenis karena perbedaan temperatur dan dapat juga berupa paksaan

akibat pompa ataupun kompresor. Konveksi panas pada aliran massa dapat diartikan sebagai arus panas yang bergantung dengan aliran, luas penampang dan beda temperatur. Hal ini dapat dilihat dari persamaan

$$Q = h A \Delta T$$

$h$  merupakan koefisien perpindahan kalor konveksi. Dari persamaan diatas, kita dapat memahami bahwa perpindahan kalor secara konveksi bergantung pada viskositas fluida disamping ketergantungannya kepada sifat-sifat thermal fluida itu(konduktivitas termal, kalor spesifik, densitas). Hal tersebut dapat dimengerti karena viskositas mempengaruhi kecepatan dan akhirnya mempengaruhi perpindahan energi pada suatu benda

### 3. Radiasi

Adalah proses perpindahan panas yang terjadikarena pancaran /sinaran/radiasi gelombang elektromagnetik tanpa memerlukan media perantara.

Dimana dirumuskan dengan rumusan

$$q = \sigma A T^4$$

## 2.2 Pengertian *Solar Water Heater*

Merupakan pemanas air yang memanfaatkan panas matahari sebagai energi panas untuk memanaskan air.

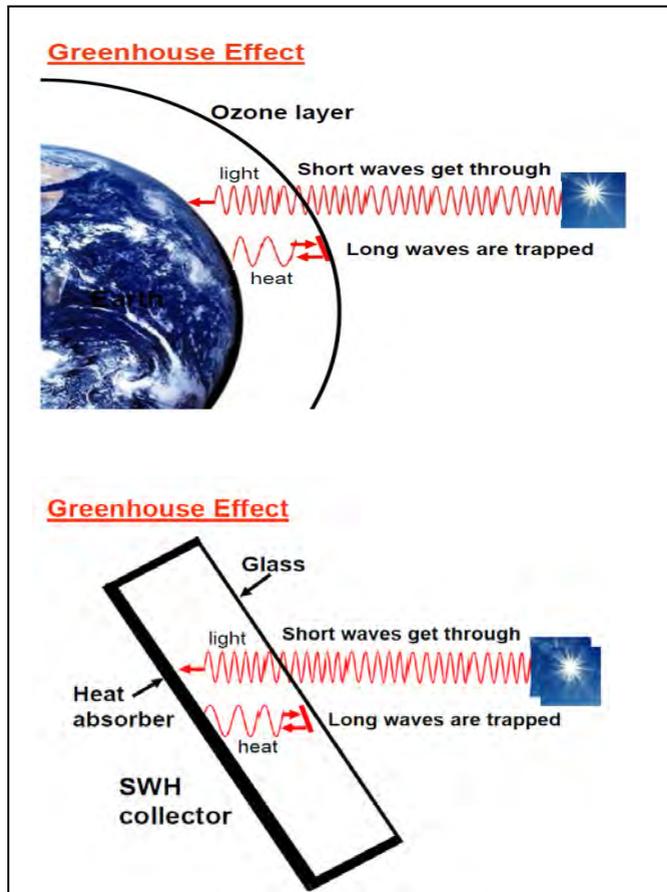
## 2.3 Prinsip *Thermosipon Passive Solar Water Heater*

Ada beberapa prinsip yang dipakai dalam sebuah solar water heater yaitu,

### 1. Green House effec

Dimana terjadi fenomena di alam bahwa cahaya dari matahari dapat menembus lapisan ozon pada bumi namun efek panas yang dihasilkan tidak dapat keluar atau

terjebak di dalam permukaan bumi karena ada lapisan ozon. Hal tersebut terjadi juga dalam sebuah panel kaca pada solar water heater.

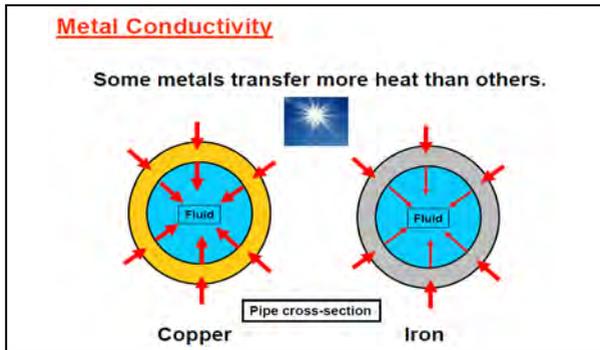


Gambar 2.1 : Fenomene Green House Effect

Sumber : Solar Hot Water System PG&E Pacific Energy Center, San Francisco Energy Training Center, Stockton

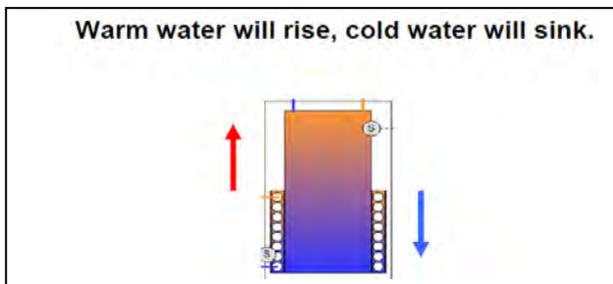
## 2. Konduktivitas logam/metal

Bahwa setiap logam memiliki tingkat konduktivitas atau kemampuan menyerap panas yang berbeda-beda, contohnya adalah tembaga memiliki tingkat konduktivitas yang lebih baik daripada besi sehingga bahan tembaga lebih baik digunakan dalam sebuah sistem water heater daripada besi dalam konteks tingkat konduktivitasnya.



Gambar 2.2 : Konduktivitas metal/logam berbeda-beda  
 Sumber : Solar Hot Water System PG&E Pacific Energy Center,  
 San Francisco Energy Training Center, Stockton

## 3. Sifat Air Berdasarkan suhu



Gambar 2.3 : Sifat air berdasarkan suhu  
 Sumber : Solar Hot Water System PG&E Pacific Energy Center,  
 San Francisco Energy Training Center, Stockton

Bahwa air memiliki sifat unik terkait dengan suhu yaitu air yang memiliki suhu tinggi selalu berada di atas air yang memiliki suhu lebih rendah.

#### 4. Kandungan Mineral air

Dimana air mengandung kontaminan mineral yang sebagian besar merupakan kalsium dan magnesium sehingga berpotensi menyebabkan sumbatan



Gambar 2.4 : Sumbatan akibat kontaminan mineral yang terkandung dalam air

Sumber : Solar Hot Water System PG&E Pacific Energy Center, San Francisco Energy Training Center, Stockton

## 2.4 Aspek utama dalam aplikasi *Solar Water Heater*

Ada lima aspek utama terpenting dalam sebuah perencanaan sistem *solar water heater*, yaitu:

### 1. *Heat Collection*

Merupakan aspek penjemput dan penyerapan panas dari matahari, biasanya dilakukan oleh panel-panel kaca.

### 2. *Heat Transfer*

Aspek pentransfer panas dimana dalam solar water heater media pentransfer panas adalah air

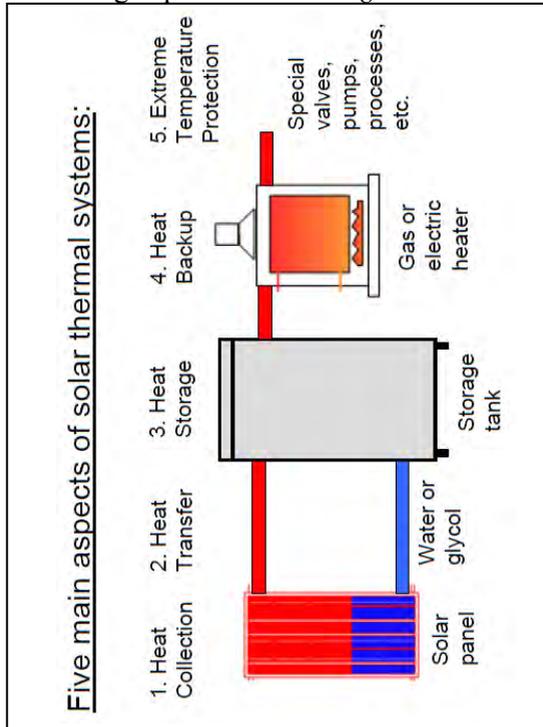
### 3. *Heat Storage*

Merupakan penyimpan air yang dipanaskan untuk kemudian disuplai pada sistem yang butuh panas

### 4. *Heat Back up*

*Solar water heater* sangat tergantung pada keberadaan matahari sehingga membutuhkan sistem back up baik electrical, gas maupun yang lain untuk dipakai untuk sistem heating ketika energi matahari tidak memungkinkan lagi untuk diserap.

### 5. Perlindungan pada *over heating*



Gambar 2.5 : Aspek utama dalam *solar water heater*

Sumber : Solar Hot Water System PG&E Pacific Energy Center, San Francisco Energy Training Center, Stockton

## 2.5 Keuntungan *Thermosiphon Passive Solar Water Heater*

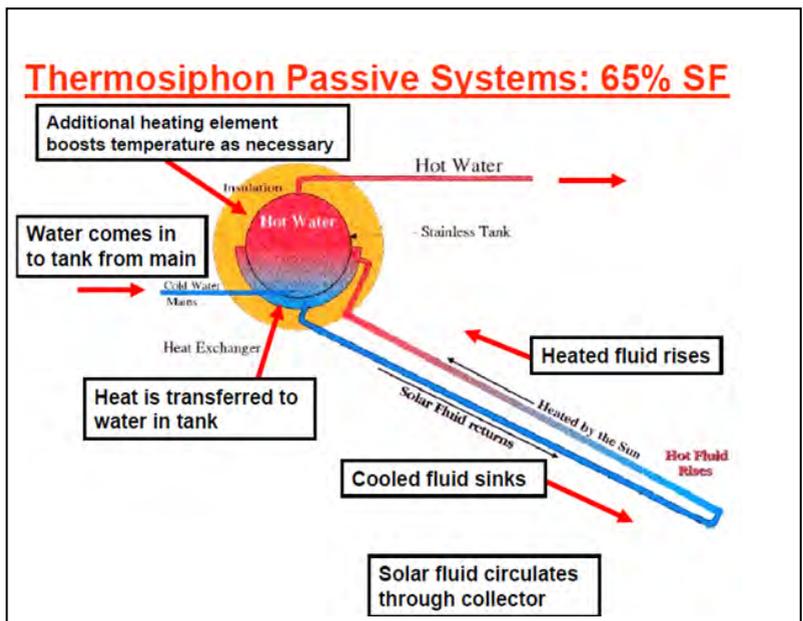
Merupakan jenis dari *solar water heater* yang memanfaatkan sifat air dimana suhu panas akan cenderung bergerak ke atas sehingga tidak diperlukanya pompa untuk mensirkulasikan air pada bagian panel glassnya, keuntungan dan kerugian sistem ini adalah:

Keuntungan:

1. Memiliki performasnsi panas yang tinggi
2. Tidak sensitif pada temperatur ambient
3. Tidak ada part yang bergerak

Kerugian:

1. Tanki utama harus berada diatas kolektor



Gambar 2.6 : Skema sistem solar water heater bertipe *thermosiphon*

Sumber : Solar Hot Water System PG&E Pacific Energy Center, San Francisco Energy Training Center, Stockton

## 2.6 Sistem Domestik pada Kapal

Domestic Sistem adalah sistem yang di buat dengan tujuan yang melayani kebutuhan ABK di kapal selama pelayaran.

### *SW & FW Supply System*

*SW & FW supply System* merupakan sistem yang digunakan untuk pemenuhan air tawar (fresh water) dan air laut (sea water) untuk pemenuhan kebutuhan para ABK dan ruang akomodasi. Penggunaan tersebut antara lain pada ruang atau tempat sebagai berikut:

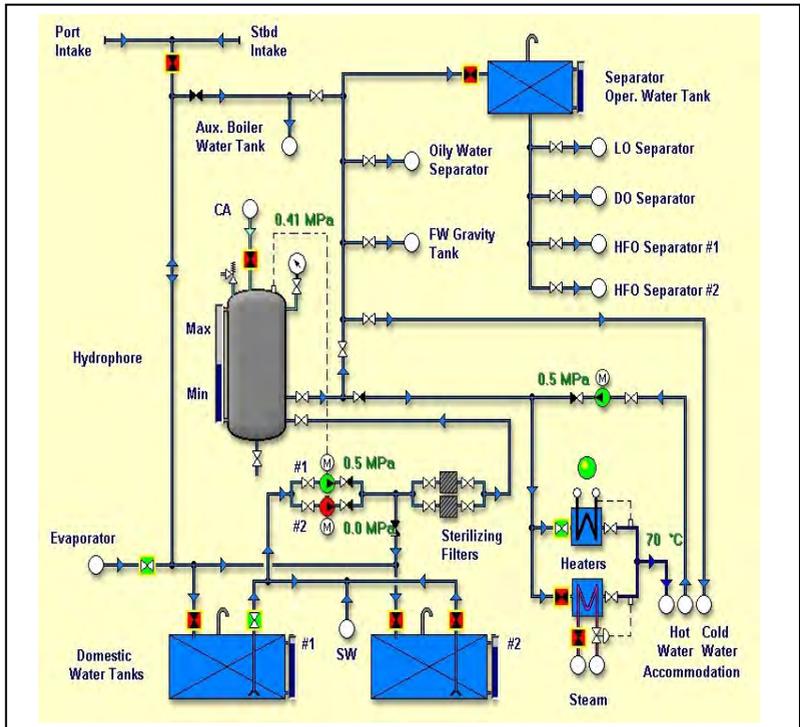


Gambar 2.7 : Ruang Wastafel dan toilet di kapal MT VANDA 6300 DWT  
 Sumber : Koleksi Pribadi Foto Lapangan MT Vanda 6300 DWT Untuk Tujuan Studi

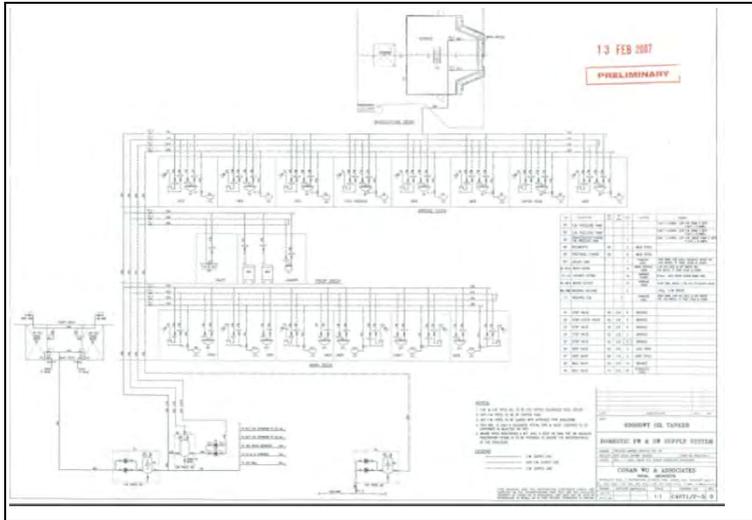
- a. Tempat cuci / laundry
- b. Dapur / galley
- c. Kamar mandi dan WC
- d. Wastafel
- e. Pencucian geladak
- f. General Services

Dimana Komponen utama dari SW & FW Supply System adalah sebagai berikut.

- a. *Sea Chest* = Merupakan lubang tempat masuknya air laut untuk kebutuhan air laut di kapal
- b. *Sea water pump* = Untuk memindahkan air laut dari sea chest ke seawater hydrophore
- c. *Sea water hydrophore* = tempat penyimpanan air laut sebelum didistribusikan untuk keperluan domestik
- d. *Fresh Water Tank* = Tanki tempat penyimpanan air tawar di kapal
- e. *Fresh water pump* = Untuk memindahkan air tawar dari tanki air tawar ke fresh water hydrophore
- f. *Fresh water hydrophore* = Tempat penyimpnan air tawar sebelum didistribusikan untuk keperluan domestik

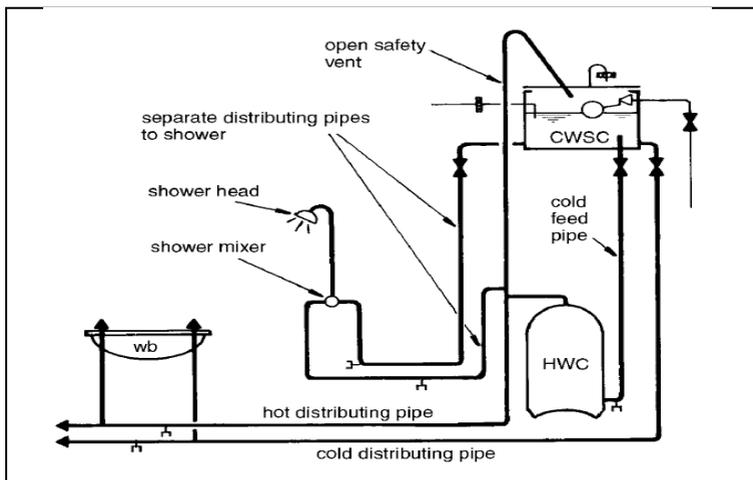


Gambar 2.8 : Contoh skema Domestic Water System



Gambar 2.9 : Contoh SW and FW supply arrangement  
 Sumber : Koleksi Pribadi Foto Lapangan MT Vanda 6300 DWT  
 Untuk Tujuan Studi

## 2.7 Instalasi Hot Water Shower Pada Sistem Domestik



Gambar 2.10 Instalasi sistem air panas pada hot water shower  
 Sumber : Hot and Cold Water Supply R.H. Garret, Eng Tech Hal. 126

Pada umumnya instalasi *hot shower* yang dipakai adalah sistem *mixing* yaitu dimana air panas yang terdapat di storage tank di campur kembali dengan air dingin hal ini dilakukan karena air panas di tanki storage masih memiliki suhu tinggi. Sistem *mixing* ini disuplai dari pipa yang berbeda sehingga mengurangi resiko variasi aliran maupun tekanan dan mengeliminasi resiko *back flow*. Instalasi dapat dilihat seperti pada gambar diatas

## **2.8 Keamanan Dalam Pemakaian *Hot Water Shower***

Air panas dapat menyebabkan cedera, ada 2 jenis cedera karena panas yaitu scalding dan thermal shock, meskipun ceder karena scalding sangat jarang di temukan.

Namun hal ini perlu diperhatikan karena dengan meningkatkan suhu dari air panas sedikit saja maka efek scalding akan terasa jauh lebih serius , misalkan pada suhu 45 drajad celcius terjadi kerusakan pada kulit akan terasa ketika terpapar selama 2 jam namun dengan naiknya suhu 2 drajad saja maka akan terjadi kerusakan pada kulit hanya dalam waktu 20 menit terpapar air panas dan kulit terbakar, oleh karena itu perlu di perhatikan suhu dalam perencanaan sebuah pemanas.

Informasi mengenai resiko kulit terbakar dan lama waktu terjadinya di dapatkan dari penelitian oleh Drs. Moritz dan Henriques di sekolah kedokteran Harvald pada tahun 1940. Pada penelitian tersebut Lama waktu terjadinya kulit terbakar dibagi menjadi 2 tahap yaitu tahap pertama dan tahap kedua dipengaruhi oleh temperatur dan lama waktu kulit terpapar yang ditunjukkan pada tabel dibawah ini

Table 2.1 : *Water Temperature Effects on Adult Epidermis*

Temperature		First Degree	Second Degree
°C	°F	No Reversible Damage	Full Thickness Injury
44°	111°	4.5 hours	5 hours
45°	113°	2.0 hours	3 hours
47°	116.4°	20 minutes	45 minutes
48°	118.4°	15 minutes	20 minutes
49°	120°	8 minutes	10 minutes
51°	124°	2 minutes	4.2 minutes
52°	125.6°	45 seconds	1.5 minutes
53°	127.4°	30 seconds	60 seconds
55°	131°	17 seconds	30 seconds
60°	140°	3 seconds	5 seconds
66°	151°	—	2 seconds
70°	158°	—	1 second

*Sumber: Water temperature control and limitation, David W. Viola Technical Director Plumbing Manufacturers Institute*

Selain daripada yang tercantum diatas untuk Keamanan pada sebuah sistem pemanas air harus diperhatikan dua faktor penting, yaitu scalding dan legionella

### 1. *Scalding*

merupakan terbakarnya kulit akibat efek dari air panas yang merusak epidermis atau bagian pada kulit.

### 2. *Legionella*

merupakan patogen yang umum di jumpai pada tanki sistem pemanas air dan sangat merugikan karena dapat menyebabkan gangguan pernapasan, paru-paru dan pneumonia. Patogen ini aktif dan membelah diri pada suhu 25°C sampai 50°C dan sangat membahayakan karena air yang tercemar oleh patogen ini bila terjadi penguapan maka udara akan terkontaminasi oleh patogen ini dan menyebabkan permasalahan kesehatan pada manusia terutama pada pernapasan.



Gambar 2.11 : bahaya Legionella

Sumber: [www.ctsltd.com](http://www.ctsltd.com)

Menurut *The chartered institute of plumbing and heating engineering* untuk mencegah 2 hal di atas harus diperhatikan temperatur air yang dibutuhkan untuk membunuh legionella dan temperatur maksimal untuk mencegah terjadinya scalding.

- a. Efek temperatur air terhadap legionella
  - 70°C sampai 80°C merupakan desinfektan range
  - 66°C Legionella mati dalam waktu 2 menit
  - 60°C Legionella mati dalam waktu 32 menit
  - 55°C Legionella mati dalam waktu 5-6 jam
  - 20°C sampai 45°C Legionella berlipat ganda
  - 20°C dan dibawahnya Legionella tidak aktif
- b. Efek temperatur terhadap scalding
  - 65°C Kulit luar terbakar dalam 2 detik
  - 60°C Kulit luar terbakar dalam 5 detik
  - 55°C Kulit luar terbakar dalam 15 detik
  - 50°C Kulit luar terbakar dalam 90 detik
- c. Suhu yang aman bagi kulit untuk air panas
 

<i>Bidet</i>	38°C
<i>Shower</i>	41°C
<i>Washbasin</i>	41°C
<i>Bath</i>	44°C
<i>Supervised bath</i>	46°C

## 2.9 Temperature air Panas Yang diijinkan

Temperatur air hangat harus diperhatikan terkait kenyamanan dan keamanan terhadap pengaplikasian air hangat. Berdasarkan *chartered institute of plumbing and heating* maksimum outlet temperatur air hangat adalah sebagai berikut.

Suhu maksimum yang aman bagi kulit untuk air panas

<i>Bidet</i>	38°C
<i>Shower</i>	41°C
<i>Washbasin</i>	41°C
<i>Bath</i>	44°C
<i>Supervised bath</i>	46°C

## 2.10 Aturan MLC Mengenai Kebutuhan Air Hangat Di Kapal

Peraturan mengenai kebutuhan air hangat di kapal tertuang dalam *Marine Labour Convention*. Beberapa point dalam MLC membahas mengenai kebutuhan tersebut yaitu pada *Regulation 3.1 Accomodation and recreational Facilities*

1. Pada poin *Guidlines B.3.1.9* dijelaskan bahwa bila ada fasilitas untuk *personil engine departement* untuk mengganti pakaian kerja disediakan maka harus, :
  - a. Terletak di luar kamar mesin namun memiliki akses yang mudah untuk ke kamar mesin
  - b. Di pasang loker untuk pakaian individual dengan tubs atau *shower* atau keduanya dan *washbasin* yang menyediakan *air hangat* dan air dingin .
2. Pada poin *standrat A.3.1 Accomodation and recreational Facilities* 11.F dijelaskan bahwa air hangat dan air dingin disediakan pada semua *wash place*
3. Pada poin *standrat A.3.1 Accomodation and recreational Facilities* 11.D dijelaskan untuk pengecualian kapal penumpang setiap tempat tidur bila disediakan *wash basin* dilengkapi air hangat dan air dingin kecuali untuk *wash basin pada kamar mandi pribadi*

## 2.11 Nilai Uang Dari Waktu

Nilai uang senantiasa berubah dengan berjalanya waktu. Dengan berjalanya waktu sering kita dapati untuk mendapatkan barang sama jenis dan jumlahnya diperlukan jumlah uang yang semakin banyak. Ini berarti daya beli senantiasa menurun. Fenomena ekonomi ini kita kenal dengan istilah inflasi

Dengan contoh yang sederhana ketika kita meminjam uang sebesar 10.000 rupiah dibank sebulan yang lalu dengan bunga 1% perbulan maka utang kita saat ini menjadi 10.100 rupiah. Dapat di katakan nilai 10.000 rupiah bulan lalu adalah sama dengan nilai 10.100 rupiah. Kesamaan nilai finansial ini dikenal dengan istilah ekivalensi. Nilai 100 merupakan bunga selama sebulan dan 10.000 rupiah dikatakan sebagai induk.

Sehingga bila di perjelas maka ekivalensi merupakan kesamaan nilai uang secara finansial pada waktu yang berbeda

Maka untuk melakukan ekivalensi diperlukan mengetahui 3 hal

1. Jumlah yang dipinjam atau diinvestasikan
2. Periode peminjaman / periode investasi
- 3 Tingkat bunga yang dikenakan

Definisi tingkat bunga menurut ANZI Z94.5 – 1972 adalah bunga yang dibayarkan terhadap induk dalam suatu periode waktu dan biasanya dinyatakan dalam persentase dari induk. Secara matematis sebagai berikut.

$$\text{Tingkat Bunga} = \frac{\text{Bunga yang dinyatakan per unit waktu}}{\text{Induk}} \times 100\% \quad ^1$$

---

<sup>1</sup> Ekonomi Teknik, I nyoman Pujawan Hal. 12

Ada 2 jenis bunga yang biasa dipakai untuk melakukan perhitungan nilai uang dari waktu.

a. Bunga sederhana

Dimana bunga hanya dihitung dari induk tanpa memperhitungkan bunga yang telah diakumulasikan pada periode sebelumnya. Dimana dirumuskan

$$I = P \times i \times N$$

Dimana

I = Bunga yang terjadi (Rupiah)

P = Induk yang dipinjam

i = Tingkat bunga per periode

N = Jumlah periode yang dilibatkan

b. Bunga majemuk

Bunga yang dihitung berdasarkan besar induk ditambah dengan besar bunga yang telah terakumulasi pada periode sebelumnya atau kita sebut dengan istilah bunga berbunga.

Namun dalam perhitungan ekonomi yang biasa digunakan adalah bunga majemuk. Untuk penggunaan bunga sederhana jarang dilakukan.

## 2.12 Pemilihan Alternatif –Alternatif Ekonomi

Dalam sebuah investasi akan dihadapkan pada pemilihan alternatif-alternatif dan salah satu kriteria yang selalu disertakan dalam pemilihan alternatif adalah pertimbangan moneter dari investasi yang akan dievaluasi. Dalam pemilihan alternatif ekonomi terdiri dari 7 langkah sistematis yaitu<sup>3</sup>

---

<sup>2</sup> Ekonomi Teknik, I nyoman Pujawan Hal. 13

<sup>3</sup> Ekonomi Teknik, I nyoman Pujawan Hal. 71

1. Mendefinisikan sejumlah alternatif yang akan dianalisis
2. Mendefinisikan horizon perencanaan (Bingkai waktu) yang akan digunakan dalam perbandingan alternatif
3. Estimasi aliran kas masing-masing alternatif
4. Menetapkan MARR yang akan digunakan
5. Membandingkan alternatif dengan ukuran yang dipilih
6. Melakukan analisis pelengkap
7. Memilih alternatif terbaik

### **2.12.1 Mendefinisikan Alternatif Investasi**

Fase yang paling awal dalam proses pengambilan keputusan investasi adalah mendefinisikan alternatif – alternatif investasi yang layak dipertimbangkan dalam analisis. Ada 3 jenis alternatif yang berkaitan dalam proses penentuan alternatif ekonomi, yaitu

1. Alternatif *Independent*

Ketika pemilihan atau penolakan suatu alternatif tidak akan mempengaruhi alternatif lain. Sebagai contoh ada 2 alternatif A dan B maka bila ada pemilihan atau penolakan alternatif A maka tidak mengakibatkan alternatif B akan ditolak atau dipilih. Sehingga pengambilan keputusan bisa memilih keduanya atau memilih A saja atau sebaliknya memilih B saja.

2. Alternatif *Mutually Exclusive*

Apabila pemilihan satu alternatif mengakibatkan penolakan alternatif yang lain. Sebagai contoh ada 2 alternatif A dan B maka bila ada pemilihan alternatif A maka mengakibatkan alternatif B akan ditolak.

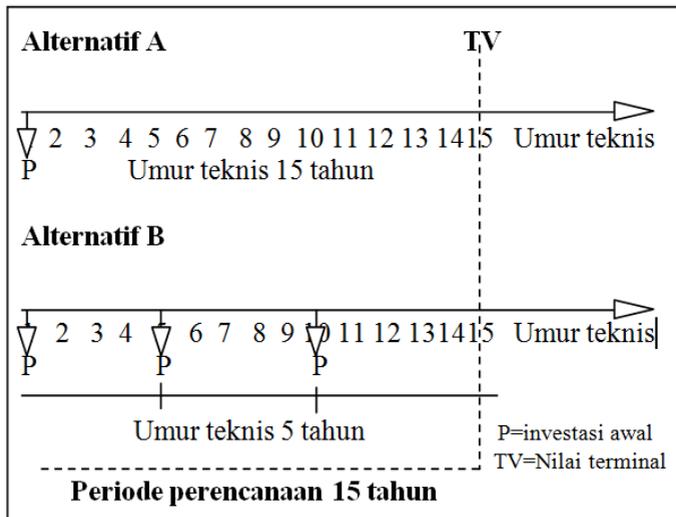
3. Alternatif *conditional*

Apabila pemilihan suatu alternatif tergantung pada alternatif lainnya. Sebagai contoh alternatif A dapat dilakukan bila Alternatif B berjalan.

### 2.12.2 Menentukan Horizon Perencanaan

Horizon perencanaan adalah bingkai waktu yang digunakan untuk membandingkan alternatif-alternatif ekonomi. Dalam menentukan horizon perencanaan ada 3 situasi yang dihadapi.

1. Alternatif yang dibandingkan memiliki umur teknis yang sama
2. Alternatif yang dibandingkan memiliki umur teknis berbeda
3. Alternatif yang dibandingkan memiliki umur yang abadi



Gambar 2.12: Ilustrasi penentuan periode perencanaan

Idealnya alternatif dibandingkan dengan umur waktu yang identik. Apabila alternatif memiliki umur teknis yang tidak sama maka ada beberapa cara yang bisa dilakukan untuk menetapkan horizon perencanaan.

1. Menggunakan Kelipatan persekutuan terkecil(KPK) dari umur alternatif yang dipertimbangkan. Misal alternatif A,B dan C masing-masing memiliki umur 2, 3 dan 4 tahun maka horizon perencanaannya adalah 12 tahun bila kita menggunakan KPK nya. Namun cara ini tidak cocok bila da perubahan aliran kas secara radikal seperti inflasi yang sangat cepat dan bila KPK nya terlalu besar semisal alternatif A berumur 11 tahun dan alternatif B 17 tahun maka KPK nya adalah 187 tahun maka horizon sepanjang ini tidak akan bisa dipercaya
2. Menggunakan deret seragam dimana deret seragam menunjukkan jumlah pengeluaran yang sam tiap periode waktu. Dengan cara ini kita tidak perlu memilih horizon perencanaan yang sama untuk semua alternatif apabila alernatif-alternatif memiliki umur yang tidak sama.
3. Menggunakan umur alternatif yang lebih pendek dengan menganggap sisa nilai dari alternatif yang lebih panjang pada akhir periode perencanaan sebagai nilai sisa
4. Menggunakan umur alternatif yang lebih panjang dengan menganggap umur alternatif yang lebih pendek sebagai perulangan dan pada akhir periode perencanaan sisa waktu dari perulangan dianggap sebagai nilai sisa
5. Menetapkan periode yang umum dipakai, biasanya antara 5 -10 tahun

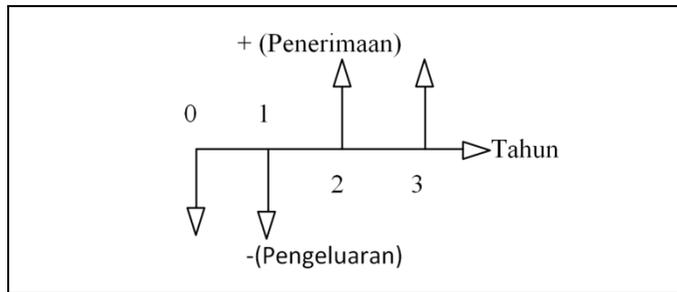
### **2.12.3 Mengestimasikan Aliran Kas**

Setelah Sejumlah alternatif dipilih dan horizon perencanaan di tetapkan maka nilai estimasi aliran khas akan bisa dibuat.Estimasi aliran khas harus dibuat berdasarkan pertimbangan prediksi kondisi masa

mendatang disamping memperhatikan kecenderungan yang digambarkan oleh data masa lalu. Contoh estimasi aliran kas sederhana dapat dilihat pada tabel dibawah.

Tabel 2.2 Contoh estimasi aliran cash sederhana

Akhir tahun	Aliran kas netto	
	Alternatif A	Alternatif B
0	-20 juta	-30 juta
1	-4 juta	4 juta
2	2 juta	6 juta
3	8 juta	10 juta



Gambar 2.13: Estimasi Aliran Cash Sederhana

Dalam Estimasi aliran kas setiap alternatif maka semestinya semua ongkos dan pendapatan selama eriode perencanaan, termasuk nilai sisa digambarkan dengan lengkap.

#### 2.12.4 Menetapkan MARR

Tingkat bunga yang dipakai patokan dasar dalam mengevaluasi dan membandingkan berbagai alternatif dinamakan MARR ( Minimum Attractive Rate of return).

MARR ini adalah nilai minimal dari tingkat pengembalian atau bunga yang bisa diterima investor. Dengan kata lain bila tingkat pengembalian (rate of return) lebih kecil dari MARR maka investasi tersebut dinilai tidak ekonomis.

Ekivalensi dengan mempertimbangkan inflasi

MARR merupakan tingkat bunga yang terinflasi dimana di dalam penetapan MARR biasa terkandung nilai inflasi. Untuk menentukan tingkat bunga tak terinflasi maka digunakan rumus:

$$i = (1+i')(1+f) - 1 \quad ^4$$

dimana

$i$  = MARR

$i'$  = Tingkat bunga tak terinflasi

$f$  = Tingkat inflasi

Penetapan MARR biasanya lebih tinggi atau sama dengan tingkat suku bunga bank.

### 2.12.5 Membandingkan Alternatif alternatif Investasi

Dalam perbandingan alternatif-alternatif investasi ada beberapa etode yang biasa dilakukan untuk menentukan ke ekonomisan dari alternatif yang ada, antara lain sebagai berikut.

#### 1. Analisa nilai sekarang (Present Worth)

Present worth value merupakan metode dimana semua aliran khas dikonversikan menjadi nilai

---

<sup>4</sup> Ekonomi Teknik, I nyoman Pujawan Hal. 295

sekarang (P) dan dijumlahkan sehingga P yang diperoleh mencerminkan nilai netto dari keseluruhan aliran khas yang terjadi selama horizon perencanaan.

Dimana

$$P(i) = \sum_{T=0}^N \frac{At}{(1+i)^t} \quad ^5$$

Atau

$$P(i) = \sum_{T=0}^N At (P/F, i\%, t)$$

Dimana :

P(i)=Nilai sekarang dari keseluruhan khas pada tingkat bunga i%

At = Aliran khas pada periode t

i = MARR / Tingkat bunga yang dipakai

N = Horizon perencanaan (Periode)

## 2. Analisa nilai mendatang (Future Worth)

Future worth value merupakan metode dimana semua aliran khas dikonversikan menjadi nilai pada suatu titik dimasa mendatang (F) dan dijumlahkan sehingga F yang diperoleh mencerminkan nilai netto dari keseluruhan aliran khas yang terjadi selama horizon perencanaan.

Dimana

$$F(i) = \sum_{T=0}^N \frac{At}{(1+i)^t} \quad ^6$$

---

<sup>5</sup> Ekonomi Teknik, I nyoman Pujawan Hal. 84

<sup>6</sup> Ekonomi Teknik, I nyoman Pujawan Hal. 84

Atau

$$F(i) = \sum_{T=0}^N At (P/F, i\%, N)$$

Dimana :

F(i) = Nilai future dari keseluruhan khas pada tingkat bunga i%

At = Aliran khas pada periode t

i = MARR / Tingkat bunga yang dipakai

N = Horizon perencanaan (Periode)

### 3. Perhitungan pembalikan Modal

Capital recovery adalah deret seragam dari modal yang tertanam dalam suatu investasi . Nilai CR bisa digunakan untuk melihat apakah suatu investasi itu akan memberikan pendapatan yang cukup untuk menutup modal yang dikeluarkan termasuk bunga yang mestinya dihasilkan pada tingkat MARR. Dimana dirumuskan

$$CR(i) = P (A/P, i\%, N) - F(A/F, i\%, N) ^7$$

Dimana

Cr(i)= Ongkos recovery pada MARR sebesar i%

P = modal yang ditanamkan pada investasi awal

F = Estimasi nilai sisa pada tahun N

I = Marr

N = Estimasi umur investasi

### 4. Metode rate of return

ROR merupakan suatu tingkat penghasilan yang mengakibatkan nilai NPW(net present worth) dari

---

<sup>7</sup> Ekonomi Teknik, I nyoman Pujawan Hal. 92

suatu investasi sama dengan nol. Secara matematis bisa dinyatakan :

Dimana

$$NPW = \sum_{T=0}^N Ft (1 + i^*)^{-t} = 0^8$$

$$NPW = PW_r - P_w_e$$

Dimana :

NPW = Net present worth

Ft = Aliran khas pada periode t

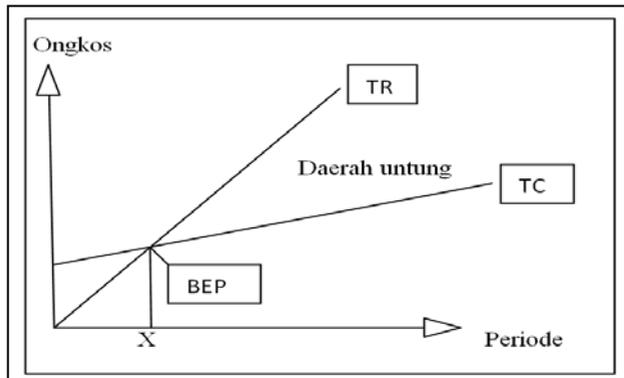
i\* = Nilai ROR

N = Horizon perencanaan (Periode)

PW<sub>r</sub> = Present worth semua kas masuk

P<sub>w</sub><sub>e</sub> = Present worth semua kas keluar

## 5. Metode titik impas (BEP)



Gambar 2.14: Ilustrasi Titik impas

<sup>8</sup> Ekonomi Teknik, I nyoman Pujawan Hal. 109

Titik impas merupakan kondisi dimana semua pengeluaran adalah sebanding dengan manfaat /pendapatan secara ekonomi. Dimana dirumuskan dengan:

$$\boxed{TR=TC}^9$$

Atau

$$\boxed{R=FC +VC}$$

Dimana

TR = Total pendapatan selama periode N

FC = Pengeluaran fixed cost/ investasi awal

VC = Pengeluaran operasional selama periode N

TC = Total pengeluaran selama periode N

### 2.12.6 Pemilihan Alternatif Terbaik

Tahap akhir adalah pemilihan alternatif terbaik dimana dari pertimbangan yang ada dipilih mana yang memberikan keuntungan yang paling baik. Analisa pelengkap mungkin saja bisa diberikan untuk mendapatkan pertimbangan terbaik seperti analisa sensitivitas jika terjadi kenaikan harga investasi maupun bial terjadi kenaikan atau penurunan inflasi apakah memberikan pengaruh yang signifikan.

---

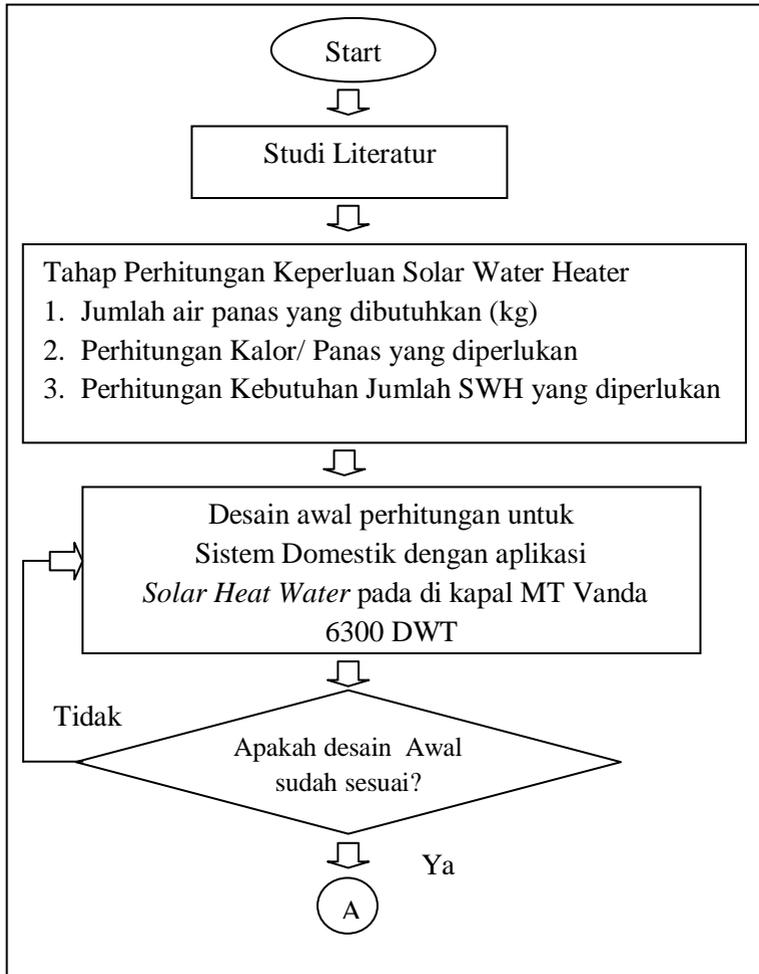
<sup>9</sup> Ekonomi Teknik, I nyoman Pujawan Hal. 133

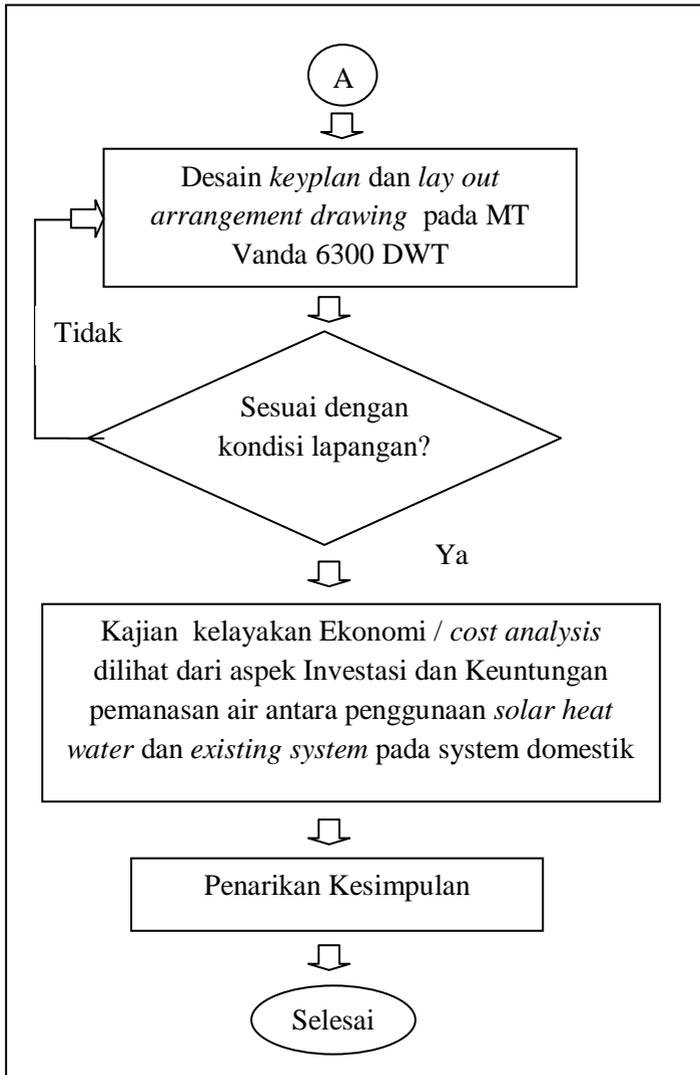
*“Halaman Sengaja diksosongkan”*

## BAB III METODOLOGI

### 3.1 Flowchart

Untuk pengerjaan skripsi ini digunakan metodologi seperti terlihat pada *flowchart* dibawah ini.





Gambar 3.4 : Diagram alur pengerjaan skripsi

### 3.2 Diskripsi Flowchart

Diskripsi dari flowchart diatas dapat dilihat berikut.

1. Studi Literatur

Adalah melakukan studi materi dan referensi yang menunjang pengerjaan skripsi bak dari buku, artikel, majalah, dan sumber terpercaya lain. Juga Dilakukan evaluasi terhadap existing sistem domestik MT sebagai pembelajaran dalam mendesain sistem domestik dengan aplikasi solar water heater Tahap Perhitungan Keperluan Solar Water Heater

2. Tahap Awal adalah perhitungan dari keperluan solar water heater yang diperlukan. Dalam perhitunganya dihitung poin dibawah ini.

- a. Kebutuhan kapasitas air panas
- b. Kebutuhan Kalor (panas yang diperlukan)
- c. Perhitungan Kebutuhan Jumlah SWH yang diperlukan

3. Desain Awal Arrangement Sistem Solar Heat Water pada Sistem Domestic di kapal MT Vanda 6300 DWT  
Dilakukan perhitungan perencanaan desain awal arrangement sistem solar heat water pada sistem domestik yang baik hasil dari evaluasi existing system MT Vanda 6300 DWT, kemudian di lihat kembali apakah desain sudah baik dilihat dari aspek teknisnya

4. *Design Keyplan* dan *Design lay out arrangement, design drawing* pada MT Vanda 6300 DWT  
Desain yang telah dibuat dan di analisa di aplikasikan pada kapal yang telah exist dengan mendesain arrangement lay out untuk sistem domestik MT Vanda 6300 DWT

5. Kajian kelayakan Ekonomi  
Dilakukan kajian analisa ekonomis, dibandingkan secara ekonomi antara penggunaan pemanasan air dengan *solar heat water* dan *electric heater/exixting system* pada system domestik. yang manakah dari kedua sistem tersebut lebih menguntungkan.
6. Penarikan Kesimpulan  
Tahap akhir dari Tugas akhir ini akan di tarik kesimpulan yang dapat menjawab perumusan masalah dan tujuan pada tugas akhir ini.

## BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Perhitungan Keperluan Jumlah *Solar Water Heater*

#### 4.1.1 Perhitungan kebutuhan air panas

Dalam menentukan kebutuhan air panas maka di tentukan terlebih dahulu kebutuhan air hangat yang di pertimbangkan dari jenis kebutuhan dan jumlah ABK yaitu 20 orang untuk kapal MT Vnda 6300 DWT.

Untuk Pertimbangan kapasitas tiap kebutuhan digunakan referensi dari *Hot and Cold Water Supply R.H. Garret, Eng Tech.*

Outlet fitting	Design flow rate l/s	Minimum flow rate l/s
WC flushing cistern single or dual flush	0.13	0.01
WC trough cistern	0.15 per WC	0.01
Wash basin tap size $\frac{1}{2}$ – DN 15	0.15 per tap	0.01
Spray tap or spray mixer	0.05 per tap	0.03
Bidet	0.20 per tap	0.01
Bath tap, nominal size $\frac{3}{4}$ – DN 20	0.30	0.20
Bath tap, nominal size 1 – DN 25	0.60	0.40
Shower head (will vary with type of head)	0.20 hot or cold	0.10
Sink tap, nominal size $\frac{1}{2}$ – DN 15	0.20	0.10
Sink tap, nominal size $\frac{3}{4}$ – DN 20	0.30	0.20
Washing machine size $\frac{1}{2}$ DN 15	0.20 hot or cold	0.15
dishwasher size $\frac{1}{2}$ – DN 15	0.15	0.10
Urinal flushing cistern	0.004 per position served	0.002

Gambar 4.1 : Desain kapapasitas peralatan

Sumber :Hot and Cold Water Supply R.H. Garret, Eng Tech. Hal. 146

1. Kebutuhan air hangat untuk mandi

Minimum kapasitas aliran untuk shower berkisar 0,1 liter/s atau 6 liter/menit. Untuk desain kapasitas aliran shower diambil 9,5 liter/menit, rata-rata penggunaan shower 5 menit maka dibutuhkan 47,5 liter air hangat sekali mandi, asumsi 1 orang mandi 2 kali sehari maka 1 orang membutuhkan 95 Liter air hangat.

$$\begin{aligned} \text{Maka kebutuhan mandi} &= 20 \text{ orang} \times 95 \text{ Liter} \\ &= 1900 \text{ Liter} \end{aligned}$$

2. Kebutuhan air hangat untuk wash basin

Minimum kapasitas aliran untuk shower berkisar 0,01 liter/s atau 0,6 liter/menit. Untuk desain kapasitas aliran wash basin diambil 4 liter/menit, rata-rata orang memakai wash basin adalah 1 menit sekali pakai, asumsi orang memakai wash basin adalah 5 kali sehari maka 1 orang membutuhkan 24 liter air hangat dari wash basin.

$$\begin{aligned} \text{Maka kebutuhan air hangat wash basin} \\ \text{Kebutuhan wash basin} &= 20 \text{ orang} \times 24 \text{ liter} \\ &= 480 \text{ liter} \end{aligned}$$

3. Kebutuhan air hangat untuk dish washer

Minimum kapasitas aliran untuk dish washer berkisar 0,1 liter/s atau 6 liter/menit. Untuk desain kapasitas aliran dish washer diambil 4 liter/menit, diasumsikan dalam sehari dibutuhkan pencucian peralatan dapur selama 20 menit.

$$\begin{aligned} \text{Maka kebutuhan mencuci} \\ \text{Kebutuhan dish washer} &= 20 \text{ menit} \times 6 \text{ liter/menit} \\ &= 120 \text{ Liter} \end{aligned}$$

Sehingga Total kebutuhan air hangat dibutuhkan

$$\begin{aligned} \text{Total Volume dibutuhkan} &= 1900 \text{ L} + 480 \text{ L} + 120 \text{ L} \\ &= 2500 \text{ liter} \\ &= 2,5 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Sehingga diketahui massa air hangat diperlukan

$$\begin{aligned}
 &= \text{volume air} \times \text{massa jenis air hangat } 40^{\circ}\text{C} \\
 &= 2,5 \text{ m}^3 \times 992,3 \text{ kg/m}^3 \\
 &= 2480,75 \text{ kg} \\
 &= 2500 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Berat air hangat diatas merupakan pencampuran dari air panas dan air dingin, maka air dingin dari tanki dengan asumsi air dingin  $35^{\circ}\text{C}$  (*hydrophore* air tawar terletak pada *platform* kamar mesin) dan air panas  $60^{\circ}\text{C}$ , maka harus dicari berat air panas yang diperlukan

$$\begin{aligned}
 \text{Perencanaan} &= \text{Air dingin} &&= 35^{\circ}\text{C} \text{ (terletak pada)} \\
 &\text{Air panas} &&= 60^{\circ}\text{C} \\
 &\text{Air hangat} &&= 40^{\circ}\text{C}
 \end{aligned}$$

$$m_{\text{air panas}} = \frac{T_{\text{air hangat}} - T_{\text{air dingin}}}{T_{\text{air panas}} - T_{\text{air dingin}}} \times m_{\text{total}}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Dimana} &= T_{\text{air hangat}} &&= \text{suhu air hangat } (^{\circ}\text{C}) \\
 &T_{\text{air dingin}} &&= \text{suhu air dingin } (^{\circ}\text{C}) \\
 &T_{\text{air panas}} &&= \text{suhu air panas } (^{\circ}\text{C}) \\
 &m_{\text{total}} &&= \text{massa air hangat diperlukan}
 \end{aligned}$$

$$m_{\text{air panas}} = \frac{40^{\circ}\text{C} - 35^{\circ}\text{C}}{60^{\circ}\text{C} - 35^{\circ}\text{C}} \times 2500 \text{ kg}$$

$$m_{\text{air panas}} = 500 \text{ kg}$$

maka massa air panas dibutuhkan adalah sebesar 500 kg, air panas ini di dapatkan dari pemanasan oleh *Solar water heater*. Untuk menjamin ketersediaan maka di beri *allowance* sebesar 20% maka massa air panas yang dibutuhkan

$$= 500 \text{ kg} \times 120\%$$

$$= 600 \text{ kg}$$

#### 4.1.2 Perhitungan Kebutuhan Kalor Diperlukan

Untuk menghitung kebutuhan kalor dihitung dengan perubahan suhu dari 35° Celcius ke 60° Celcius digunakan rumus kalor untuk air sebagai berikut.

$$Q = m.c.\Delta T$$

Dimana Q = Jumlah kalor (Joule)  
 m = Massa air (kg/day)  
 c = Kalor Jenis Air = 4200 J/kg °C  
 $\Delta T$  = Perubahan suhu yang terjadi  
 = T akhir - T awal

$$\begin{aligned} Q &= 600 \text{ kg} \times 4200 \text{ J/kg } ^\circ\text{C} \times (60^\circ\text{C} - 35^\circ\text{C}) \\ &= 63000000 \text{ J} \\ &= 63000 \text{ KJ/day} \end{aligned}$$

Maka jumlah kalor yang dibutuhkan adalah 63000 KJ. Kemudian kita hitung berapa KW yang dibutuhkan  
 1 KJ = 0.0002778 KW, maka  
 63000 KJ = 17,64 KW/day

Sehingga dibutuhkan *Solar water heater* berkapasitas 600 liter dengan serapan panel 17,64KW untuk memanaskan air dari 35°C ke 60°C

#### 4.1.3 Perhitungan Kebutuhan Jumlah Solar Water Heater Diperlukan

Untuk mencukupi kebutuhan kebutuhan kalor dalam KW/day diatas maka di hitung berapa jumlah solar water heater yang dibutuhkan.

Luasan Panel untuk 1 *Solar water heater* Wika kapasitas 150Liter adalah 2 m<sup>2</sup> (Sumber : Katalog Solar Water Heater merk WIKA)

Asumsi rata2 penyerapan panas matahari wilayah jakarta sebagai acuan wilayah tropis yaitu 4,15 KW/m<sup>2</sup>/day,

(Sumber: Petunjuk perhitungan serapan panas solar water heater merk WIKA)

Namun untuk memastikan panas mencukupi asumsi kita turunkan 30% dari petunjuk perhitungan *solar water heater* WIKA. Sehingga serapan panas diasumsikan

$$4,15 \times 70\% = 2,905 \text{ KW/m}^2/\text{day}$$

Maka 1 solar water heater berkapasitas 150 Liter dapat menangkap kalor sejumlah 5,81 KW karena mempunyai luasan panel 2 m<sup>2</sup>. Bila 600 liter membutuhkan 17,64 KW Maka 4 buah SWH kapasitas 150L dengan serapan setiap SWH 5,81 KW/day dianggap mampu untuk merubah air dari suhu 35°C ke 60°C

$$\begin{aligned} \text{Dibutuhkan} &= 17,64 \text{ KW} \\ \text{Tersedia (4 BUAH swh 150 L)} &= 5,81 \text{ KW/day} \times 4 \\ &= 23,24 \end{aligned}$$

Jumlah SWH yang dibutuhkan 4buah

Spec dari Solar water heater adalah sebagai berikut.

Tabel 4.1 : Spesifikasi solar water heater

SWH WIKA T 150 LXC	
Thermosiphon passive system	
Dimensi	
Panjang	2510 mm
Lebar	1230 mm
Tinggi	525 mm
Spec utama	
Kapasitas	146 Liter
Luasan Panel	2 m <sup>2</sup>
Back up Heater	1000 W

## 4.2 Analisa Teknis Sistem Domestik MT Vanda 6300 DWT Dan Aplikasi Solar Water Heater Pada Sistem Tersebut

### 4.2.1 Perhitungan Kapasitas Fluida Yang Diperlukan Sistem

Tahap pertama adalah desain untuk kapasitas air yang dibutuhkan dalam sistem sehingga kapasitas yang tersedia dapat mencukupi kebutuhan dari sistem yang dibuat. Untuk merencanakan kapasitas fluida beserta diameter pipa digunakan perhitungan berdasarkan *loading unit* yang mengacu pada referensi buku *hot and cold water supply R.H. Garret, EngTech*.

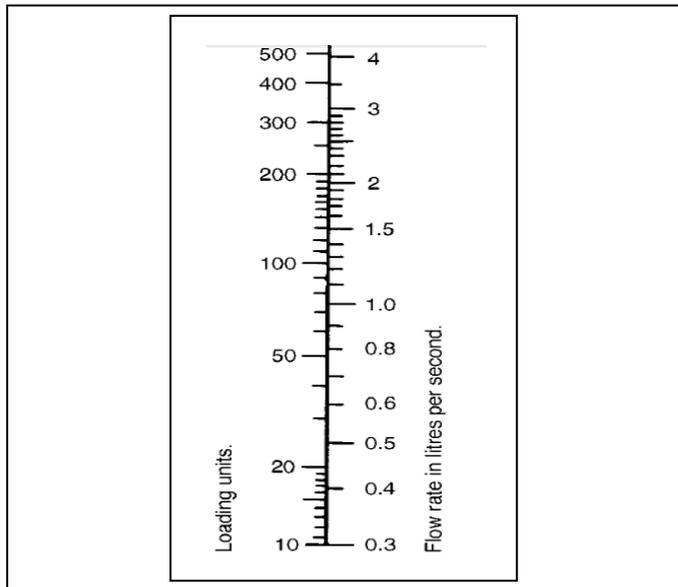
Tabel 4.2: Nilai *Loading unit* pada berbagai peralatan

Outlet fitting	Design flow rate l/s	Minimum flow rate l/s	Loading units
WC flushing cistern single or dual flush	0.13	0.01	2
WC trough cistern	0.15 per WC	0.01	2
Wash basin tap size $\frac{1}{2}$ - DN 15	0.15 per tap	0.01	$1\frac{1}{2}$ to 3
Spray tap or spray mixer	0.05 per tap	0.03	—
Bidet	0.20 per tap	0.01	1
Bath tap, nominal size $\frac{3}{4}$ - DN 20	0.30	0.20	10
Bath tap, nominal size 1 - DN 25	0.60	0.40	22
Shower head (will vary with type of head)	0.20 hot or cold	0.10	3
Sink tap, nominal size $\frac{1}{2}$ - DN 15	0.20	0.10	3
Sink tap, nominal size $\frac{3}{4}$ - DN 20	0.30	0.20	5
Washing machine size $\frac{1}{2}$ DN 15	0.20 hot or cold	0.15	
dishwasher size $\frac{1}{2}$ - DN 15	0.15	0.10	3
Urinal flushing cistern	0.004 per position served	0.002	—

Sumber : Hot and Cold Water Supply R.H. Garret, Eng Tech. Hal. 146

*Loading unit* adalah Faktor atau nomor yang diberikan untuk sebuah peralatan yang berhubungan dengan debit pada system yang berhubungan dengan lama waktu dan frekuensi penggunaan untuk jenis peralatan tertentu (*probability usage*). *Loading unit* pada berbagai peralatan ditunjukkan dalam tabel yang disajikan oleh *R.H Garret, EngTech* dibawah ini.

Kemudian *R.H Garret* memberikan tabel untuk mengkonversi dari satuan *loading unit* menjadi kapasitas dalam satuan l/s

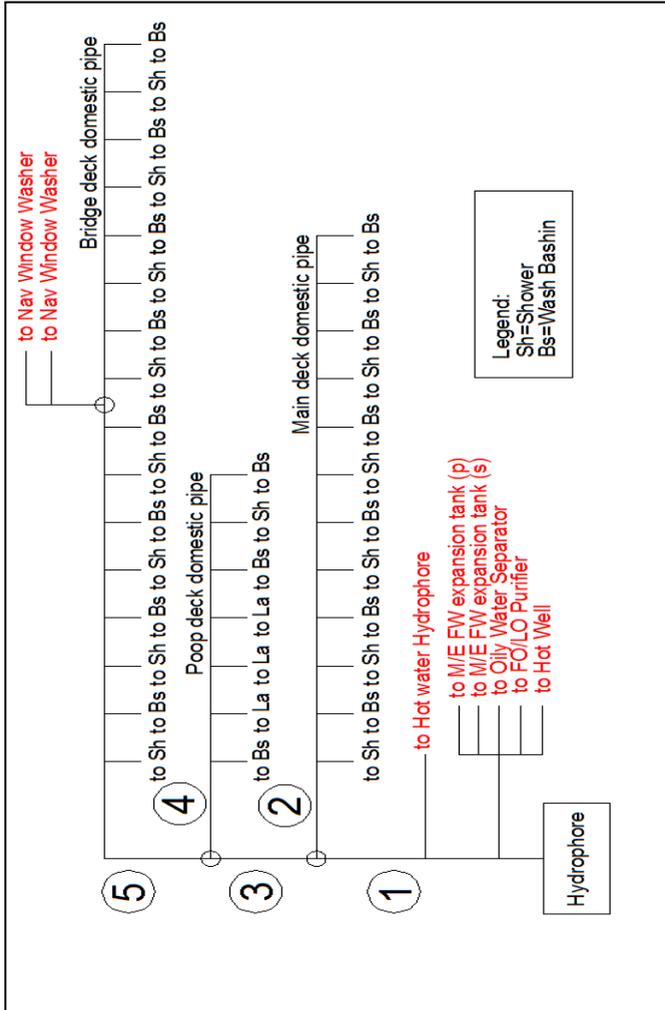


Gambar 4.2 : Grafik konversi *Loading unit*

Sumber : Hot and Cold Water Supply *R.H. Garret, Eng Tech. Hal. 146*

**4.2.1.1 Perhitungan Kebutuhan kapasitas air dingin(tawar)**

Pertama –tama ditentukan terlebih dahulu peralatan apa saja yang di supply pada sistem



Gambar 4.3 : Sistem suplai air tawar pada MT. Vanda 6300 DWT

Dengan melihat sistem Vanda maka *loading unit* dapat dihitung dengan menjumlah nilai *loading unit* untuk *outlet fitting* yang sering digunakan. Untuk peralatan yang sangat jarang digunakan maka *loading unit* dapat diabaikan

Tabel 4.3: Total *loading unit* peralatan yang disuplai air tawar

Benda	<i>Loading unit</i>	Jumlah	Total
<i>Shower</i>	3	15	45
<i>Was bashin</i>	2	16	32
<i>Washing machine</i>	3	2	6
<i>dish washer</i>	3	2	6
		Total	89

Dari tabel penjumlahan *loading unit* diatas dapat diketahui *loading unit* diperlukan adalah sebesar 89, maka tahap selanjutnya adalah mengkonversi satuan *loading unit* ke dalam satuan L/menit yang ditunjukkan gambar 14

Dengan melihat grafik konversi *loading unit* ke *flowrate*

pada gambar 1 didapatkan:

$$\text{Flow rates} = 1,2 \text{ liter/s}$$

$$\text{Maka } Q = 4,32 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{diambil } Q \text{ desain} = 5 \text{ m}^3/\text{h}$$

Maka untuk menjamin *supply* kapasitas selalu memenuhi *demand* saat pemakaian puncak maka pompa yang di pilih:

$$Q \text{ pompa} = 5 \text{ m}^3/\text{h}$$

Kemudian didesain kebutuhan diameter pipa pada sistem untuk mendesain kecepatan yang merata pada sistem oleh karena itu hubungan kapasitas aliran , kecepatan dan diameter pipa pada system saling berkaitan.

Kapasitas aliran pada pipa 1

Pipa 1 merupakan pipa utama dimana menyediakan *loading unit* maksimum sebesar 89

Tabel 4.4: Total *loading unit* pipa 1 yang disuplai air tawar

<i>Loading unit</i>	Q (l/s)	Q (m3/h)
89	1,2	4,32

Kapasitas aliran pada pipa 2

Merupakan percabangan dari pipa 1 yang mendistribusikan *loading unit* sebesar 30

Tabel 4.5: Total *loading unit* pipa 2 yang disuplai air tawar

<i>Loading unit</i>	Q (l/s)	Q (m3/h)
30	0,55	1,98

Secara detail dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.6: Peralatan yang disuplai air tawar pada pipa 2

Benda	<i>Loading unit</i>	Jumlah	Total
<i>Shower</i>	3	6	18
<i>Was bashin</i>	2	6	12
<i>Washing machine</i>	3	0	0
<i>dish washer</i>	3	0	0
		Total	30

Kapasitas aliran pada pipa 3

Pipa ketiga merupakan sambungan dari pipa pertama dimana sejumlah *loading unit* terdistribusi pada pipa 2

*Loading unit* pipa 3 = LU pipa 1- LU pipa 2

$$= 89 - 30 = 59$$

Tabel 4.7: Total *loading unit* pipa 3 yang disuplai air tawar

<i>Loading unit</i>	Q (l/s)	Q (m <sup>3</sup> /h)
59	0,85	3,06

Kapasitas aliran pada pipa 4

Merupakan percabangan dari pipa 3 yang mendistribusikan *loading unit* sebesar 19

Tabel 4.8: Total *loading unit* pipa 4 yang disuplai air tawar

<i>Loading unit</i>	Q (l/s)	Q (m <sup>3</sup> /h)
19	0,45	1,62

Secara detail dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.9: Peralatan yang disuplai air tawar pada pipa 4

Benda	<i>Loading unit</i>	Jumlah	Total
<i>Shower</i>	3	1	3
<i>Was bashin</i>	2	2	4
<i>Washing machine</i>	3	2	6
<i>Dish washer</i>	3	2	6
		Total	19

Kapasitas aliran pada pipa 5

Pipa kelima merupakan lanjutan dari pipa 3 dimana sejumlah *loading unit* telah terdistribusi ke pipa 2 dan pipa 4

$$\begin{aligned} \text{Loading unit pipa 3} &= \text{LU pipa 1} - \text{LU pipa 2} - \text{LU pipa 4} \\ &= 89 - 30 - 19 = 40 \end{aligned}$$

Tabel 4.10: Total *loading unit* pipa 5 yang disuplai air tawar

<i>Loading unit</i>	Q (l/s)	Q (m <sup>3</sup> /h)
40	0,65	2,34

Secara detail dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.11: Peralatan yang disuplai air tawar pada pipa 5

Benda	Loading unit	Jumlah	Total
<i>Shower</i>	3	8	24
<i>Was bashin</i>	2	8	16
<i>Washing machine</i>	3	0	0
<i>dish washer</i>	3	0	0
		Total	40

Sehingga dapat direncanakan diameter pipa sehingga kecepatan aliran cenderung konstan dengan memperkecil atau memperbesar diameter pipa dengan perhitungan berikut.

$$Q = 4,32 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$A = \frac{1}{4} \times \Pi \times Id^2$$

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,04^2 \text{ m}$$

$$= 0,00126 \text{ m}^2$$

$$V = Q / A$$

$$= 4,32 \text{ m}^3/\text{h} / 0,00126 \text{ m}^2$$

$$= 3428 \text{ m/h}$$

$$= 0,96 \text{ m/s}$$

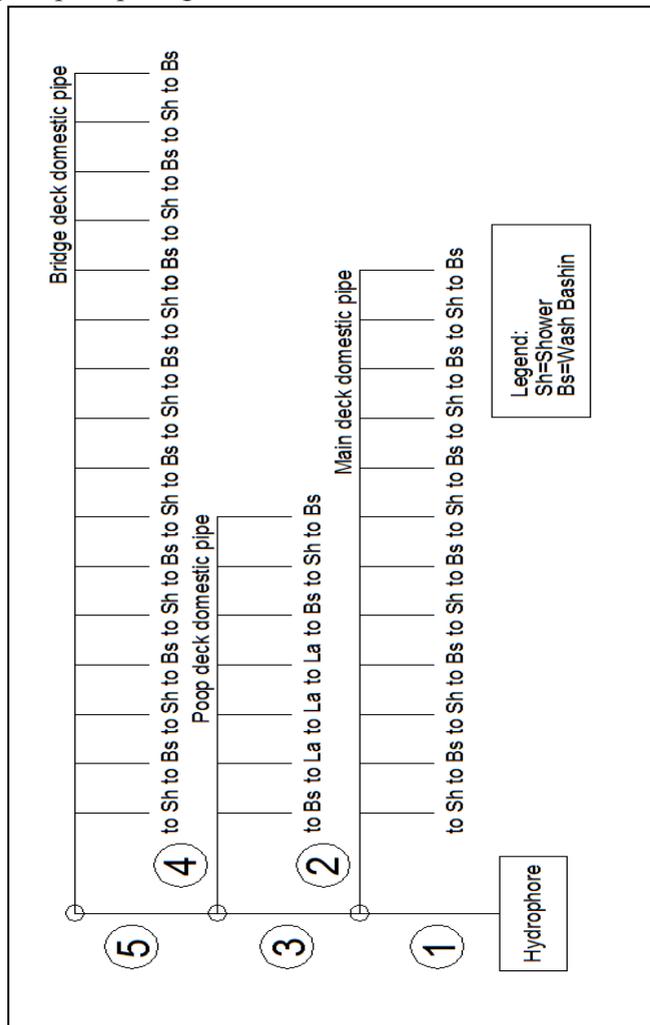
Dengan perhitungan serupa maka dihitung hubungan antara kapasitas, diameter dan kecepatan fluida sebagai berikut.

Tabel 4.12: Desain kecepatan fluida untuk air tawar dalam pipa

Pipa cabang	Q m <sup>3</sup> /h	Nominal size	∅ Pipe (m)	∅ Pipe (inch)	Luas area(m <sup>2</sup> )	Kec. (m/s)
1	4,32	40A	0,04	1 1/2	0,00126	0,96
2	3,06	32A	0,032	1 1/4	0,00080	1,06
3	2,34	25A	0,025	1	0,00049	1,32
4	1,98	25A	0,025	1	0,00049	1,12
5	1,62	25A	0,025	1	0,00049	0,92

#### 4.2.1.2 Perhitungan Kebutuhan Kapasitas Air Panas

Untuk suplai kebutuhan air panas desain sistem nya seperti pada gambar dibawah ini



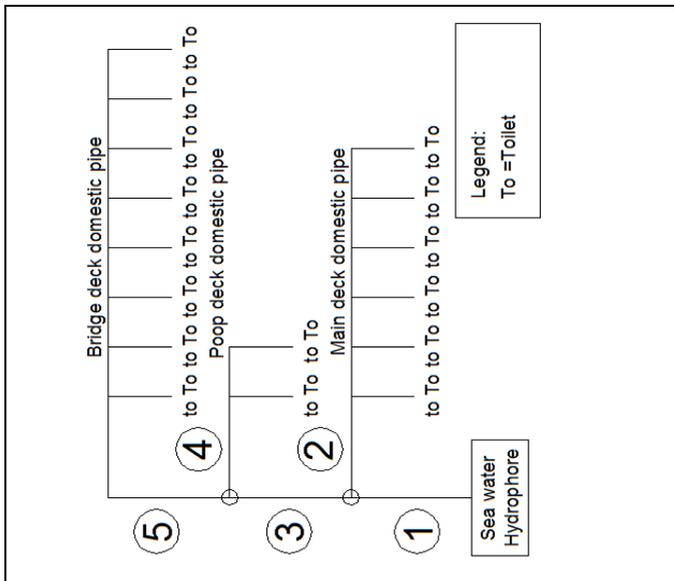
Gambar 4.4 : Sistem suplai air panas pada sistem domestik MT. Vanda 6300 DWT

Dengan perbandingan air panas dan air dingin 1:4 maka kebutuhan desain kapasitas juga dibuat 1 : 4 sehingga mengacu pada tabel 11 dibuat desain sebagai berikut

Tabel 4.13: Desain kecepatan fluida untuk air panas dalam pipa

Pipa cabang	Q m <sup>3</sup> /h	Nominal size	$\phi$ Pipe (m)	$\phi$ Pipe (inch)	Luas area(m <sup>2</sup> )	Kec. (m/s)
1	1,08	20A	0,02	3/4	0,00031	0,96
2	0,765	15A	0,015	1/2	0,00018	1,20
3	0,585	15A	0,015	1/2	0,00018	0,92
4	0,495	10A	0,01	3/8	0,00008	1,75
5	0,405	10A	0,01	3/8	0,00008	1,43

#### 4.2.1.3 Perhitungan Kebutuhan kapasitas air laut



Gambar 4.5 : Sistem suplai air laut pada sistem domestik MT. Vanda 6300 DWT

Kemudian dihitung jumlah *loading unit* dan di convert pada satuan L/s

Tabel 4.14: Total *loading unit* yang disuplai air laut

Benda	Loading unit	Jumlah	Total
Toilet	16	2	32
		Total	32

Dari konversi didapatkan:

$$Flow\ rates = 0,6\ liter/s$$

$$Maka\ Q = 2,16\ m^3/h$$

$$diambil\ Q\ desain = 2,5\ m^3/h$$

Maka untuk menjamin *supply* kapasitas selalu memenuhi demand saat pemakaian puncak maka pompa yang di pilih:

$$Q\ pompa = 2,5\ m^3/h$$

Kemudian didesain kebutuhan diameter pipa pada sistem untuk mendesain kecepatan yang merata pada sistem oleh karena itu hubungan *flow*, kecepatan dan diameter pipa pada system saling berkaitan.

Kapasitas aliran pada pipa 1

Pipa 1 merupakan pipa utama dimana menyediakan loading unit maksimum sebesar 32

Tabel 4.15: Total *loading unit* pipa 1 yang disuplai air laut

<i>Loading unit</i>	Q (l/s)	Q (m3/h)
32	0,6	2,16

Kapasitas aliran pada pipa 2

Merupakan percabangan dari pipa 1 yang mendistribusikan loading unit sebesar 12

Tabel 4.16: Total loading unit pipa 2 yang disuplai air laut

<i>Loading unit</i>	Q (l/s)	Q (m3/h)
12	0,34	1,224

Secara detail dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.17: Peralatan yang disuplai air tawar pada pipa 2

Benda	<i>Loading unit</i>	Jumlah	Total
Toilet	6	2	12
		Total	12

Kapasitas aliran pada pipa 3

Pipa ketiga merupakan sambungan dari pipa pertama dimana sejumlah loading unit telah terdistribusi pada pipa 2

$$\begin{aligned} \text{Loading unit pipa 2} &= \text{LU pipa 1} - \text{LU pipa 2} \\ &= 32 - 12 = 20 \end{aligned}$$

Tabel 4.18: Total *loading unit* pipa 3 yang disuplai air laut

<i>Loading unit</i>	Q (l/s)	Q (m <sup>3</sup> /h)
20	0,45	1,62

Kapasitas aliran pada pipa 4

Merupakan percabangan dari pipa 3 yang mendistribusikan *loading unit* sebesar 4

Tabel 4.19: Total *loading unit* pipa 4 yang disuplai air laut

<i>Loading unit</i>	Q (l/s)	Q (m <sup>3</sup> /h)
4	0,2	0,72

Secara detail dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.20: Peralatan yang disuplai air tawar pada pipa 4

Benda	<i>Loading unit</i>	Jumlah	Total
Toilet	2	2	4
		Total	4

Kapasitas aliran pada pipa 5

Pipa kelima merupakan lanjutan pipa 3 dimana jumlah loading unit telah terdistribusi ke pipa 2 dan pipa 4

$$\begin{aligned} \text{Loading unit pipa 3} &= \text{LU pipa 1} - \text{LU pipa 2} - \text{LU pipa 4} \\ &= 32 - 12 - 4 = 16 \end{aligned}$$

Tabel 4.21: Total *loading unit* pipa 5 yang disuplai air laut

<i>Loading unit</i>	Q (l/s)	Q (m <sup>3</sup> /h)
16	0,4	1,44

Sehingga dapat direncanakan diameter pipa sehingga kecepatan aliran cenderung konstan dengan memperkecil atau memperbesar diameter pipa dengan perhitungan berikut.

$$\begin{aligned} Q &= 2,16 \text{ m}^3/\text{h} \\ A &= \frac{1}{4} \times \Pi \times Id^2 \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,216^2 \text{ m} \\ &= 0,0006 \text{ m}^2 \\ V &= Q / A \\ &= 2,16 \text{ m}^3/\text{h} / 0,0006 \text{ m}^2 \\ &= 1 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Dengan perhitungan serupa maka dihitung hubungan antara kapasitas, diameter dan kecepatan fluida sebagai berikut.

Tabel 4.22: Desain kecepatan fluida untuk suplai air laut dalam pipa

Pipa cabang	Q m <sup>3</sup> /h	Nominal size	$\phi$ Pipe (m)	$\phi$ Pipe (inch)	Luas area(m <sup>2</sup> )	Kec. (m/s)
1	2,16	25A	0,025	1	0,00049	1,22
2	1,224	20A	0,02	3/4	0,00031	1,08
3	1,62	20A	0,02	3/4	0,00031	1,43
4	0,72	15A	0,015	1/2	0,00018	1,13
5	1,44	20A	0,02	3/4	0,00031	1,27

Hasil kalkulasi kapasitas dari ketiga *supply* air yang melayani sistem domestik secara keseluruhan adalah sebagai berikut.

Tabel 4.23: Hasil perhitungan kapasitas pada sistem domestik

Suplai air tawar				
Pipa cabang	Q m <sup>3</sup> /h	<i>Nominal size</i>	$\phi$ Pipe (inch)	Kec. (m/s)
1	4,32	40A	1 1/2	0,96
2	3,06	32A	1 1/4	1,06
3	2,34	25A	1	1,32
4	1,98	25A	1	1,12
5	1,62	25A	1	0,92
Suplai air panas				
Pipa cabang	Q m <sup>3</sup> /h	<i>Nominal size</i>	$\phi$ Pipe (inch)	Kec. (m/s)
1	1,08	20A	3/4	0,96
2	0,765	15A	1/2	1,2
3	0,585	15A	1/2	0,92
4	0,495	10A	3/8	1,75
5	0,405	10A	3/8	1,43
Suplai air laut				
Pipa cabang	Q m <sup>3</sup> /h	<i>Nominal size</i>	$\phi$ Pipe (inch)	Kec. (m/s)
1	2,16	25A	1	1,22
2	1,224	20A	3/4	1,08
3	1,62	20A	3/4	1,43
4	0,72	15A	1/2	1,13
5	1,44	20A	3/4	1,27

#### 4.2.2 Perhitungan Kapasitas *Hydrophore*

Fluida pada sistem domestik di suplai oleh *hydrophore*, baik air dingin, air panas maupun air laut yang disuplai pada sistem. Hal yang perlu diperhatikan dalam perhitungan *hydrophore* ini adalah kapasitas dan total head yang dimiliki pompa untuk memindahkan fluida ke dalam *hydrophore*, dan kemampuan tekan atau besar suplai head yang diperlukan pada *hydrophore*. *Hydrophore* bekerja pada range tekanan, yaitu memiliki tekanan maksimum dan tekanan minimum tergantung volume fluida yang tersisa di dalam *hydrophore*. Namun pada saat tekanan minimum harus mampu memenuhi head yang dibutuhkan.

Untuk kebutuhan kapasitas pompa pada *hydrophore* adalah sama dengan kebutuhan kapasitas aliran fluida yang diperlukan pada sistem domestik yang telah diperhitungkan pada bab sebelumnya sehingga ketika digunakan pada kondisi puncak kebutuhan fluida akan senantiasa tercukupi. Sedangkan untuk kebutuhan head pompa kemampuan tekan 1 bar dinilai cukup dengan pertimbangan letak tanki air tawar maupun seachest yang bersebelahan dengan tanki *hydrophore* air tawar maupun *hydrophore* air laut.

Untuk kebutuhan kapasitas *hydrophore* dihitung berdasarkan referensi *Machinery Outfitting Design Manual* yang diterbitkan oleh *marine engineering society in Japan*.

Berdasarkan *handbook* tersebut di jelaskan perhitungan yang menunjukkan kaitan hubungan kapasitas *hydrophore* dan tekanan pada *start* (mencapai tekanan terbawah) ataupun *stop* pompa (mencapai tekanan tertingginya) untuk perhitungan *hydrophore* yang dapat di rumuskan dengan formula berikut ini.

$$V = q \left( \frac{P1}{P1+P2} + a \right)^{10}$$

Dimana :  $V = \text{Tank Capacity/Volume ( m}^3\text{)}$

$Q = \text{Water Quantity yang disuplai pompa per 2 menit ( m}^3\text{)}$

$P1 = \text{Tekanan Pompa Stop (kg/cm}^2\text{)}$

$P2 = \text{Tekanan Pompa Start (kg/cm}^2\text{)}$

$a = \text{Jumlah air yang tertinggal di Hydrophore / Jumlah air di suplai, a biasa diambil 1,5}$

#### 4.2.2.1 Perhitungan Kebutuhan Kapasitas *Hydrophore* Air Tawar

Desain kapasitas pompa = 4,32 m<sup>3</sup>/h ~ 5 m<sup>3</sup>/h  
 sehingga untuk pompa dengan kapasitas 5 m<sup>3</sup>/h dengan desain tekanan  $P1 = 4,5 \text{ kg/cm}^2$  dan  $P2 = 3 \text{ kg/cm}^2$  dibutuhkan *hydrophore* dengan kapasitas :

$$V = 5 \text{ m}^3/\text{h} \times \frac{2}{60} \times \left( \frac{4,5 \text{ kg/cm}^2}{4,5 \text{ kg/cm}^2 - 3 \text{ kg/cm}^2} + 1,5 \right)$$

$$V = \frac{1}{6} \times \left( \frac{4,5 \text{ kg/cm}^2}{1,5 \text{ kg/cm}^2} + 1,5 \right)$$

$$V = \frac{1}{6} \times (3 + 1,5)$$

$$V = 0,75 \text{ m}^3$$

sehingga volume *hydrophore* adalah 1 m<sup>3</sup>

---

<sup>10</sup> Machinery Outfitting design manual Mar Eng Japan Society hal. 61

#### 4.2.2.2 Perhitungan Kebutuhan Kapasitas *Hydrophore* Air Panas

Desain kapasitas pompa = 1,08 m<sup>3</sup>/h ~ 1,5 m<sup>3</sup>/h  
 sehingga untuk pompa dengan kapasitas 1,5 m<sup>3</sup>/h dengan tekanan P1 = 4,5 kg/cm<sup>2</sup> dan P2 = 3 kg/cm<sup>2</sup> dibutuhkan *hydrophore* dengan kapasitas

$$V = 1,5 \text{ m}^3/\text{h} \times \frac{2}{60} \times \left( \frac{4,5 \text{ kg/cm}^2}{4,5 \text{ kg/cm}^2 - 3 \text{ kg/cm}^2} + 1,5 \right)$$

$$V = 0,05 \times \left( \frac{4,5 \text{ kg/cm}^2}{1,5 \text{ kg/cm}^2} + 1,5 \right)$$

$$V = 0,05 \times (3 + 1,5)$$

$$= 0,225 \text{ m}^3/\text{h}$$

volume *hydrophore* air panas dapat diambil 0,5 m<sup>3</sup>

#### 4.2.2.3 Perhitungan Kebutuhan Kapasitas *Hydrophore* Air Laut

Desain kapasitas pompa = 2,16 m<sup>3</sup>/h ~ 2,5 m<sup>3</sup>/h  
 sehingga untuk pompa dengan kapasitas 2,5 m<sup>3</sup>/h dengan tekanan P1 = 4,5 kg/cm<sup>2</sup> dan P2 = 3 kg/cm<sup>2</sup> dibutuhkan *hydrophore* dengan kapasitas

$$V = 2,5 \text{ m}^3/\text{h} \times \frac{2}{60} \times \left( \frac{4,5 \text{ kg/cm}^2}{4,5 \text{ kg/cm}^2 - 3 \text{ kg/cm}^2} + 1,5 \right)$$

$$V = 0,083 \times \left( \frac{4,5 \text{ kg/cm}^2}{1,5 \text{ kg/cm}^2} + 1,5 \right)$$

$$V = 0,083 \times (3 + 1,5)$$

$$= 0,375 \text{ m}^3/\text{h}$$

Sehingga volume hydrophore air laut dapat diambil 0,5 m<sup>3</sup>

#### 4.2.3 Perhitungan Kebutuhan *Head*

Head merupakan energi mekanis yang terkandung dalam air persatuan beratnya. Tekanan minimum yang dimiliki hydrophore harus mampu mengatasi head yang dibutuhkan dalam sistem domestik.

Formula yang dibutuhkan untuk menghitung head adalah sebagai berikut.

1. Rumusan hubungan kecepatan, kapasitas dan diameter pipa

Digunakan untuk menentukan kecepatan aliran fluida dalam pipa

$$V = Q / A$$

dimana V = Kecepatan fluida (m/s)

Q = Kapasitas aliran dalam pipa (m<sup>3</sup>/s)

A = Luas penampang pipa (m<sup>2</sup>)

2. Rumusan Reynold number

Digunakan menentukan reynould number untuk mengetahui sifat aliran fluida dan untuk mencari nilai koefisien gesek dari fluida yang melewati pipa

$$Re = \frac{V \cdot D}{\mu}$$

dimana V = Kecepatan fluida (m/s)

D = Diameter pipa (m)

$\mu$  = viskositas kinematik fluida (m<sup>2</sup>/s)

3. Rumusan Relative roughness

---

<sup>11</sup> Pompa Dan Kompresor, Soelarso Hal. 28

Merupakan nilai kekasaran material untuk mencari nilai koefisien gesek dari fluida yang melewati pipa

$$\boxed{\text{Relative roughness} = k/D}$$

Dimana:  $k$  = *absolute roughness* ( $m \times 10^{-6}$ )  
 = untuk *cast iron* =  $254 m \times 10^{-6}$   
 $D$  = diameter pipa (m)  
 $Rr$  =  $254 \times 10^{-6} m / 0,04 m$   
 = 0,006

#### 4. Rumusan Head total

Head merupakan energi mekanis fluida persatuan beratnya diukur dalam satuan m. Dalam perhitungan head ini akan terlihat apakah tekanan minimal hydrophore mampu untuk mengatasi kebutuhan head pada sistem.

$$\boxed{H = H_v + H_p + H_s + H_l}^{12}$$

Dimana:  $H_v$  = Head Kecepatan  
 $H_p$  = Head Tekanan  
 $H_s$  = Head *Static*  
 $H_l$  = Head *losses*

#### 4.2.3.1 Perhitungan Kebutuhan Head Air Tawar

Diketahui diameter pipa yang dilewati untuk mencapai titik tertinggi adalah sebagai berikut.

1. Pipa cast iron 1 diameter 40 A
2. Pipa cast iron 2 diameter 25 A
3. Pipa cast iron 3 diameter 25 A
4. Pipa cast iron out diameter 15 A

---

<sup>12</sup> Pompa Dan Kompresor, Soelarso Hal. 26

Maka dapat ditentukan sifat aliran didalam pipa tersebut dan juga koefisien gesek yang terjadi sehingga dapat dihitung head yang dibutuhkan.

a. Analisa sifat aliran

1. Cast iron1 diameter 40A

$$\begin{aligned} A &= \frac{1}{4} \times \Pi \times Id^2 \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,04^2 \text{ m} \\ &= 0,00126 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$Q = 4,32 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\begin{aligned} V &= Q / A \\ &= 4,32 \text{ m}^3/\text{h} / 0,00126 \text{ m}^2 \\ &= 3439,49 \text{ m/h} \\ &= 0,955 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$Re = \frac{V \cdot D}{\mu}$$

$$Re = \frac{0,955 \text{ m/s} \times 0,04 \text{ m}}{0,0000008 \text{ m}^2/\text{s}}$$

$$Re = 47770$$

$Re > 3500$  maka aliran yang terjadi adalah turbulen

b. Perhitungan koefisien gesek

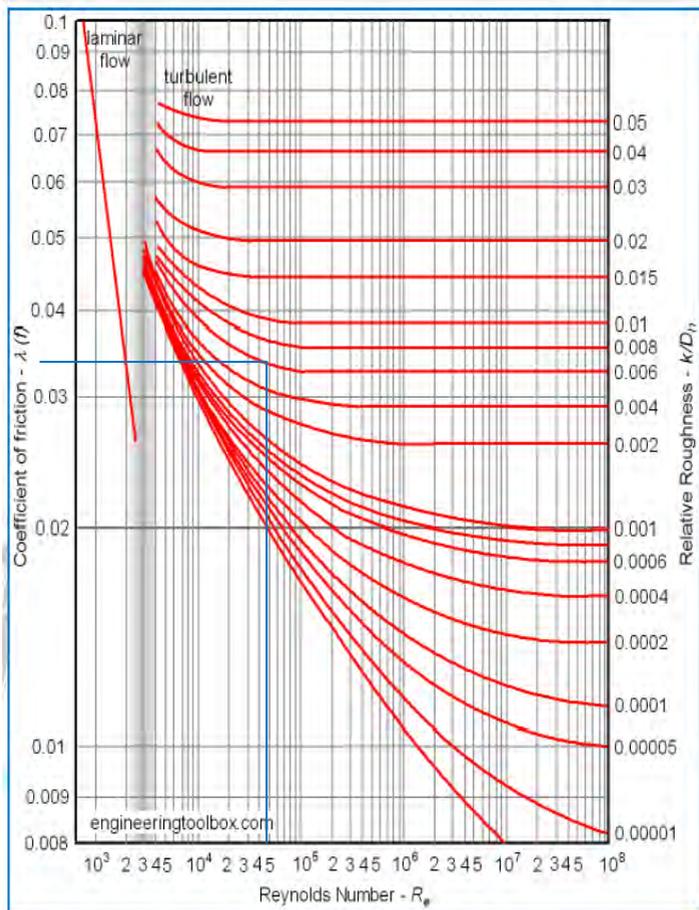
Untuk mengetahui koefisien gesek ( $\lambda$ ) maka digunakan pembacaan dari diagram moody dimana pembacaan diperoleh dari perpotongan antara *nilai relative roughness* dengan nilai *reynold number* .

$$\text{Relative roughness} = k/D$$

$$\begin{aligned} \text{Dimana : } k &= \text{absolute roughness (m} \times 10^{-6}\text{)} \\ &= \text{untuk cast iron} = 254 \text{ m} \times 10^{-6} \end{aligned}$$

$$D = \text{diameter pipa (m)}$$

$$\begin{aligned} Rr &= 254 \times 10^{-6} \text{ m} / 0,04 \text{ m} \\ &= 0,006 \end{aligned}$$



Gambar 4.6 : Diagram Moody

Sumber : [www.EngineeringToolBox.com](http://www.EngineeringToolBox.com)

Dari pembacaan dari diagram moody diambil perpotongan antara *relative roughness* dan *Reynold number* maka didapatkan nilai koefisien gesek sebesar 0,034

Dengan perhitungan yang sama dengan cara diatas maka dapat ditentukan untuk pipa dengan diameter yang lain yang dilewati.

Tabel 4.24 : hasil perhitungan koefisien gesek pipa air tawar

	Pipa 1	Pipa3	Pipa5	Pipa out
Dia.(m)	0,04	0,025	0,025	0,015
Q(m <sup>3</sup> /h)	4,32	2,34	1,62	0,57
A(m <sup>2</sup> )	0,00126	0,0005	0,0005	0,00018
V(m/s)	0,955	1,325	0,917	0,896
RE	47770,7	41401,27	28662,4	16808,2
Rr	0,006	0,01	0,01	0,017
<i>f</i>	0,034	0,039	0,039	0,045

### c. Perhitungan kebutuhan head

$$H = H_v + H_p + H_s + H_l$$

$$H = \frac{(v_2^2 - v_1^2)}{2g} + \frac{(P_2 - P_1)}{\rho \times g} + (H_{s2} - H_{s1}) + (H_{loss})$$

#### a. Head Kecepatan

$$H_v = \frac{(v_2^2 - v_1^2)}{2g}$$

$$\text{Dimana : } v_2 = \text{Kecepatan sisi buang (m/s)} \\ = 0,896 \text{ m/s}$$

$$v_1 = \text{Kecepatan disisi isap(m/s)} \\ = 0,955 \text{ m/s}$$

$$g = \text{percepatan gravitasi (m/s}^2\text{)} \\ = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$H_v = \frac{(v_2^2 - v_1^2)}{2g} \\ = \frac{0,896 \text{ m/s} - 0,955 \text{ m/s}}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2} \\ = -0,00557 \text{ m}$$

## b. Head Tekanan

$$H_p = \frac{(P_2 - P_1)}{\rho \times g}$$

dimana :

- $P_2$  = Tekanan disisi buang (N/m)  
= 100000 N/m
- $P_1$  = Tekanan disisi isap (N/m)  
= 300000 N/m
- $\rho$  = massa jenis fluida ( $\text{kg/m}^3$ )  
= 1000  $\text{kg/m}^3$
- $g$  = pcptn. gravitasi ( $\text{m/s}^2$ )  
= 9,81  $\text{m/s}^2$

$$H_p = \frac{-200000}{1000 \times 9,81}$$

$$= -20,38 \text{ m}$$

## c. Head Statis

$$H_s = H_{s2} - H_{s1}$$

Dimana =  $H_{s2}$  = ketinggian disisi buang

$H_{s1}$  = ketinggian disisi isap

Head statis diambil dari ketinggian air dalam *hydrophore* sampai titik tertinggi pipa

$$H_s = 14 \text{ m}$$

## d. Head losses

$$H_l = H_{loss \text{ mayor}} + H_{loss \text{ minor}}$$

$$H_{loss \text{ mayor}} = f \times \frac{L}{D} \times \frac{(v^2 - v_1^2)}{2g}$$

Dimana :

- $f$  = Koefisien gesek
- $L$  = Panjang pipa ( m )
- $D$  = Diameter pipa ( m )
- $v$  = Kecepatan rata-rata ( m/s )
- $g$  = percepatan gravitasi (  $\text{m/s}^2$  )

Hlma 1 Pipe diameter 0,04m, L= 14m

$$H_{lma \ 1} = 0,034 \times \frac{14\text{m}}{0,04 \text{ m}} \times \frac{0,955^2 \text{ m/s}}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$= 0,554 \text{ m}$$

Hlma 2 Pipe diameter 0,025m, L= 3m

$$\begin{aligned} \text{Hlma 2} &= 0,039 \times \frac{3\text{m}}{0,025 \text{ m}} \times \frac{1,32^2 \text{ m/s}}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2} \\ &= 0,419 \text{ m} \end{aligned}$$

Hlma 3 Pipe diameter 0,025m, L= 12m

$$\begin{aligned} \text{Hlma 3} &= 0,039 \times \frac{12\text{m}}{0,025 \text{ m}} \times \frac{0,917^2 \text{ m/s}}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2} \\ &= 0,813 \text{ m} \end{aligned}$$

Hlma 4 Pipe diameter 0,015m, L= 2m

$$\begin{aligned} \text{Hlma 4} &= 0,045 \times \frac{2\text{m}}{0,015 \text{ m}} \times \frac{0,896^2 \text{ m/s}}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2} \\ &= 0,246 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total Hl ma} &= (0,554+0,419+0,813+0,246) \text{ m} \\ &= 2,03 \text{ m} \end{aligned}$$

$$H_{\text{loss minor}} = \varepsilon \times \left( \frac{v^2}{2g} \right)$$

Dimana :  $\varepsilon$  = Total rugi *fitting* dan aksesoris  
 $v$  = Kecepatan rata-rata ( m/s)  
 $g$  = percepatan gravitasi ( m/s<sup>2</sup>)

maka

Hloss minor 1 , D pipe = 0,04m

No	Penyebab <i>looses</i>	n	k	nxk
1	<i>butterfly valve</i>	1	0,6	0,6
2	belokan 90	2	1,3	2,6
3	sambungan pipa	2	0,2	0,4
4	<i>T join branch flow</i>	1	1	1
5	<i>T join linier flow</i>	3	0,2	0,6
				5,2

$$\begin{aligned} \text{Hloss minor 1} &= 5,2 \times \frac{0,955^2 \text{ m/s}}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2} \\ &= 0,242 \text{ m} \end{aligned}$$

Hloss minor 2 , D pipe = 0,025m

No	Penyebab losses	n	k	nxk
1	<i>T join linier flow</i>	1	0,2	0,2
				0,2

$$\begin{aligned} \text{Hloss minor 2} &= 0,2 \times \frac{1,32^2 \text{ m/s}}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2} \\ &= 0,0179 \text{ m} \end{aligned}$$

Hloss minor 3 , D pipe = 0,025m

No	Penyebab losses	n	k	nxk
1	<i>butterfly valve</i>	1	0,6	0,6
2	belokan 90	5	1,3	6,5
3	sambungan pipa	2	0,2	0,4
4	T join linier flow	11	0,2	2,2
				9,7

$$\begin{aligned} \text{Hloss minor 3} &= 9,7 \times \frac{0,917^2 \text{ m/s}}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2} \\ &= 0,416 \text{ m} \end{aligned}$$

Hloss minor 4 , D pipe = 0,015m

No	Penyebab losses	n	k	nxk
1	<i>butterfly valve</i>	1	0,6	0,6
				0,6

$$\begin{aligned} \text{Hloss minor 4} &= 0,6 \times \frac{0,896^2 \text{ m/s}}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2} \\ &= 0,0246 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Total Hl minor} &= (0,242+0,0179+0,416+0,0246)\text{m} \\ &= 0,7 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{H total} &= \text{Hv} + \text{Hp} + \text{Hs} + \text{Hlma} + \text{Hlmi} \\ &= -0,00557 \text{ m} + (-20,387 \text{ m}) + 14 \text{ m} + \\ &\quad 2,03\text{m} + 0,7 \text{ m} \\ &= -3,66\text{m}\end{aligned}$$

Maka dengan *hydrophore* yang memiliki tekanan minimal 0,3 Mpa diketahui mencukupi untuk kebutuhan head dalam sistem dan menyisakan head sebesar 3,66 m

#### 4.2.3.2 Perhitungan Kebutuhan *Head* Air Panas

Diketahui diameter pipa yang dilewati untuk mencapai titik tertinggi adalah sebagai berikut.

1. Pipa Baja 1 diameter 20 A
2. Pipa Baja 2 diameter 15 A
3. Pipa Baja 3 diameter 10 A
4. Pipa Baja out diameter 8 A

Maka dapat ditentukan sifat aliran didalam pipa tersebut dan juga koefisien gesek yang terjadi sehingga dapat dihitung head yang dibutuhkan.

##### a. Analisa sifat aliran

Pipa baja 1 diameter 20A

$$\begin{aligned}A &= \frac{1}{4} \times \Pi \times \text{Id}^2 \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,02^2 \text{ m} \\ &= 0,00031 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$Q = 1,08 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\begin{aligned}V &= Q / A \\ &= 1,08 \text{ m}^3/\text{h} / 0,00031 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$= 3439,49 \text{ m/h}$$

$$= 0,955 \text{ m/s}$$

$$\text{Re} = \frac{V \cdot D}{\mu}$$

$$\mu$$

$$\text{Re} = \frac{0,955 \text{ m/s} \times 0,02 \text{ m}}{0,0000005 \text{ m}^2/\text{s}}$$

$$\text{Re} = 40227,96$$

$\text{Re} > 3500$  maka aliran yang terjadi adalah turbulen

### b. Perhitungan koefisien gesek

Untuk mengetahui koefisien gesek ( $\lambda$ ) maka digunakan pembacaan dari diagram moody dimana pembacaan diperoleh dari perpotongan antara *nilai relative roughness* dengan nilai *reynold number*.

$$\text{Relative roughness} = k/D$$

$$\begin{aligned} \text{Dimana : } k &= \text{absolute roughness (m} \times 10^{-6}\text{)} \\ &= \text{untuk tembaga} = 1,5 \text{ m} \times 10^{-6} \end{aligned}$$

$$D = \text{diameter pipa (m)}$$

$$\begin{aligned} \text{Rr} &= 1,5 \times 10^{-6} \text{ m} / 0,0216 \text{ m} \\ &= 0,000075 \end{aligned}$$

Dari pembacaan dari diagram moody diambil perpotongan antara *relative roughness* dan *Renould number* maka didapatkan nilai koefisien gesek sebesar 0,0235

Dengan perhitungan yang sama dengan cara diatas maka dapat ditentukan untuk pipa dengan diameter yang lain yang dilewati.

Tabel 4.25: hasil perhitungan koefisien gesek pipa air panas

	Pipa1	Pipa3	Pipa5	Pipa out
Dia.(m)	0,02	0,015	0,01	0,008
Q(m <sup>3</sup> /h)	1,08	0,585	0,405	0,114
A(m <sup>2</sup> )	0,000314	0,00018	$7,85 \times 10^{-5}$	0,00005
V(m/s)	0,955	0,92	1,433	0,630
RE	40227,96	29053,5	30170,97	10615,7
Rr	0,000075	0,0001	0,00015	0,0002
<i>f</i>	0,0235	0,025	0,0255	0,031

### c. Perhitungan kebutuhan head

$$H = H_v + H_p + H_s + H_l$$

$$H = \frac{(\sqrt{v_2^2} - v_1^2)}{2g} + \frac{(P_2 - P_1)}{\rho \times g} + (H_{s2} - H_{s1}) + (H_{loss})$$

#### a. Head Kecepatan

$$H_v = \frac{(\sqrt{v_2^2} - v_1^2)}{2g}$$

Dimana =  $v_2$  = Kecepatan sisi buang (m/s)  
= 0,95 m/s

$v_1$  = Kecepatan disisi hisap (m/s)  
= 0,82 m/s

$g$  = percepatan gravitasi (m/s<sup>2</sup>)  
= 9,81 m/s<sup>2</sup>

$$\begin{aligned} H_v &= \frac{(\sqrt{v_2^2} - v_1^2)}{2g} \\ &= \frac{0,95 \text{ m/s} - 0,63 \text{ m/s}}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2} \\ &= -0,026 \text{ m} \end{aligned}$$

## b. Head Tekanan

$$H_p = \frac{(P_2 - P_1)}{\rho \times g}$$

dimana =  $P_2$  = Tekanan disisi buang (N/m)  
= 100000 N/m

$P_1$  = Tekanan disisi hisap (N/m)  
= 300000 N/m

$\rho$  = massa jenis fluida (kg/m<sup>3</sup>)  
= 1000 kg/ m<sup>3</sup>

$g$  = pcptn. gravitasi( m/s<sup>2</sup>)  
= 9,81 m/s<sup>2</sup>

$$H_p = \frac{-200000}{1000 \times 9,81}$$

$$= -20,38 \text{ m}$$

## c. Head Static

$$H_s = H_{s2} - H_{s1}$$

Dimana =  $H_{s2}$  = ketinggian disisi buang

$H_{s1}$  = ketinggian disisi hisap

Head static diambil dari ketinggian air dalam hydrophore sampai titik tertinggi pipa

$$H_s = 14 \text{ m}$$

## d. Head losses

$$H_l = H_{loss \text{ mayor}} + H_{loss \text{ minor}}$$

$$H_{loss \text{ mayor}} = f \times \frac{L}{D} \times \frac{(v_2^2 - v_1^2)}{2g}$$

Dimana =  $f$  = Koefisien gesek

$L$  = Panjang pipa ( m)

$D$  = Diameter pipa ( m)

$v$  = Kecepatan rata-rata ( m/s)

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

Hlma 1 Pipe diameter 0,02m, L= 17m  

$$\text{Hlma 1} = 0,0235 \times \frac{17\text{m}}{0,02 \text{ m}} \times \frac{0,955^2 \text{ m/s}}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$= 0,929 \text{ m}$$

Hlma 2 Pipe diameter 0,015m, L= 3m  

$$\text{Hlma 2} = 0,025 \times \frac{3\text{m}}{0,015 \text{ m}} \times \frac{0,92^2 \text{ m/s}}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$= 0,216 \text{ m}$$

Hlma 3 Pipe diameter 0,01m, L= 12m  

$$\text{Hlma 3} = 0,0255 \times \frac{12\text{m}}{0,01 \text{ m}} \times \frac{1,43^2 \text{ m/s}}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2}$$

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

Hlma 4 Pipe diameter 0,008m, L= 2m  

$$\text{Hlma 4} = 0,031 \times \frac{2\text{m}}{0,008 \text{ m}} \times \frac{0,63^2 \text{ m/s}}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$= 0,156$$

Total Hl ma = (0,929+0,216+3,2+0,156) m  

$$= 4,505 \text{ m}$$

$$\text{Hloss minor} = \varepsilon \times \left( \frac{v^2}{2g} \right)$$

Dimana  $\varepsilon$ =Total rugi *fitting* dan aksesoris  
 $v$ = Kecepatan rata-rata ( m/s)  
 $g$ = percepatan gravitasi ( m/s<sup>2</sup>)

Hloss minor 1 , D pipe = 0,02m

No	Penyebab losses	n	k	nxk
1	<i>butterfly valve</i>	1	0,6	0,6
2	belokan 90	4	1,3	5,2
3	sambungan pipa	3	0,2	0,6
4	<i>T join linier flow</i>	3	0,2	0,6
				7

$$\begin{aligned} \text{Hloss minor 1} &= 7 \times \frac{0,955^2 \text{ m/s}}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2} \\ &= 0,326 \text{ m} \end{aligned}$$

Hloss minor 2 , D pipe = 0,015m

No	Penyebab losses	n	k	nxk
1	<i>T join linier flow</i>	1	0,2	0,2
				0,2

$$\begin{aligned} \text{Hloss minor 2} &= 0,2 \times \frac{0,92^2 \text{ m/s}}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2} \\ &= 0,0086 \text{ m} \end{aligned}$$

Hloss minor 3 , D pipe = 0,01m

No	Penyebab losses	n	k	nxk
1	<i>butterfly valve</i>	1	0,6	0,6
2	belokan 90	5	1,3	6,5
3	sambungan pipa	2	0,2	0,4
4	<i>T join linier flow</i>	11	0,2	2,2
				9,7

$$\begin{aligned} \text{Hloss minor 3} &= 9,7 \times \frac{1,43^2 \text{ m/s}}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2} \\ &= 1,015 \text{ m} \end{aligned}$$

Hloss minor 4 , D pipe = 0,008m

No	Penyebab losses	n	k	nxk
1	<i>butterfly valve</i>	1	0,6	0,6
				0,6

$$\begin{aligned} \text{Hloss minor 4} &= 0,6 \times \frac{0,63^2 \text{ m/s}}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2} \\ &= 0,0125 \text{ m} \end{aligned}$$

Total Hl minor

$$\begin{aligned} &= (0,326 + 0,0086 + 1,015 + 0,0125) \text{ m} \\ &= 1,36 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_{total} &= H_v + H_p + H_s + H_{lma} + H_{lmi} \\
 &= 0,0123 \text{ m} + (-20,387 \text{ m}) + 15 \text{ m} + \\
 &\quad 2,74 \text{ m} + 0,66 \text{ m} \\
 &= -0,55 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Maka dengan *hydrophore* yang memiliki tekanan minimal 0,3 Mpa diketahui mencukupi untuk kebutuhan head dalam sistem dan menyisakan head sebesar 0,55 m

#### 4.2.3.2 Perhitungan kebutuhan *Head* Air Laut

Diketahui diameter pipa yang dilewati untuk mencapai titik tertinggi adalah sebagai berikut.

1. Pipa Baja 1 diameter 25 A
2. Pipa Baja 2 diameter 20 A
3. Pipa Baja 3 diameter 20 A
4. Pipa Baja out diameter 10 A

Maka dapat ditentukan sifat aliran didalam pipa tersebut dan juga koefisien gesek yang terjadi sehingga dapat dihitung head yang dibutuhkan.

##### a. Analisa sifat aliran

Pipa baja 1 diameter 25A

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{1}{4} \times \Pi \times Id^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,025^2 \text{ m} \\
 &= 0,000491 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$Q = 2,16 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$V = Q / A$$

$$= 2,16 \text{ m}^3/\text{h} / 0,000491 \text{ m}^2$$

$$= 4402 \text{ m/h}$$

$$= 1,22 \text{ m/s}$$

$$Re = \frac{V \cdot D}{\mu}$$

$$Re = \frac{1,22 \text{ m/s} \times 0,025 \text{ m}}{0,0000008 \text{ m}^2/\text{s}}$$

$$Re = 38216$$

$Re > 3500$  maka aliran yang terjadi adalah turbulen

### b. Perhitungan koefisien gesek

Untuk mengetahui koefisien gesek ( $\lambda$ ) maka digunakan pembacaan dari diagram moody dimana pembacaan diperoleh dari perpotongan antara *nilai relative roughness* dengan nilai *reynold number*.

$$\text{Relative roughness} = k/D$$

$$\text{Dimana : } k = \text{absolute roughness (m} \times 10^{-6})$$

$$= \text{untuk pipa galvanize} = 152 \text{ m} \times 10^{-6}$$

$$D = \text{diameter pipa (m)}$$

$$Rr = 152 \times 10^{-6} \text{ m} / 0,025 \text{ m}$$

$$= 0,0061$$

Dari pembacaan dari diagram moody diambil perpotongan antara *relative roughness* dan *Renould number* maka didapatkan nilai koefisien gesek sebesar 0,034

Dengan perhitungan yang sama dengan cara diatas maka dapat ditentukan untuk pipa dengan diameter yang lain yang dilewati.

Tabel 4. 26. hasil perhitungan koefisien gesek pipa air laut

	Pipa1	Pipa3	Pipa5	Pipa out
Dia.(m)	0,025	0,02	0,02	0,01
Q(m3/h)	2,16	1,62	1,44	0,468
A(m2)	0,000491	0,000314	0,000314	0,00008
V(m/s)	1,223	1,433	1,274	1,7
RE	38216,56	35828,03	31847,13	20700,6
Rr	0,006	0,008	0,0076	0,015
<i>f</i>	0,034	0,037	0,0375	0,045

### c. Perhitungan kebutuhan head

$$H = H_v + H_p + H_s + H_l$$

$$H = \frac{(v_2^2 - v_1^2)}{2g} + \frac{(P_2 - P_1)}{\rho \times g} + (H_{s2} - H_{s1}) + (H_{loss})$$

#### a. Head Kecepatan

$$H_v = \frac{(v_2^2 - v_1^2)}{2g}$$

Dimana =  $v_2$  = Kecepatan sisi buang (m/s)  
= 1 m/s

$v_1$  = Kecepatan disisi hisap (m/s)  
= 1 m/s

$g$  = percepatan gravitasi (m/s<sup>2</sup>)  
= 9,81 m/s<sup>2</sup>

$$\begin{aligned} H_v &= \frac{(v_2^2 - v_1^2)}{2g} \\ &= \frac{1,67 \text{ m/s} - 1,22 \text{ m/s}}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2} \\ &= 0,0635 \text{ m} \end{aligned}$$

#### b. Head Tekanan

$$H_p = \frac{(P_2 - P_1)}{\rho \times g}$$

dimana =  $P_2$  = Tekanan disisi buang (N/m)  
= 100000 N/m

$P_1$  = Tekanan disisi hisap (N/m)  
= 300000 N/m

$\rho$  = massa jenis air laut (kg/m<sup>3</sup>)  
= 1000 kg/ m<sup>3</sup>

$g$  = pcptn. gravitasi( m/s<sup>2</sup>)  
= 9,81 m/s<sup>2</sup>

$$\begin{aligned} H_p &= \frac{-200000}{1000 \times 9,81} \\ &= -20,38 \text{ m} \end{aligned}$$

## c. Head Statis

$$H_s = H_{s2} - H_{s1}$$

Dimana =  $H_{s2}$  = ketinggian disisi buang

$H_{s1}$  = ketinggian disisi hisap

*Head static* diambil dari ketinggian air dalam *hydrophore* sampai titik tertinggi pipa

$$H_s = 12 \text{ m}$$

## d. H losses

$$H_l = H_{loss \text{ mayor}} + H_{loss \text{ minor}}$$

$$H_{loss \text{ mayor}} = f \times \frac{L}{D} \times \frac{(v^2 - v_1^2)}{2g}$$

Dimana =  $f$  = Koefisien gesek

$L$  = Panjang pipa ( m )

$D$  = Diameter pipa ( m )

$v$  = Kecepatan rata-rata ( m/s )

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

Hlma 1 Pipe diameter 0,025m, L= 20m

$$\begin{aligned} H_{lma \ 1} &= 0,034 \times \frac{20\text{m}}{0,0276 \text{ m}} \times \frac{1,22^2 \text{ m/s}}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2} \\ &= 2,07 \text{ m} \end{aligned}$$

Hlma 2 Pipe diameter 0,015m, L= 3m

$$\begin{aligned} H_{lma \ 2} &= 0,037 \times \frac{3\text{m}}{0,015 \text{ m}} \times \frac{1,43^2 \text{ m/s}}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2} \\ &= 0,58 \text{ m} \end{aligned}$$

Hlma 3 Pipe diameter 0,015m, L= 12m

$$\begin{aligned} H_{lma \ 3} &= 0,0375 \times \frac{12\text{m}}{0,015 \text{ m}} \times \frac{1,27^2 \text{ m/s}}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2} \\ &= 1,86 \text{ m} \end{aligned}$$

Hlma 4 Pipe diameter 0,01m, L= 2m

$$\begin{aligned} \text{Hlma 4} &= 0,045 \times \frac{2\text{m}}{0,01 \text{ m}} \times \frac{1,67^2 \text{ m/s}}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2} \\ &= 1,26 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total Hl ma} &= (2,07+0,58+1,86+1,26) \text{ m} \\ &= 5,77 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{Hloss minor} = \varepsilon \times \frac{v^2}{2g}$$

Dimana  $\varepsilon$ =Total rugi fitting dan aksesoris  
 $v$ = Kecepatan rata-rata ( m/s)  
 $g$ = percepatan gravitasi ( m/s<sup>2</sup>)

maka

Hloss minor 1 , D pipe = 0,025m

No	Penyebab looses	n	k	nxk
1	<i>butterfly valve</i>	1	0,6	0,6
2	belokan 90	3	1,3	3,9
3	sambungan pipa	3	0,2	0,6
4	<i>T join linier flow</i>	3	0,2	0,6
				5,7

$$\begin{aligned} \text{Hloss minor 1} &= 5,7 \times \frac{1,22^2 \text{ m/s}}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2} \\ &= 0,44 \text{ m} \end{aligned}$$

Hloss minor 2 , D pipe = 0,015m

No	Penyebab looses	n	k	nxk
1	<i>T join linier flow</i>	1	0,2	0,2
				0,2

$$\begin{aligned} \text{Hloss minor 2} &= 0,2 \times \frac{1,43^2 \text{ m/s}}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2} \\ &= 0,02 \text{ m} \end{aligned}$$

Hloss minor 3 , D pipe = 0,015m

No	Penyebab losses	n	k	nxk
1	<i>butterfly valve</i>	1	0,6	0,6
2	belokan 90	5	1,3	6,5
3	sambungan pipa	2	0,2	0,4
4	<i>T join linier flow</i>	11	0,2	2,2
				9,7

$$\begin{aligned} \text{Hloss minor 3} &= 9,7 \times \frac{1,27^2 \text{ m/s}}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2} \\ &= 0,8 \text{ m} \end{aligned}$$

Hloss minor 4 , D pipe = 0,01m

No	Penyebab losses	n	k	nxk
1	<i>butterfly valve</i>	1	0,6	0,6
				0,6

$$\begin{aligned} \text{Hloss minor 4} &= 0,6 \times \frac{1,67^2 \text{ m/s}}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2} \\ &= 0,084 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total Hl minor} &= (0,44 + 0,02 + 0,8 + 0,084) \text{ m} \\ &= 1,34 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Htotal} &= \text{Hv} + \text{Hp} + \text{Hs} + \text{Hlma} + \text{Hlmi} \\ &= 0,064 \text{ m} + (-20,387 \text{ m}) + 12 \text{ m} + \\ &\quad 5,77 \text{ m} + 1,34 \text{ m} \\ &= -1,209 \text{ m} \end{aligned}$$

Maka dengan *hydrophore* yang memiliki tekanan minimal 0,3 Mpa diketahui mencukupi untuk kebutuhan head dalam sistem dan menyisakan head sebesar 1,29 m

Sehingga spec hydrophore yang dapat digunakan dalam sistem adalah sebagai berikut.

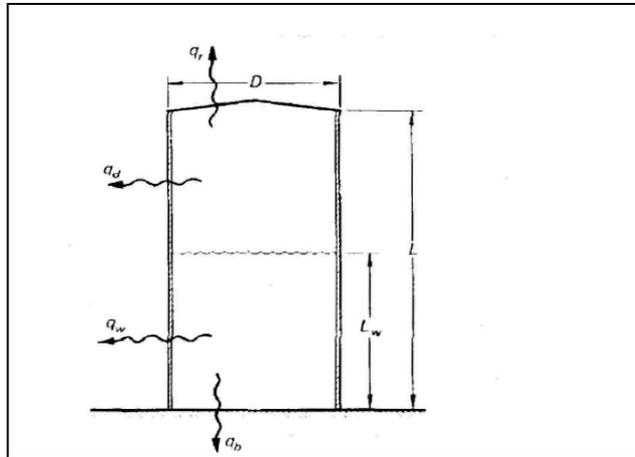
Tabel 4.27 : Spesifikasi hydrophore yang dibutuhkan sistem domestik

Kebutuhan Hydrophore air tawar		
Jumlah	1	buah
Volume	1	m <sup>3</sup>
Desain pressure	Minimum 0,3	mpa
Kapasitas Pompa	5	m <sup>3</sup> /h
Kebutuhan Hydrophore air panas		
Jumlah	1	buah
Kapasitas	0,5	m <sup>3</sup>
Desain pressure	Minimum 0,3	mpa
Kapasitas Pompa	1,3	m <sup>3</sup> /h
Kebutuhan Hydrophore air laut		
Jumlah	1	buah
Kapasitas	0,5	m <sup>3</sup>
Desain pressure	Minimum 0,3	mpa
Kapasitas Pompa	2,5	m <sup>3</sup> /h

#### 4.2.4 Perhitungan *Heat Loss* dalam *hot water Hydrophore*

Sebaik-baiknya insulasi dalam tanki pasti akan terjadi *heat loss* yang menyebabkan hilangnya kalor secara bertahap pada fluida didalam tanki sehingga menyebabkan penurunan suhu. Maka diperlukan perhitungan untuk menentukan kehilangan kalor dalam setiap ukuran waktu pada tanki hydrophore sehingga dapat diketahui seberapa lama air panas yang siap untuk disuplai ke sistem domestik dapat di simpan sebelum diganti dengan air panas yang baru .

Untuk melakukan perhitungan *heat loss* di gunakan referensi *predict storage tank heat transfer precisely* oleh *jimmy D Kumana and Samir P. Khotari*



Gambar 4.7 : Prinsip heat loss dalam tanki tekan vertikal

Sumber : Predict Storage – Tank heat transfer Precisely Jimmy D. Kumana and Samir P. Khotari hal. 127

Untuk tanki silinder vertikal yang biasa digunakan untuk tanki tekan maka prinsip perhitungan heat loss seperti tampak pada gambar diatas, dimana *heat loss* yang terjadi keluar melewati dinding atas( $q_r$ ), dinding samping yang kering( $q_d$ ), dinding samping yang basah( $q_w$ ) dan pada alas tanki( $q_b$ ) baik secara radiasi, konveksi maupun konduksi.

Tahap perhitungan dalam perhitungan heat loss adalah

1. Data masukan perhitungan
2. Perhitungan koefisien thermal masing-masing dinding
3. Perhitungan luasan daerah masing-masing dinding
4. Perhitungan koefisien thermal masing-masing dinding
5. Koreksi temperatur dinding dalam dan luar masing-masing dinding
6. Perhitungan koefisien thermal masing-masing dinding dengan menggunakan koreksi temperatur dinding
7. Perhitungan koefisien thermal dinding
8. Perhitungan heat loss
9. Selesai.

Dengan formula yang digunakan adalah sebagai berikut.

a. Rumus mencari *heat loss* total <sup>13</sup>

$$q_d = U_d \times A_d \times (T_v - T_a)$$

$$q_w = U_w \times A_w \times (T_l - T_a)$$

$$q_b = U_b \times A_b \times (T_l - T_a)$$

$$q_r = U_r \times A_r \times (T_v - T_a)$$

sehingga

$$Q_{\text{total}} = q_d + q_w + q_b + q_r$$
 <sup>14</sup>

Dimana

$Q_{\text{total}}$  = heat loss total (Btu/h)

$q_d$  = heat loss pada dinding kering (Btu/h)

$q_w$  = heat loss pada dinding basah (Btu/h)

$q_b$  = heat loss pada alas (Btu/h)

$q_r$  = heat loss pada atap (Btu/h)

$a_d$  = luas dinding kering (ft<sup>2</sup>)

$a_w$  = luas dinding basah (ft<sup>2</sup>)

$a_b$  = luas alas (ft<sup>2</sup>)

$a_r$  = luas atap (ft<sup>2</sup>)

$U_d$  = koefisien thermal dinding kering (Btu/ft<sup>2</sup>-h)

$U_w$  = koefisien thermal dinding basah (Btu/ft<sup>2</sup>-h)

$U_r$  = koefisien thermal atap (Btu/ft<sup>2</sup>-h)

$U_b$  = koefisien thermal alas (Btu/ft<sup>2</sup>-h)

$T_l$  = suhu fluida (°K)

<sup>13</sup> Predict Storage – Tank heat transfer Precisely Jimmy D. Kumana and Samir P. Khotari hal. 127

<sup>14</sup> Predict Storage – Tank heat transfer Precisely Jimmy D. Kumana and Samir P. Khotari hal. 127

$T_v$  = suhu udara uap ( $^{\circ}\text{K}$ )

$T_a$  = suhu ambient ( $^{\circ}\text{K}$ )

b. Rumus mencari Luasan daerah

Untuk mencari luasan daerah masing-masing dinding digunakan rumus berikut.

$$\begin{aligned} A_d &= \Pi D (L - L_w) \\ A_w &= \Pi D L_w \\ A_b &= \Pi D^2 / 4 \\ A_r &= (\Pi D / 2) (D^2/4 + D^2)^{1/2} \end{aligned} \quad ^{15}$$

Dimana

$A_d$  = Luas dinding kering ( $\text{ft}^2$ )

$A_w$  = Luas dinding basah ( $\text{ft}^2$ )

$A_b$  = Luas dinding alas ( $\text{ft}^2$ )

$A_r$  = Luas dinding atap ( $\text{ft}^2$ )

$D$  = diameter tanki (ft)

$L$  = Tinggi tanki(ft)

$L_w$  = Tinggi fluida dalam tangki(ft)

$\Pi$  = Jari-jari lingkaran =3,14

c. Rumus mencari Koefisien thermal

Rumus untuk mencari koefisien thermal adalah sebagai berikut

$$\begin{aligned} 1/U_d &= 1/h_{v,w} + t_m/k_m + t_i/k_i + (1/h_{a,w} + h_{r,d}) + 1/h_{f,d} \\ 1/U_w &= 1/h_{l,w} + t_m/k_m + t_i/k_i + (1/h_{a,w} + h_{r,w}) + 1/h_{f,w} \\ 1/U_b &= 1/h_{l,b} + t_m/k_m + t_i/k_i + (1/h_{a,w} + h_{r,w}) + 1/h_{f,w} \\ 1/U_r &= 1/h_{v,r} + t_m/k_m + t_i/k_i + (1/h_{a,w} + h_{r,d}) + 1/h_{f,d} \end{aligned} \quad ^{16}$$

<sup>15</sup> Predict Storage – Tank heat transfer Precisely Jimmy D. Kumana and Samir P. Khotari hal. 128

<sup>16</sup> Idem no 15

Dimana

$U_d$  = Koefisien thermal dinding kering (Btu/ft<sup>2</sup>-h)

$U_w$  = Koefisien thermal dinding basah (Btu/ft<sup>2</sup>-h)

$U_r$  = Koefisien thermal atap (Btu/ft<sup>2</sup>-h)

$U_b$  = Koefisien thermal alas (Btu/ft<sup>2</sup>-h)

$h_{vw}$  = Koef. thermal vapor dinding basah (Btu/ft<sup>2</sup>-h)

$h_{aw}$  = Koef. thermal udara luar dinding (Btu/ft<sup>2</sup>-h)

$h_{rd}$  = Koef. radiasi untuk dinding kering (Btu/ft<sup>2</sup>-h)

$h_{fd}$  = Koef. thermal fouling dinding kering (Btu/ft<sup>2</sup>-h)

$h_{lw}$  = Koef. thermal fluida dinding basah (Btu/ft<sup>2</sup>-h)

$h_{rw}$  = Koef. radiasi untuk dinding basah (Btu/ft<sup>2</sup>-h)

$h_{fw}$  = Koef. thermal fouling dinding basah (Btu/ft<sup>2</sup>-h)

$h_{lb}$  = Koef. thermal fluifa dinding alas (Btu/ft<sup>2</sup>-h)

$h_{vw}$  = Koef. thermal vapor dinding kering (Btu/ft<sup>2</sup>-h)

$t_m$  = material thickness tangki (ft)

$k_m$  = Konduktivitas termal material tanki (Btu/ft-h)

$t_i$  = insulasi thickness tangki (ft)

$k_i$  = Konduktivitas termal insulasi tanki (Btu/ft-h)

d. Rumus mencari Koefisien thermal dinding konveksi

Untuk dinding vertikal menggunakan rumusan:

$$h = \text{Nnu} \times k / L - Lw \quad ^{17}$$

Untuk dinding horisontal menggunakan rumusan:

Atap

$$h = (0,27k/D) \times (\text{NGR} \times \text{NPR}) \quad ^{18}$$

alas

$$h = (0,14k/D) \times (\text{NGR} \times \text{NPR}) \quad ^{19}$$

Dimana

$h$  = koefisien thermal dinding

$k$  = konduktivitas thermal (Btu/ft h °F)

$L$  = tinggi tanki (ft)

$\text{NGR}$  = *Grashof number*

$\text{NPR}$  = *Prandtl number*

$\text{Nnu}$  = *Nusselt number*

e. Rumus mencari  $\text{NGR}$ ,  $\text{NPR}$  dan  $\text{Nnu}$

Rumus mencari  $\text{NGR}$  dan  $\text{NPR}$  adalah sebagai berikut.

$\text{NGR}$  dan  $\text{NPR}$  Untuk *liquid phase*

$$\begin{aligned} \text{NGR} &= L^3 \times \rho^2 \times g \times \beta \times \Delta T / \mu \\ \text{NPR} &= cp \times \mu / k \end{aligned} \quad ^{20}$$

---

<sup>17</sup> Idem no 15

<sup>18</sup> Idem no 15

<sup>19</sup> Idem no 15

<sup>20</sup> Idem no 15

NGR dan NPR Untuk vapor phase

$$\begin{aligned} \text{NGR} &= 1,9 \times 10^7 \times (L-LW)^3 \times (Tv-Tw) \\ \text{NPR} &= 0,28 \end{aligned} \quad ^{21}$$

Nnu untuk liquid dan vapor untuk dinding vertikal

$$\begin{aligned} \text{Nnu} &= 0,138 \times \text{NGR}^{0,36} \times (\text{NPR}^{0,175} - 0,55) \\ &\text{ketika } 0,1 < \text{NPR} < 40, \text{NGR} > 10^9 \\ \text{Nnu} &= 0,495 \times (\text{NGR} \times \text{NPR})^{0,25} \\ &\text{Ketika } \text{NPR} > 100 \text{ dan } 10^4 < (\text{NGR} \times \text{NPR}) < 10 \end{aligned} \quad ^{22}$$

Nnu untuk liquid dan vapor untuk dinding horisontalAtap

$$\text{Nnu} = 0,14 \times (\text{NGR} \times \text{NPR})^{0,33} \quad ^{23}$$

Alas

$$\text{Nnu} = 0,27 \times (\text{NGR} \times \text{NPR})^{0,25} \quad ^{24}$$

Dimana

NGR = *Grashof number*

NPR = *Prandtl number*

Nnu = *Nusselt number*

L = tinggi tanki

Lw = Tinggi fluida

p = Massa jenis fluida

g = gravitasi

---

<sup>21</sup> Idem no 15

<sup>22</sup> Idem no 15

<sup>23</sup> Idem no 15

<sup>24</sup> Idem no 15

- $\beta$  = thermal expansion  
 $\Delta T$  = perbedaan suhu  
 $\mu$  = viskositas fluida  
 $c_p$  = spesifik heat  
 $k$  = konduktivitas thermal fluida  
 $T_v$  = suhu vapour  
 $T_w$  = suhu fluida

f. Rumus mencari Koefisien konduksi *heat transfer*

$$\begin{array}{l} hm = km/tm \\ Im = im/ti \end{array}^{25}$$

Dimana

- $hm$  = koef. thermal konduksi material (Btu/ft<sup>2</sup>-h)  
 $hi$  = koef. thermal konduksi insulator (Btu/ft<sup>2</sup>-h)  
 $km$  = konduktivitas thermal material (Btu/ft-h)  
 $ki$  = konduktivitas thermal insulator (Btu/ft-h)  
 $tm$  = tebal material (ft)  
 $ti$  = tebal insulator (ft)

g. Rumus mencari Koefisien radiasi

$$hr = \frac{0,1713\varepsilon}{(T_{ws} - T_a)} \times \left[ \left( \frac{T_{ws} + 460}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_a + 460}{100} \right)^4 \right]^{26}$$

Dimana

- $hr$  = koefisien radiasi (Btu/ft<sup>2</sup>-h)  
 $\varepsilon$  = emmissivity material (0,9 untuk benda hitam)  
 $T_{ws}$  = Temperatur dinding luar *insulated surface* (°K)  
 $= T_a + 0,25(T_{bulk} - T_a)$   
 $T_a$  = Temperatur ambient (°K)

---

<sup>25</sup> Predict Storage – Tank heat transfer Precisely Jimmy D. Kumana and Samir P. Khotari hal. 129

<sup>26</sup> Idem no 25

## h. Rumus koreksi temperatur

$$\begin{aligned} T_{ws} &= (U/hr + h_{aw})(T_{\text{fluida}} - T_{\text{amb.}}) + T_{\text{amb.}} \\ T_w &= T_{\text{fluida}} - (U/h)(T_{\text{fluida}} - T_{\text{amb.}}) \end{aligned} \quad 27$$

Dimana :

$T_{ws}$  = Temperatur dinding luar ( $^{\circ}\text{K}$ )

$T_w$  = Temperatur dinding dalam ( $^{\circ}\text{K}$ )

$U$  = koefisien thermal dinding ( $\text{Btu}/\text{ft}^2\text{-h}$ )

$H_r$  = koefisien radiasi ( $\text{Btu}/\text{ft}^2\text{-h}$ )

$H_{aw}$  = koefisien thermal udara luar ( $\text{Btu}/\text{ft}^2\text{-h}$ )

$T_{\text{fluida}}$  = temperatur fluida ( $^{\circ}\text{K}$ )

$T_{\text{ambient}}$  = Temperatur ambient ( $^{\circ}\text{K}$ )

$H$  = koef. thermal dinding konveksi ( $\text{Btu}/\text{ft}^2\text{-h}$ )

dengan menggunakan rumus-rumus diatas maka dapat dilakukan perhitungan heat loss yang terjadi pada tangki.

#### 4.2.4.1 Data Masukan Perhitungan

Masukan data awal diperlukan untuk perhitungan heat loss. Data awal yang diperlukan adalah sebagai berikut.

Tabel 4.28: Data masukan dalam perhitungan heat losses

Assumed fouling coef	Unit	result
Dry Wall	$\text{Btu}/\text{ft}^2\text{-h-F}$	528
Wet wall	$\text{Btu}/\text{ft}^2\text{-h-F}$	264
Roof	$\text{Btu}/\text{ft}^2\text{-h-F}$	352
Bottom	$\text{Btu}/\text{ft}^2\text{-h-F}$	352

<sup>27</sup> Predict Storage – Tank heat transfer Precisely Jimmy D. Kumana and Samir P. Khotari hal. 131

Thermal Conductivities	Unit	result
Galvanized Steel walls	Btu/ft-h-F	24,510
Insulation glass wool	Btu/ft-h-F	0,026
thickness k	ft	0,002
thickness i	ft	0,164
Surface emissivity		
wall and roof		0,9
Temperature	Unit	result
Vapor in tank	F	131
Liquid in tank	F	140
Outside air	F	95
Vessel Dimensions	Unit	result
Tank diameter	(ft)	2,703
Vessel height	(ft)	5,815
Liquid height	(ft)	4,652
Physical properties	Unit	Liquid
Density	lb/ft <sup>3</sup>	61,400
Specific Heat	Btu/lb F	1
Viscosity	cP	1,130
Thermal Conductivity	Btu/ft-h-F	0,336
Coeff. Of volume metric expansion	/F	0,00029
Physical properties	Unit	air/vapour
Density	lb/ft <sup>3</sup>	0,062
Specific Heat	Btu/lb F	0,238
Viscosity	cP	0,05
Thermal Conductivity	Btu/ft-h-F	0,009
Coeff. Of volume metric expansion	/F	0,002

#### 4.2.4.2 Perhitungan Koefisien *Heat Transfer* Masing-Masing Dinding

Tahap awal dalam melakukan perhitungan adalah menentukan koefisien *heat transfer* masing-masing dinding. Koefisien yang dihitung adalah

- Koefisien *heat transfer* secara konveksi didalam tanki pada masing-masing dinding
- Koefisien *heat transfer* secara konduksi pada masing-masing dinding
- Koefisien *heat transfer* secara konveksi di luar tanki pada masing-masing dinding
- Koefisien *heat transfer* akibat *fouling*
- Koefisien *heat transfer* secara radiasi

Dengan menggunakan formula diatas yang telah di jabarkan pada bab 4.2.4 perhitungan koefisien didapatkan sebagai berikut.

Tabel 4.29: Hasil perhitungan koefisien thermal

a. Perhitungan NGR dan NPR <i>liquid</i>		
Ngr =	8,094x10 <sup>11</sup>	
Npr=	3,358	
$\Delta T = T_L - T_w =$	22,5	
b. Perhitungan NGR dan NPR <i>vapor</i>		
Ngr	5,381 x10 <sup>8</sup>	
Npr	0,28	
$\Delta T = T_v - T_w$	18	
c. Coefficient for vapor pada dinding dalam (hvw)		
Nnu=	48,02	
Hvw=	0,383	Btu/ft <sup>2</sup> h-°F

<i>d. Coefficient for liquid pada dinding dalam(hlw)</i>		
Nnu=	1833	
Hlw=	530,2	Btu/ft <sup>2</sup> h-°F
<i>e. Coefficient for vapor pada atap dalam(hvw)</i>		
Ngr=	6,752 x10 <sup>9</sup>	
hvr =	0,193	Btu/ft <sup>2</sup> h-°F
<i>f Coefficient for liquid pada dinding alas</i>		
Ngr =	1,587 x10 <sup>11</sup>	
hLb =	129,1	Btu/ft <sup>2</sup> h-°F
Tws =	104	
<i>g. Coefficient for outside air pada dinding atap</i>		
Ngr =	3,376 x10 <sup>9</sup>	
har=	15,96	Btu/ft <sup>2</sup> h-°F
$\Delta T=(T_L -T_w)/4=$	22,5	
<i>h. Coefficient for outside air pada dinding luar</i>		
Ngr=	2,102 x10 <sup>10</sup>	
Nnu=	492,5	
Haw=	28,49	Btu/ft <sup>2</sup> h-°F
<i>i. Conduction koefisien</i>		
hm=	1,068 x10 <sup>4</sup>	
hi=	0,1564	
<i>j. Radiation coefficient</i>		
hrd =	1,08	Btu/ft <sup>2</sup> h-°F
hrw=	1,087	Btu/ft <sup>2</sup> h-°F
Tws dry=	104	
Tws wet=	106,3	

#### 4.2.4.3 Perhitungan Luasan Daerah Masing-Masing Dinding

Tahap selanjutnya setelah dicari koefisien thermal maka harus dilakukan perhitungan seberapa besar luasan masing-masing dinding. Semakin luas dinding maka heat loss yang terjadi akan semakin besar dibanding luasan dinding yang lebih kecil. Luasan dinding dihitung ketika fluida cair berada pada volume puncak karena heat loss terbesar adalah ketika fluida cair dalam kondisi puncak di dalam tanki. Luasan dinding yang dihitung mencakup:

1. Luasan dinding kering
2. Luasan dinding basah
3. Luasan dinding atap
4. Luasan dinding alas

Dengan menggunakan formula diatas perhitungan luasan daerah didapatkan sebagai berikut.

Tabel 4.30: Luas permukaan dinding tanki

Luasan dinding	A (ft <sup>2</sup> )
Dinding kering	9,87
Dinding basah	39,48
Dinding atap	12,82
Dinding alas	5,73
total	67,91

#### 4.2.4.4 Perhitungan total koefisien thermal masing-masing dinding

Dari koefisien masing-masing dinding pada bab 4.2.4.2 dijumlahkan untuk menghitung total koefisien thermal masing-masing dinding (U).

Dengan menggunakan formula diatas perhitungan didapatkan sebagai berikut.

Tabel 4.31: Total koefisien heat losses

Coeff.	Dry wall	wet wall	roof	bottom
hVw	0,383		-	-
hLw	-	530,236	-	-
hVr	-	-	0,193	-
hLb	-	-		129,114
hAr	-	-	15,963	-
hAw	28,491	28,491	-	-
hM	10675,1	10675,1	10675,1	10675,1
hl	0,156	0,156	0,156	0,156
hF	3000	1000	1500	1000
hR	1,080	1,087	1,080	
1/U	9,038	6,431	12,556	6,403
U	0,111	0,156	0,080	0,156

Namun total koefisien thermal untuk masing-masing dinding yang telah dihitung perlu dilakukan koreksi kembali karena temperatur yang dipakai pada perhitungn diatas merupakan temperatur yang diasumsikan seperti pada formula g pada bab 4.2.4

#### 4.2.4.5 Koreksi Temperatur Dinding Dalam Dan Luar Masing-Masing Dinding

Untuk mendapatkan temperatur dinding yang tepat maka koreksi temperatur dilakukan. Dengan menggunakan formula pada bab 4.2.4 koreksi temperatur didapatkan sebagai berikut.

Tabel 4.32: Koreksi temperatur pada dinding tanki

T dinding	°F
Tws dry wall =	95,195
Tw dry wall =	115,946
Tws wet wall =	95,023
Tw wetwall =	139,977
Tws roof =	98,415
Tw roof =	111,917
Tws bottom =	95,097
Tw bottom =	139,903

#### 4.2.4.6 Perhitungan Koefisien Heat Transfer Masing-Masing Dinding Dengan Menggunakan Koreksi Temperatur Dinding

Dengan menggunakan temperatur dinding dalam maupun luar yang telah dikoreksi maka dilakukan perulangan perhitungan untuk koefisien thermal masing-masing dinding. Dengan menggunakan formula pada bab 4.2.4 koefisien thermal dengan menggunakan koreksi temperatur didapatkan sebagai berikut.

Tabel 4.33: Hasil perhitungan koefisien heat loss setelah koreksi temperatur pada dinding

a. Perhitungan NGR dan NPR liquid		
Ngr =	4,7 x10 <sup>8</sup>	
Npr=	3,358	
$\Delta T = T_L - T_w =$	0,013	
b. Perhitungan NGR dan NPR vapor		
Ngr	3,1 x10 <sup>8</sup>	
Npr	0,28	

$\Delta T = T_v - T_w$	10,396	
c. Coefficient for vapor at wall (hvw)		
Nnu=	39,411	
Hvw=	0,314	Btu/ft <sup>2</sup> h-°F
d. Coefficient for liquid at the wall(hlw)		
Nnu=	125,839	
Hlw=	36,397	Btu/ft <sup>2</sup> h-°F
e. Coefficient for vapor at roof(hvw)		
Ngr=	$55,635 \times 10^8$	
hvr =	0,184	Btu/ft <sup>2</sup> h-°F
f Coefficient for liquid at tank bottom		
Ngr =	$93,077 \times 10^6$	
hLb =	11,079	Btu/ft <sup>2</sup> h-°F
g. Coefficient for outside air at roof		
Ngr =	$9,957 \times 10^8$	
har=	0,294	Btu/ft <sup>2</sup> h-°F
h. Coefficient for outside air at wall		
Ngr=	$631,257 \times 10^4$	
Nnu=	9,692	
Haw=	0,015	Btu/ft <sup>2</sup> h-°F
i. Conduction koefisien		
hm=	10675,087	
hi=	0,156	
j. Radiation coefficient		
hrd =	1,055	Btu/ft <sup>2</sup> h-°F
hrw=	1,054	Btu/ft <sup>2</sup> h-°F

#### 4.2.4.7 Perhitungan Total Koefisien Thermal Dinding Koreksi

Dari koefisien masing-masing dinding pada bab 4.2.4.6 dijumlahkan untuk menghitung total koefisien thermal masing-masing dinding (U).

Tabel 4.34: Total koefisien heat loss hasil koreksi

Coeff.	Dry wall	wet wall	roof	bottom
hVw	0,314			
hLw		36,397		
hVr			0,184	
hLb				11,079
hAr			0,294	
hAw	0,015	0,015		
hM	10675	10675	10675	10675
hl	0,156	0,156	0,156	0,156
hF	3000	1000	1500	1000
hR	1,055	1,054	1,055	
1/U	10,509	7,357	16,170	6,485
U	0,095	0,136	0,062	0,154

#### 4.2.4.8 Hasil Perhitungan Heat Loss

Tahap akhir adalah perhitungan Heat loss yang terjadi. Seberapa besar kalor yang lepas per jam nya sehingga dapat diketahui seberapa lama tanki hydrophore dapat melakukan penyimpanan air panas. Dengan menggunakan pada bab 4.2.4 perhitungan heat loss total didapatkan sebagai berikut.

Tabel 4.35: Hasil heat loss yang terjadi pada tanki

Surface	U(Btu/ ft <sup>2</sup> h °F)	A (ft <sup>2</sup> )	ΔT (°F)	q (Btu/h)
dinding kering	0,095	9,871	36	33,814
dinding basah	0,136	39,482	45	241,494
atap	0,062	12,086	50	37,372
alas	0,154	5,405	36	30,004
total		66,844		342,684
Heat loss/24 jam	8224,416	KJ		
dalam 24 jam hilang	3,916	°C		
Suhu awal	60	°C		
Suhu setelah 24 jam	56,08	°C		

Setelah 24 jam suhu air hangat yang di dihasilkan dimana Perbandingan air panas dan air dingin 1 : 4

$$= ((4 \times 35^{\circ}\text{C}) + (1 \times 53,8)) / 5$$

$$= 38,76^{\circ}\text{C}$$

Sehingga dalam 24 jam tanki dapat mempertahankan air panas yang dapat digunakan untuk pencampuran air hangat.

Dalam analisa desain sistem domestik ini berdasarkan referesni yang telah dipelajari di dapatkan perbedaan dalam menentukan spec peralatan terhadap existing system, yaitu:

Tabel 4.36: Tabel perbandingan spesifikasi pipa

Supply air tawar	Existing			Perhitungan( Cast Iron)		
Pipa	Q	ø Pipe	Kec.	Q	ø Pipe	Kec.
cabang	m3/h	(inch)	(m/s)	m3/h	(inch)	(m/s)
1	4,32	1 1/2	0,96	4,32	1 1/2	0,96
2	3,06	1 1/4	1,06	3,06	1 1/4	1,06
3	2,34	1 1/4	0,81	2,34	1	1,32
4	1,98	1	1,12	1,98	1	1,12
5	1,62	1 1/4	0,56	1,62	1	0,92
Supply air panas	Existing			Perhitungan(Copper)		
Pipa	Q	ø Pipe	Kec.	Q	ø Pipe	Kec.
cabang	m3/h	(inch)	(m/s)	m3/h	(inch)	(m/s)
1	1,08	1 1/2	0,24	1,08	3/4	1,00
2	0,77	1 1/4	0,26	0,765	1/2	1,20
3	0,59	1	0,33	0,585	1/2	0,92
4	0,5	3/4	0,44	0,495	3/8	1,75
5	0,41	1	0,23	0,405	3/8	1,43
Supply air laut	Existing			Perhitungan(galvanize steel)		
Pipa	Q	ø Pipe	Kec.	Q	ø Pipe	Kec.
cabang	m3/h	(inch)	(m/s)	m3/h	(inch)	(m/s)
1	2,16	1 1/2	0,48	2,16	1	1,22
2	1,22	1 1/4	0,42	1,224	3/4	1,08
3	1,62	1 1/4	0,56	1,62	3/4	1,43
4	0,72	1 1/4	0,25	0,72	1/2	1,13
5	1,44	1 1/4	0,50	1,44	3/4	1,27

Untuk spesifikasi perpipaan yang perlu diperhatikan adalah ketika pemakaian puncak maka fluida dapat mengalir dengan kecepatan yang baik pada sistem, berdasarkan perhitungan yang dipelajari dari referensi dapat dilihat ketika kondisi puncak maka kecepatan pada sistem konstan pada angka 1 m/s di tiap-tiap cabang pipa. Dan untuk pencampuran air hangat di perhatikan untuk kecepatan yang seimbang pada kecepatan aliran yang sama. Sehingga sebaiknya spek perhitungan dari referensi dapat di terapkan.

Tabel 4.37: Tabel perbandingan spesifikasi hydrophore

Kebutuhan Hydrophore air tawar				
Keterangan	Existing		Perhitungan	
Jumlah	1	buah	1	buah
Volume	1	m <sup>3</sup>	1	m <sup>3</sup>
Desain pressure	0,4	mpa	min 0,3	mpa
Kapasitas Pompa	1	m <sup>3</sup> /h	5	m <sup>3</sup> /h
Kebutuhan Hydrophore air panas				
Keterangan	Existing		Perhitungan	
Jumlah	1	buah	1	buah
Volume	0,5	m <sup>3</sup>	0,5	m <sup>3</sup>
Desain pressure	0,4	mpa	min 0,3	mpa
Kapasitas Pompa	11,2	m <sup>3</sup> /h	1,3	m <sup>3</sup> /h
Kebutuhan Hydrophore air laut				
Keterangan	Existing		Perhitungan	
Jumlah	1	buah	1	buah
Volume	0,5	m <sup>3</sup>	0,5	m <sup>3</sup>
Desain pressure	0,4	mpa	min 0,3	mpa
Kapasitas Pompa	1	m <sup>3</sup> /h	2,5	m <sup>3</sup> /h

Untuk spec hydropore tidak ada perbedaan yang signifikan, berdasarkan perhitungan dari referensi maka spec hydrophore yang didapatkan sama dengan spec hydrophore pada existing system. Yang membedakannya adalah pada spec pompa dimana kapasitas pompa untuk air panas dan air dingin terlampaui jauh, hal ini diakibatkan perhitungan kebutuhan kapasitas air dalam sistem untuk kondisi pemakaian puncak yang berbeda. Namun sebaiknya spek perhitungan dari referensi dapat diterapkan.

#### **4.3 Desain Key Plan Sistem Solar Water Heater pada Sistem Domestic di kapal MT Vanda 6300 DWT**

Desain *Keyplan* dibuat berdasarkan spesifikasi peralatan utama yang telah dihitung. *Key plan arrangement* yang dibuat adalah *suplai domestic system* yang di aplikasikan *solar water heater* pada sistem tersebut.

Dalam Desain *keyplan* ini mengacu pada referensi Garret Instalasi sistem air panas pada hot water shower. Pola distribusi fluida pada sistem nya adalah sebagai berikut.

##### Pola distribusi air tawar

1. Air tawar dari *fresh water tank* kapal di suplai ke *hydrophore* air tawar dengan menggunakan pompa yang *terinclude* pada *hydrophore*.
2. *Hydrophore* mensuplai kebutuhan air tawar ke domestik sistem dan ke tanki solar water heater untuk dipanaskan

##### Pola distribusi air panas

1. Air panas dari pemanasan air tawar pada solar water heater yang telah mencapai 60°C di suply kan ke *hydrophore* air panas.
2. *hydrophore* air panas mensuplai kebutuhan air panas ke domestik system



3. Terdapat *bypass pipa* untuk sirkulasi pergantian air pada hot water hydrophore ke pipa suplai tanki *solar water heater* untuk pemanasan kembali air yang telah dingin

#### Pola distribusi air laut

1. Air laut dari *sea chest* di suplai kan pada *hydrophore* air laut dengan memnggunakan pompa yang ter include pada *hydrophore* air laut
2. *Sea water Hydrophore* mensuplai kebutuhan air laut ke domestik sistem

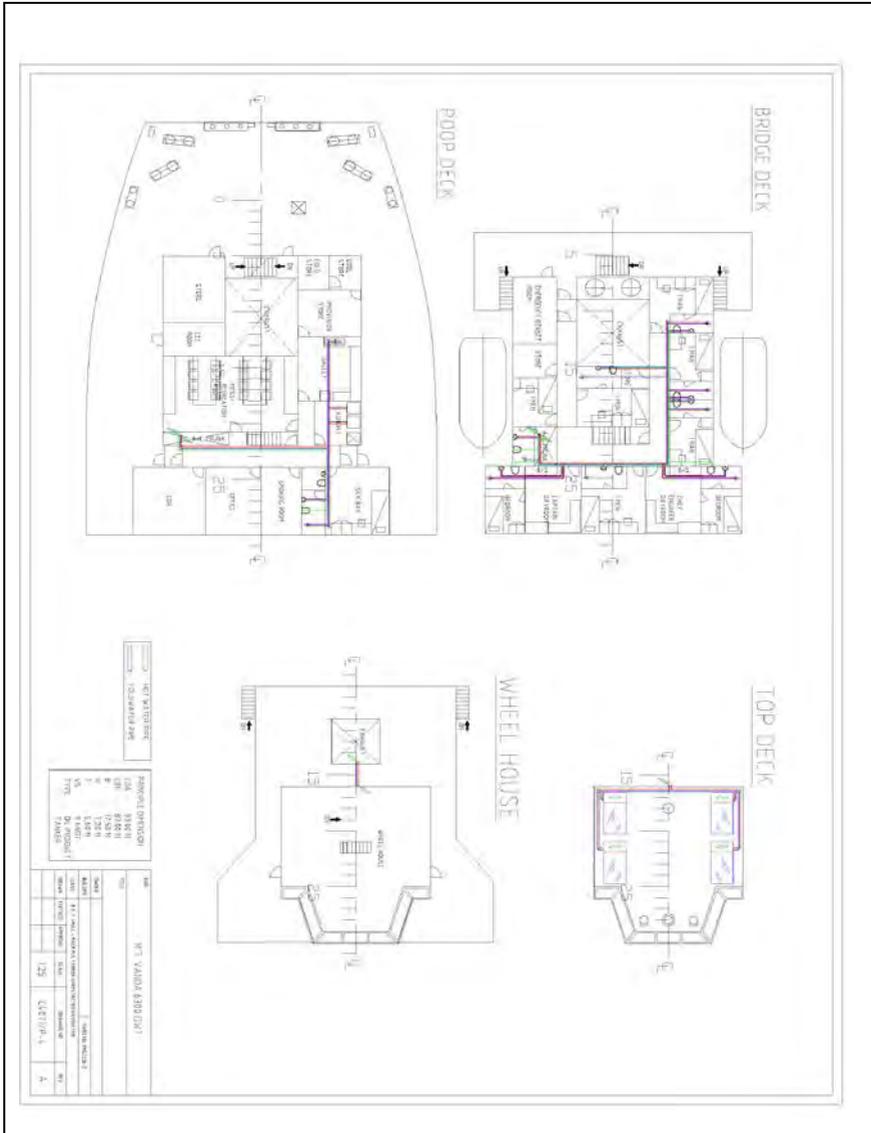
Untuk lebih lengkapnya Desain *Key Plan* Sistem *Solar Water Heater* pada Sistem Domestic di kapal MT Vanda 6300 DWT dapat dilihat pada bagian lampiran

#### **(Key Plan Terlampir)**

#### **4.4 Arrangement Lay out Sistem Solar Heat Water pada Sistem Domestic di kapal MT Vanda 6300 DWT**

Dari *key plan arrangement* di buat *desain lay out arrangement* berdasarkan *general arrangement* maupun photo dari lapangan kapal MT Vanda 6300 DWT apakah desain dapat di terapkan pada kapal terkait dimensi dan penempatan peralatannya terutama unit *solar water heater*.

Berdasarkan photo lapangan dan desain *general arrangement* maka unit *solar water heater* dapat ditempatkan pada daerah *top deck* dengan pertimbangan *space* yang tersedia cukup dan terpapar sinar matahari dengan baik. Selain itu tidak banyak aktivitas abk sehingga unit *solar water heater* tidak mengganggu aktivitas abk.



Gambar 4.9. : Arrangement Lay out Sistem Solar Heat Water pada Sistem Domestik di kapal MT Vanda 6300 DWT 1/2



Untuk sistem *by pass* perpipaan direncanakan dilewatkan pada daerah funnel sehingga tidak ada penembusan *floor* sampai pada daerah *top deck* kapal. Dengan melewati funnel dimana suhu pada daerah ini tinggi maka diharapkan mengurangi *heat losses* pada fluida yang melewati pipa *bypass* ke tanki *hydrophore*.

Untuk lebih lengkapnya *Lay out arrangement* Sistem *Solar Heat Water* pada Sistem Domestic di kapal MT Vanda 6300 DWT dapat dilihat pada bagian lampiran.

**(Arrangement lay out ukuran terlampir)**

#### **4.5 Analisa Ekonomi aplikasi *Solar Water Heater* pada sistem domestik**

Tujuan dalam analisa ini dibandingkan keekonomisan pemanasan air dengan pengaplikasian *Solar water heater* pada sistem domestik dibanding dengan existing system atau bisa dikatakan untuk pemanasan air untuk sistem domestik murni dengan electric heater.

Untuk metode dalam analisa kelayakan ekonomi digunakan metode *present worth value*, Analisa BEP dan analisa ROR. Dimana pada metode *present worth value* dihitung semua pengeluaran selama masa *life time* dari peralatan dan dibandingkan dengan manfaat secara ekonomis dengan adanya keberadaan *Solar water heater* yang kemudian di nilaikan pada periode 0.

Sedangkan untuk analisa BEP/titik impas akan di lihat dimana waktu titik impas dari investasi ditambah dengan cost pengeluaran yang dibutuhkan sama dengan nilai ekonomis manfaat yang di peroleh.

Untuk analisa ROR digunakan untuk mengetahui berapa rate keuntungan rata-rata tahunan selama *life time* dari *solar water heater* yang dilihat menggunakan *present worth*

Kemudian dari 2 sistem baik pemanasan air dengan pemanfaatan *solar water heater* dan *existing system* yang murni dengan *electric heater* dibandingkan sehingga nantinya diketahui mana yang lebih ekonomis dan baik untuk digunakan secara ekonomi. Dan menjawab pertimbangan ekonomis pengaplikasian solar water heater pada sistem domestik.

Ada 6 tahapan yang dilakukan dalam analisa kelayakan ekonomi solar water heater dan perbandingan keekonomisan dengan existing system, yaitu:

1. Estimasi waktu *life time* dari investasi aplikasi *Solar water heater* dan *electric heater* untuk menentukan horizon perencanaan.
2. Penetapan Tingkat bunga / MARR
3. Estimasi aliran kas investasi dari aplikasi sistem solar water heater
  - a. Biaya investasi awal
  - b. Biaya pengoperasian alat
  - c. Manfaat ekonomis yang diberikan
4. Analisa kelayakan investasi aplikasi sistem *solar water heater*
  - a. Nilai sekarang dan *payback periode*
  - b. Nilai masa datang dan *payback periode*
5. Estimasi aliran kas dari *existing system*
  - a. Biaya investasi awal
  - b. Biaya pengoperasian alat
  - c. Manfaat ekonomis yang diberikan dengan *present worth value*
6. Analisa kelayakan investasi dari *existing system*  
Nilai sekarang dan *payback periode*
7. Perbandingan hasil analisa ekonomi dari aplikasi solar water heater dibanding *existing system* untuk pengeluaran yng lebih ekonomis.

#### 4.5.1 Estimasi *life time* untuk investasi aplikasi *Solar water heater* dan *electric heater* untuk menentukan horizon perencanaan.

Untuk menentukan horizon perencanaan maka harus di perhitungkan jangka waktu *life time* dari fixed cost atau investasi awal untuk aplikasi *solar water heater* maupun *existing system* yang menggunakan *electric heater*.

Untuk membandingkan keekonomisan kedua aplikasi pemanas air tersebut dibutuhkan horizon waktu yang identik.

##### *Life time Aplikasi Solar water heater*

Ada 2 bagian utama dari aplikasi *solar water heater* yaitu unit *solar water heater* dan *by pass* sistem pipa untuk mendukung unit dari *solar water heater*.

Melihat referensi *article Energy efficiency and renewable anergy* yang dikeluarkan oleh *departement of energy United Stste Of America* di perhatikan bahwa lifetime dari *Solar water heater* rata-rata berkisar antara 15 tahun - 40 tahun<sup>28</sup> sesuai dengan seberapa baik sistem yg digunakan dan perawatanya.

Dalam analisa ekonomi ini diambil *life time* dari *Solar water heater* selama 15 tahun, diambil nilai terkecil sesuai dengan peruntukan di kapal dimana keadaan pelayaran yang lebih ekstrem dibandingkan dengan kondisi di darat.

Sedangkan untuk unit *by pas plumbing* yang mendukung unit dari *solar water heater* sendiri di perhitungkan dapat mampu bertahan selama waktu *life time dari solar water heater* bahkan lebih berdasarkan pertimbangan fuida yang dialirkan adalah air untuk

---

<sup>28</sup> Article DOE/GO-10096-050 FS 199 *Energy efficiency and renewable anergy* yang dikeluarkan oleh *departement of energy United Stste Of America March 1996 hal. 4*

keperluan sistem domestik sehingga sehingga tidak banyak problem yang timbul seperti korosi atau problem lainya. Sehingga life time untuk unit by pass diambil 15 tahun.

Life time Aplikasi *Electric Heater*



Gambar 4.11 : Hydrophore air panas / Calorifier pada MT Vanda 6300 DWT

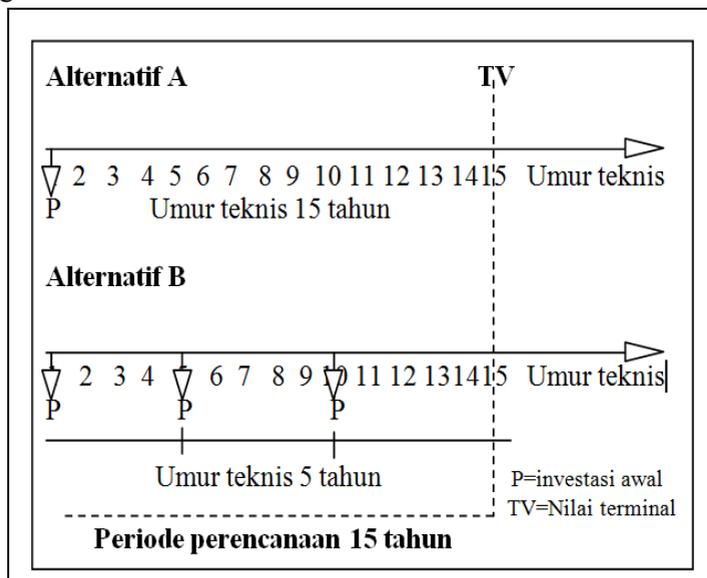
Sumber : Koleksi Pribadi photo lapangan MT Vanda 6300 Dwt untuk tujuan studi

Tanki hydrophore air panas untuk marine use dapat bertahan dalam waktu 15 tahun bahkan bisa lebih lama yaitu seumur dengan umur kapal antara 20 sampai 30 tahun.

Untuk *Electric heater* yang dipakai dalam tanki hydrophore sendiri bertipe *immersion electric heater* berjumlah 2 buah. Untuk *electric heater* sendiri pada

umumnya dapat bertahan selama 5 tahun pemakaian dengan pertimbangan mengacu pada garansi yang umum diberikan pada heater tipe ini berkisar 2 tahun sehingga di estimasikan dapat bertahan selama 5 tahun.

Karena terjadi perbedaan antara *life time* dari unit solar water heater dan electric water heater maka diambil alternatif umur yang paling panjang yaitu 15 tahun sedangkan untuk electric heater dilakukan perulangan investasi. Model horizon perencanaan dapat dilihat pada gambar dibawah.



Gambar 4.12 : Horizon perencanaan yang ditetapkan

Alternatif A = *Lifetime aplikasi solar water heater*

Alternatif B = *Life time electric heater*

Sehingga dalam analisa ekonomi di analisa untuk horizon perencanaan sebesar 15 tahun.

#### 4.5.2 Penetapan Tingkat Bunga MARR

Dalam penentuan MARR tingkat bunga bank tidak dihitung pada analisa ini karena bukan investasi yang memberikan pendapatan uang.

Namun perlu diperhatikan adalah masalah ekivalensi dari nilai uang yang di investasikan dari waktu ke waktu selama 15 tahun.

Hal yang perlu di perhitungkan adalah adanya inflasi dimana karena inflasi maka nilai uang senantiasa turun maka untuk menutupi hal tersebut agar nilai uang cenderung konstan maka diambil tingkat bunga sebesar inflasi yang terjadi. Untuk inflasi yang terjadi di indonesia diambil deret seragam rata-rata 5% per tahun sehingga untuk menutupi infalsi yang terjadi ditetapkan :

MARR 5 % / tahun

#### 4.5.3 Estimasi aliran kas investasi dari aplikasi sistem *solar water heater*

##### 4.5.3.1 Biaya investasi awal

Investasi awal yang diperlukan diperhitungkan dari kebutuhan-kebutuhan instalasi yang diperlukan dengan mengacu pada *layout* desain dan perencanaan desain sistem solar water heater pada MT Vanda 6300 DWT yang telah direncanakan. Secara garis besar investasi aplikasi solar water heater dibagi menjadi 3 yaitu :

a. Biaya unit *Solar water heater*

Terdiri dari 4 buah unit *solar water heater* sesuai dengan hasil perhitungan kebutuhan jumlah

*solar water heater* yang dibutuhkan. Terdiri dari 2 item yaitu *solar water heater* nya sendiri dan ditambah pondasinya yang kokoh untuk mengurangi adanya getaran yang dapat berefek pada *lifetime solar water heater*.



Gambar.4.13: Unit solar water heater Wika 150 LC beserta pondasinya

Sumber: [www.linggojati.com](http://www.linggojati.com)

Perhitungan biaya dapat dilihat pada tabel dibawah.

Tabel 4.38: Tabel Investasi unit solar water heater

<i>Solar water heater Unit (Dalam Rp Juta)</i>					
No	Keperluan	Total	unit	Harga	Total
1	<i>Solar water heater Wika 150LC</i>	4	buah	18.000	72.000
2	<i>Solar water heater fondation</i>	4	buah	1.200	4.800
Total					76.800

b. Biaya *bypass* dari domestik system ke unit SWH

Biaya *bypass* diperlukan untuk menyambungkan antara domestik sistem dalam hal ini tanki *hydrophore* air panas sebagai tanki simpan ke unit *solar water heater*.

Untuk kebutuhan *by pass* di perhitungkan dengan melihat desain *keyplan* dan juga *layout* sistem domestik dengan pengaplikasian solar water heater yang telah dibuat.

Komponen kebutuhan untuk investasi *by pass* perpipaan dari solar water heater ke tanki *hydrophore* adalah sebagai berikut.

1. Pipa cast iron

Digunakan untuk media transfer air tawar dari *hydrophore* air tawar di platform ke tanki solar water heater di top deck

Ukuran yang diperlukan sesuai *keyplan* dan *layout arrangement*

a. Ukuran 40A 1.1/2 inch 36 m

b. Ukuran 20A 3/4 inch 12 m



Gambar 4.14 : Pipa cast Iron

Sumber : [www.alibaba.com](http://www.alibaba.com)

## 2. Pipa tembaga

Digunakan untuk media transfer air panas dari tanki solar water heater di top deck hydrophore air panas di platform

Ukuran yang diperlukan sesuai keyplan dan layout arrangement

- a. Ukuran 20A 1.1/2 inch 36 m
- b. Ukuran 10A 3/4 inch 12 m



Gambar 4.15 : Pipa tembaga

Sumber : [www.alibaba.com](http://www.alibaba.com)

## 3. Katup Ball Brass

Untuk buka tutup aliran fluida dari hydrophore ke tanki solar water heater atau sebaliknya.

sesuai keyplan dan layout arrangement dibutuhkan 4 buah ball valve 1/4 inch



Gambar 4.16 : Ball Valve

Sumber : [www.alibaba.com](http://www.alibaba.com)

#### 4. Katup NRV Brass

Untuk Mengontrol aliran fluida tidak kembali sesuai keyplan dan layout arrangement dibutuhkan 4 buah NRV valve 3/4 inch



Gambar 4.17 : NRV Valve  
Sumber : [www.alibaba.com](http://www.alibaba.com)

#### 5. T Connector

Fitting koneksi untuk sambungan ke branch pipe sesuai keyplan dan layout arrangement dibutuhkan

- a. T connector 40A 1.1/2 inch 6 buah
- b. T connector 20A 3/4 inch 6 buah



Gambar 4. 18 : T Connector  
Sumber : [www.alibaba.com](http://www.alibaba.com)

#### 6. Elbow 90

Fitting koneksi untuk belokan pipa 90° sesuai keyplan dan layout arrangement dibutuhkan

- a. Elbow 90 40A 1.1/2 inch 5 buah
- b. Elbow 90 20A 3/4 inch 6 buah



Gambar 4.19 : Elbow 90  
Sumber : [www.alibaba.com](http://www.alibaba.com)

#### 7. Straight Fitting Join

Fitting untuk sambungan pipa lurus sesuai keyplan dan layout arrangement dibutuhkan

- a. Fitting join 40A 1.1/2 inch 6 buah
- b. Fitting join 20A 3/4 inch 8 buah
- c. Fitting join 10A 1/4 inch 2 buah



Gambar 4.20 : Straigh fitting join  
Sumber : [www.alibaba.com](http://www.alibaba.com)

## 8. Reducer

Fitting untuk sambungan pipa dengan diameter yang berbeda

- a. Reducer 40A to 20A 4 buah
- b. Reducer 20A to 10A 4 buah



Gambar 4.21 : Male dan Female reducer

Sumber : [www.alibaba.com](http://www.alibaba.com)

## 9. Insulasi Rock wool Tanki dan Glass wool

Bahan insulasi rock wool, Untuk isolasi termal dan akustik, dengan ketahanan suhu sampai  $820^{\circ}\text{C}$ , Dan tidak mudah terbakar. Sedangkan Glas wool berfungsi sama namun ketahanan suhu sampai  $250^{\circ}\text{C}$

sesuai keyplan dan layout arrangement dibutuhkan

6 roll Rockwool 0,6m x 5m x 50mm

1 roll Rockwool 1,2mx30mx25mm



Gambar 4.22 : Insulasi Rock wool bentuk blanket

Sumber : [www.alibaba.com](http://www.alibaba.com)

Secara detail biaya invetasi bypass perpipaan dapat dilihat pada tabel dibawah

Tabel 4.39: Investasi instalasi baypas domestik ke SWH unit

Bypass Instalation(Dalam Rp. ribu)					
No	Keperluan	Jumlah	satuan	harga	Total
1	Pipa cast iron 40A 1.1/2 inch	36	m	46	1656
2	Pipa cast iron 20A 3/4 inch	12	m	23	276
3	Pipa copper 20A 3/4 inch	36	m	54	1944
4	Pipa copper 10A 1/4 inch	12	m	35	420
5	Nrv brass 20A 3/4 inch	4	buah	100	400
6	Ball valve 10A 1/4 inch	4	buah	50	200
7	T conector 40A 1.1/2 inch	6	Buah	100	600
8	T conector 20A 3/4 inch	6	Buah	70	420
9	Elbow 90 40A 1.1/2 inch	5	Buah	100	500
10	Elbow 90 20A 3/4 inch	6	Buah	70	420
11	Fitting join 40A 1.1/2 inch	6	Buah	40	240
12	Fitting join 20A 3/4 inch	8	Buah	30	240
13	Fitting join 10A 1/4 inch	2	Buah	20	40
14	Reducer 40A to 20A	4	Buah	50	200
15	Reducer 20A to 10A	4	Buah	30	120
16	Insulasi Rockwool tanki	6	roll	325	1950

17	Insulasi glasswool pipa	1	roll	225	225
18	Perekat Insulasi	1	dos	300	300
19	Biaya lain	1	set	549	549
Total					10700

Sumber harga: Toko Bangunan Surabaya Mei 2014

**c. Biaya pemasangan**

Keperluan biaya pemasangan dibagi menjadi 2 sebagai berikut.

1. Biaya instalasi unit Solar water heater

Untuk biaya instalasi di tanggung oleh maker dari solar water heater namun untuk menjamin pemasangan yang tepat dikawal dipakai tenaga 2 pekerja ABK MT Vanda untuk memastikan pemasangan yang baik

Pemasangan unit solar water heater di rencanakan membutuhkan waktu 16 jam, sehingga biaya pekerja :

$$\begin{aligned} \text{harga man hour} &= \text{Rp. } 50.000 / \text{jam} \\ &= 2 \text{ orang} \times 16 \text{ jam} \times \text{Rp. } 50.000 \\ &= \text{Rp. } 1.600.000 \end{aligned}$$

2. Biaya Instalasi keperluan by pass ke sistem domestik (Dalam Rp. ribu)

Untuk biaya instalasi by pass di perlukan pembongkaran kecil untuk lewatnya jalur pipa sehingga di perkirakan pemasangan membutuhkan waktu 24jam, sehingga biaya pekerja :

$$\begin{aligned} \text{harga man hour} &= \text{Rp. } 50.000 / \text{jam} \\ &= 2 \text{ orang} \times 24 \text{ jam} \times \text{Rp. } 50.000 \\ &= \text{Rp. } 2.400.000 \end{aligned}$$

Sehingga total biaya pemasangan mencapai Rp.4000.000

Sehingga total investasi awal yang dibutuhkan adalah

- |                            |                         |
|----------------------------|-------------------------|
| 1. Unit Solar water heater | = Rp. 76.800.000        |
| 2. System Bypass           | = Rp. 10.700.000        |
| 3. <u>Biaya pemasangan</u> | = Rp. 4.000.000         |
| Total biaya Investasi awal | = <b>Rp. 91.500.000</b> |

Untuk biaya yang dikeluarkan dalam investasi awal ini dikeluarkan sekali untuk masa investasi 15 tahun.

#### 4.5.3.2 Biaya Pengoperasian Alat

Operasional harian *Solar water heater* adalah sederhana sehingga untuk operasional harian biaya tidak dimasukkan. Untuk biaya pengoperasian alat yang dimasukkan adalah biaya maintenance dan juga biaya pergantian part yang rusak dari peralatan yang diinvestasikan yang bila dirinci adalah sebagai berikut.

##### a. Biaya maintenance

Biaya *maintenance* diperlukan untuk perawatan dan perbaikan alat agar dapat bekerja baik samapai dengan waktu *life time* yang diharapkan. Untuk maintenance dari solar water sendiri menurut artikel solar water heating sistem *maintenance and repair* yang dikeluarkan oleh departemen energi amerika serikat secara umum adalah sebagai berikut

1. Pemeriksaan adanya bayangan yang menutupi kolektor

2. Pemeriksaan dan pembersihan Kotoran pada kolektor
3. Pemeriksaan retak pada kaca dan pemeriksaan seal pada unit
4. Pemeriksaan koneksi pada pipa pada sistem plumbing dan wiring
5. Cek kerusakan maupun degradasi dari insulasi
6. Pemeriksaan konstruksi dudukan solar water heater
7. Pemeriksaan katup relief valve pada liquid solar heating collector
8. Bila memakai antifreeze liquid maka di periksa atau diganti berkala
9. Pemeriksaan sistem penyimpanan dari kebocoran,krak,atau korosi

Berdasar item list diatas maka maintenance dibagi menjadi 2

#### Pengecekan Berkala ( 2 bulan)

1. Cek fisik Pastikan bahwa tidak ada kerusakan fisik yang terjadi pada unit.
2. Pembersihan semua debu yang sudah menumpuk pada unit.
3. Pemeriksaan aliran pipa antara kolektor dan tangki penyimpanan.
4. Pemeriksaan semua koneksi untuk menghindari kebocoran dan pastikan bahwa semua komponen bekerja dengan tepat.

Pengecekan ini merupakan kegiatan sederhana dan cepat untuk dilakukan sehingga direncanakan biaya maintenance 2 bulanan ini tidak diperhitungkan dan cukup masuk pada list pekerjaan harian pegawai

Pengecekan Berkala ( 1 tahun)

1. Pemeriksaan pompa control agar suplai air yang dihasilkan lancar dan maksimal.
2. Pemeriksaan instalasi pipa untuk menghindari kerusakan.
3. pengurasan, pembersihan dan pergantian air dalam tanki unit Solar Water Heater . Hal tersebut harus dilakukan agar tidak terjadi penyumbatan pada unit yang disebabkan karena adanya kotoran-kotoran yang terbawa oleh air. Selain itu, jika kotoran tersebut terus dibiarkan akan menjadi endapan yang akan mempengaruhi kualitas air dan mempercepat korosi pada tangki.
4. Pemeriksaan check valve, pressure valve, dan one way valve pada unit solar water heater apakah masih berfungsi baik.

Untuk maintenance 1 tahun di estimasikan biaya maintenance sebesar Rp. 1.000.000  
 Sehingga biaya maintenance yang diperlukan sebesar :  
 Rp. 1000.00

Kemudian untuk biaya maintenace di asumsikan terjadi kenaikan inflasi rata-rata sebesar 5% per tahun sehingga setiap tahun biaya pengeluaran akan bertambah.

**b. Biaya pergantian komponen bypass perpipaan dan SWH**

Diperkirakan dalam 15 tahun terjadi penggantian komponen baik bypass maupun komponen dari solar water heater. Namun karena tidak dapat dipastikan maka di beri range biaya pergantian komponen dengan biaya sebesar 20% dari harga

investasi bypass pipa tiap 5 tahun , dan 10 % dari harga unit solar water heater .

dengan asumsi inflasi 5% tiap tahun maka biaya penggantian komponen bypass pipa dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 4.40 : Biaya penggantian komponen bypass pipa

Harga bypass pipa tahun 0	Rp	10.700.000
pada tahun ke 5	Rp	13.005.850
20% harga plumbing =	Rp	2.601.000
pada tahun ke 10	Rp	16.598.910
20% harga plumbing =	Rp	3.320.000

dengan asumsi inflasi 5% tiap tahun maka biaya penggantian komponen unit solar water heater dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 4.41: Biaya penggantian komponen Solar water heater

Pada tahun ke 0 harga SWH	Rp	76.800.000
pada tahun ke 5	Rp	93.350.400
10% harga SWH =	Rp	9.335.040
pada tahun ke 10	Rp	119.139.800
10% harga SWH =	Rp	11.913.980

Sehingga total biaya tahunan pengoperasian alat yang dibutuhkan adalah

1. Maintenance 2 bulanan = Rp. 0
2. Maintenance tahunan = Rp. 1.000.000
3. Bahan bakar electric heater (diperhitungkan dari perhitungan manfaat ekonomis pada bab 4.5.2.3)

Sehingga total biaya 5 tahunan part alat yang dibutuhkan adalah

1. Part Solar water heater = Rp. 9.335.040
  2. Part by pass = Rp. 2.601.000
- = Rp. 11.936.040

### 4.5.2.3 Manfaat Ekonomis Yang Diberikan

Untuk mengetahui manfaat ekonomis maka harus dibuat model efisiensi dari solar water heater itu sendiri, seberapa banyak tergantung pada back up heater. Untuk memodelkan efisiensi penggunaan solar water heater maka harus diketahui dulu wilayah jelajah kapal MT Vanda.

MT. Vanda merupakan oil production tanker dengan ukuran panjang kapal 93 m. Dengan data jarak jelajah kapal sebagai berikut.

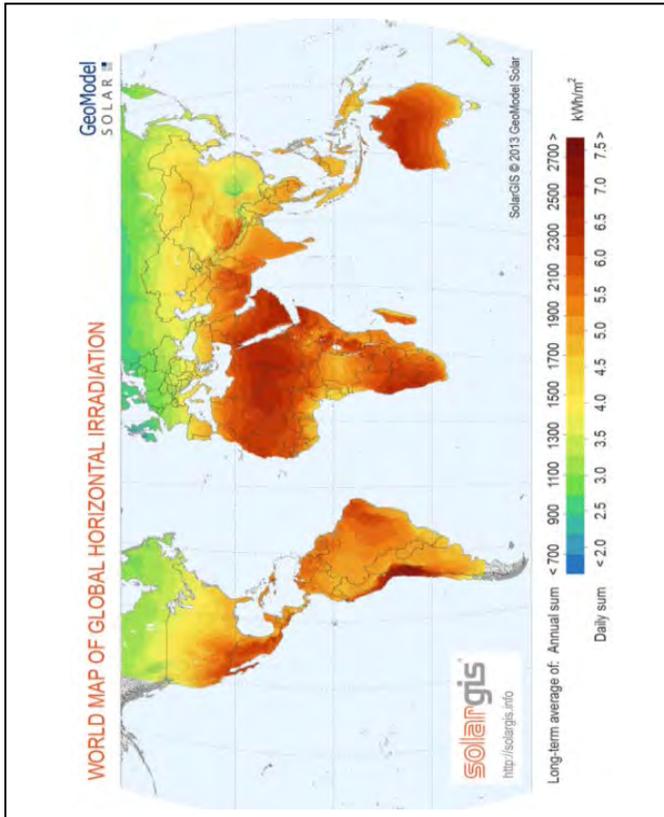
Tabel 4.42: Data kemampuan jelajah kapal Vanda

Kapasitas FOT	400,5 m3
Kapasitas FOT90%	360,45 m3
Kecepatan kapal	9 knot
	9 Nmile/h
SFOC	197 gr/Kwh
Daya mesin	1471 Kw
2xDaya mesin	2942 Kw
Berat jenis bahan bakar	0,9 Ton/m3
	900000 gr/m3
Berat FO dapat dipakai	3,24E+08 gr
Konsumsi 1471 KW	579574 gr/h
Lama kapal bisa berjalan	559,7301 h
	23,32209 hari
Jarak kapal bisa berjalan	5037,571 Nmile

Sumber :Survey report MT Vanda Ritchie \$ Bisset A/ym RB V060-05/1112

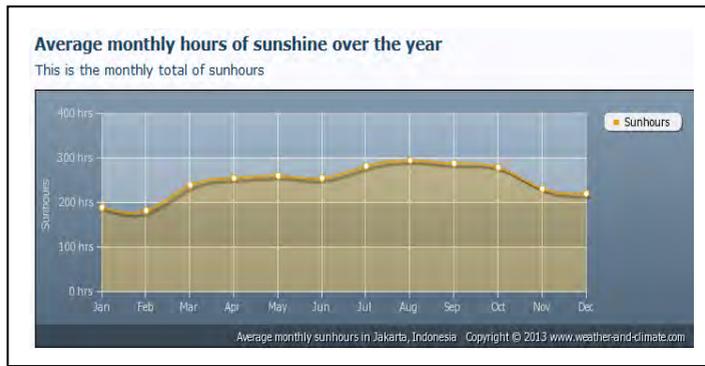
Untuk kapal berdimensi kecil dan dengan jarak jelajah seperti diatas umumnya akan senantiasa di fungsikan di wilayah kawasan. Yaitu di asia tenggara yang beriklim tropis.

Setelah diketahui jelajah kapal di iklim tropis maka di lakukan model pendekatan efisiensi dari pemakaian solar water heater pada iklim tersebut.



Gambar 4.23: Persebaran intensitas radiasi matahari dunia  
Sumber : SolarGis world geo model solar

Dimana untuk model pendekatan digunakan data lama penyinaran matahari dan data intensitas radiasi tahunan matahari dan untuk pendekatan digunakan pendekatan kota yang mendekati laut, pada model ini di gunakan data pada kota jakarta.lama Penyinaran matahari dan intensitas radiasi matahari jakarta adalah seperti pada tabel dibawah



Gambar 4.24 : Lama penyinaran tahunan matahari di jakarta  
Sumber :[www.weather-and-climate.com](http://www.weather-and-climate.com)

Besar intensitas radiasi matahari jakarta adalah seperti pada tabel dibawah ini.

**Jakarta, Indonesia - Solar energy and surface meteorology**

Variable	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Insolation, kWh/m <sup>2</sup> /day	4.25	4.75	5.19	5.22	5.10	4.93	5.26	5.92	6.29	5.81	5.00	4.45
Clearness, 0 - 1	0.40	0.45	0.50	0.53	0.56	0.57	0.60	0.63	0.62	0.55	0.47	0.43
Temperature, °C	26.08	26.03	26.26	26.75	27.01	26.92	26.34	26.15	26.19	26.17	26.39	26.27
Wind speed, m/s	3.19	3.15	2.41	2.65	3.60	4.05	5.00	5.06	4.34	3.17	2.72	2.63
Precipitation, mm	406	298	245	195	113	100	77	77	93	146	174	225
Wet days, d	16.9	13.8	15.5	15.5	13.7	11.5	8.6	7.9	8.0	12.3	17.0	18.1

These data were obtained from the NASA Langley Research Center Atmospheric Science Data Center, New et al 2002

Gambar 4.25 : Intensitas radiasi matahari di jakarta  
Sumber : [www.gaisma.com](http://www.gaisma.com)

Model pendekatan efisiensi penggunaan SWH

Kalor yang dibutuhkan /day = 4,5 Kwh/m<sup>2</sup>/day

Kalor yang sanggup diserap = 5,81 Kwh/m<sup>2</sup>/day

Intensitas matahari januari /2m<sup>2</sup>/day = 8,5 Kwh

Penggunaan Solar water heater januari			
	1	2	3
intensity diterima	100%	50%	20%
KWH	4,5	4,25	1,7
Electric heater			
KWH	0	0,25	2,8
Pemakaian KWH SWH januari			
kondisi	1	2	3
jumlah hari	8	11	11
KWH	36	46,75	18,7
Pemakaian KWH Elektrik heater januari			
kondisi	1	2	3
jumlah hari	8	11	11
KWH	0	2,75	30,8

1 = cerah maksimal

2 = Cerah berawan

3 =Tertutup mendung

Sehingga

total Kwh dari solar water heater = 101,4 Kwh

total Kwh dari backup heater = 33,5 Kwh

Rasio Perbandingan pemakaian 75,15% : 24,85%

Kalor yang dibutuhkan /day = 4,5 Kwh/m<sup>2</sup>/day

Kalor yang sanggup diserap = 5,81 Kwh/m<sup>2</sup>/day

Intensitas matahari february /2m<sup>2</sup>/day = 9,75Kwh

Penggunaan Solar water heater february			
	1	2	3
intensity diterima	100%	50%	20%
KWH	4,5	4,5	1,9
Electric heater			
KWH	0	0	2,6
Pemakaian KWH SWH february			
kondisi	1	2	3
jumlah hari	7	12	11
KWH	31,5	54	20,9
Pemakaian KWH Elektrik heater february			
kondisi	1	2	3
jumlah hari	7	12	11
KWH	0	0	28,6

1= cerah maksimal

2= Cerah berawan

3=Tertutup mendung

Sehingga

total Kwh dari solar water heater = 106,4 Kwh

total Kwh dari backup heater = 28,6 Kwh

Rasio Perbandingan pemakaian 78,8% : 21,2%

Kalor yang dibutuhkan /day = 4,5 Kwh/m<sup>2</sup>/day

Kalor yang sanggup diserap = 5,81 Kwh/m<sup>2</sup>/day

Intensitas matahari maret /2m<sup>2</sup>/day = 10,38Kwh

Penggunaan Solar water heater maret			
	1	2	3
intensity diterima	100%	50%	20%
KWH	4,5	4,5	2,076
Electric heater			
KWH	0	0	2,424
Pemakaian KWH SWH maret			
kondisi	1	2	3
jumlah hari	10	11	9
KWH	45	49,5	18,684
Pemakaian KWH Elektrik heater maret			
kondisi	1	2	3
jumlah hari	10	11	9
KWH	0	0	21,816

1= cerah maksimal

2= Cerah berawan

3=Tertutup mendung

Sehingga

total Kwh dari solar water heater = 113,18 Kwh

total Kwh dari backup heater = 21,816 Kwh

Rasio Perbandingan pemakaian 83,84,8% : 16,6%

Kalor yang dibutuhkan /day = 4,5 Kwh/m<sup>2</sup>/day

Kalor yang sanggup diserap = 5,81 Kwh/m<sup>2</sup>/day

Intensitas matahari april /2m<sup>2</sup>/day = 10,44Kwh

Penggunaan Solar water heater april			
	1	2	3
intensity diterima	100%	50%	20%
KWH	4,5	4,5	2,088
Electric heater			
KWH	0	0	2,412
Pemakaian KWH SWH april			
kondisi	1	2	3
jumlah hari	10	12	8
KWH	45	54	16,704
Pemakaian KWH Elektrik heater april			
kondisi	1	2	3
jumlah hari	10	12	8
KWH	0	0	19,296

1= cerah maksimal

2= Cerah berawan

3=Tertutup mendung

Sehingga

total Kwh dari solar water heater = 115,7 Kwh

total Kwh dari backup heater = 19,296 Kwh

Rasio Perbandingan pemakaian 85,71% : 14,29%

Kalor yang dibutuhkan /day = 4,5 Kwh/m<sup>2</sup>/day

Kalor yang sanggup diserap = 5,81 Kwh/m<sup>2</sup>/day

Intensitas matahari mei /2m<sup>2</sup>/day = 10,2Kwh

Penggunaan Solar water heater mei			
	1	2	3
intensity diterima	100%	50%	20%
KWH	4,5	4,5	2,04
Electric heater			
KWH	0	0	2,46
Pemakaian KWH SWH mei			
kondisi	1	2	3
jumlah hari	10	13	7
KWH	45	58,5	14,28
Pemakaian KWH Elektrik heater mei			
kondisi	1	2	3
jumlah hari	10	13	7
KWH	0	0	17,22

1= cerah maksimal

2= Cerah berawan

3=Tertutup mendung

Sehingga

total Kwh dari solar water heater = 117,78 Kwh = 87,24%

total Kwh dari backup heater = 17,22 Kwh = 12,76%

Rasio Perbandingan pemakaian 87,24% : 12,76%

Kalor yang dibutuhkan /day = 4,5 Kwh/m<sup>2</sup>/day

Kalor yang sanggup diserap = 5,81 Kwh/m<sup>2</sup>/day

Intensitas matahari juni /2m<sup>2</sup>/day = 9,86 Kwh

Penggunaan Solar water heater juni			
	1	2	3
intensity diterima	100%	50%	20%
KWH	4,5	4,5	1,972
Electric heater			
KWH	0	0	2,528
Pemakaian KWH SWH juni			
kondisi	1	2	3
jumlah hari	10	13	7
KWH	45	58,5	13,804
Pemakaian KWH Elektrik heater juni			
kondisi	1	2	3
jumlah hari	10	13	7
KWH	0	0	17,696

1= cerah maksimal

2= Cerah berawan

3=Tertutup mendung

Sehingga

total Kwh dari solar water heater = 117,3 Kwh

total Kwh dari backup heater = 17,696 Kwh

Rasio Perbandingan pemakaian 86,89% : 13,11%

Kalor yang dibutuhkan /day = 4,5 Kwh/m<sup>2</sup>/day

Kalor yang sanggup diserap = 5,81 Kwh/m<sup>2</sup>/day

Intensitas matahari juli /2m<sup>2</sup>/day = 10,52Kwh

Penggunaan Solar water heater juli			
	1	2	3
intensity diterima	100%	50%	20%
KWH	4,5	4,5	2,104
Electric heater			
KWH	0	0	2,396
Pemakaian KWH SWH juli			
kondisi	1	2	3
jumlah hari	12	11	7
KWH	54	49,5	14,728
Pemakaian KWH Elektrik heater juli			
kondisi	1	2	3
jumlah hari	12	11	7
KWH	0	0	16,772

1= cerah maksimal

2= Cerah berawan

3=Tertutup mendung

Sehingga

total Kwh dari solar water heater = 118,23 Kwh

total Kwh dari backup heater = 16,772 Kwh

Rasio Perbandingan pemakaian 87,58% : 12,42%

Kalor yang dibutuhkan /day = 4,5 Kwh/m<sup>2</sup>/day

Kalor yang sanggup diserap = 5,81 Kwh/m<sup>2</sup>/day

Intensitas matahari agustus /2m<sup>2</sup>/day = 11,84Kwh

Penggunaan Solar water heater agustus			
	1	2	3
intensity diterima	100%	50%	20%
KWH	4,5	4,5	2,368
Electric heater			
KWH	0	0	2,132
Pemakaian KWH SWH agustus			
kondisi	1	2	3
jumlah hari	12	12	6
KWH	54	54	14,208
Pemakaian KWH Elektrik heater agustus			
kondisi	1	2	3
jumlah hari	12	12	6
KWH	0	0	12,792

1= cerah maksimal

2= Cerah berawan

3=Tertutup mendung

Sehingga

total Kwh dari solar water heater = 122,21 Kwh

total Kwh dari backup heater = 12,792 Kwh

Rasio Perbandingan pemakaian 90,52% : 9,476%

Kalor yang dibutuhkan /day = 4,5 Kwh/m<sup>2</sup>/day

Kalor yang sanggup diserap = 5,81 Kwh/m<sup>2</sup>/day

Intensitas matahari september /2m<sup>2</sup>/day = 12,58Kwh

Penggunaan Solar water heater september			
	1	2	3
intensity diterima	100%	50%	20%
KWH	4,5	4,5	2,516
Electric heater			
KWH	0	0	1,984
Pemakaian KWH SWH september			
kondisi	1	2	3
jumlah hari	12	11	7
KWH	54	49,5	17,612
Pemakaian KWH Elektrik heater september			
kondisi	1	2	3
jumlah hari	12	11	7
KWH	0	0	13,888

1= cerah maksimal

2= Cerah berawan

3=Tertutup mendung

Sehingga

total Kwh dari solar water heater = 121,11 Kwh = 89,71%

total Kwh dari backup heater = 13,888 Kwh = 10,29%

Rasio Perbandingan pemakaian 89,71% : 10,29%

Kalor yang dibutuhkan /day = 4,5 Kwh/m<sup>2</sup>/day

Kalor yang sanggup diserap = 5,81 Kwh/m<sup>2</sup>/day

Intensitas matahari oktober /2m<sup>2</sup>/day = 11,62Kwh

Penggunaan Solar water heater oktober			
	1	2	3
intensity diterima	100%	50%	20%
KWH	4,5	4,5	2,324
Electric heater			
KWH	0	0	2,176
Pemakaian KWH SWH oktober			
kondisi	1	2	3
jumlah hari	11	12	7
KWH	49,5	54	16,268
Pemakaian KWH Elektrik heater oktober			
kondisi	1	2	3
jumlah hari	11	12	7
KWH	0	0	15,232

1= cerah maksimal

2= Cerah berawan

3=Tertutup mendung

Sehingga

total Kwh dari solar water heater = 119,77 Kwh = 88,72%

total Kwh dari backup heater = 15,232 Kwh = 11,28%

Rasio Perbandingan pemakaian 88,72% : 11,28%

Kalor yang dibutuhkan /day = 4,5 Kwh/m<sup>2</sup>/day

Kalor yang sanggup diserap = 5,81 Kwh/m<sup>2</sup>/day

Intensitas matahari november /2m<sup>2</sup>/day = 10Kwh

Penggunaan Solar water heater november			
	1	2	3
intensity diterima	100%	50%	20%
KWH	4,5	4,5	2
Electric heater			
KWH	0	0	2,5
Pemakaian KWH SWH november			
kondisi	1	2	3
jumlah hari	10	11	9
KWH	45	49,5	18
Pemakaian KWH Elektrik heater november			
kondisi	1	2	3
jumlah hari	10	11	9
KWH	0	0	22,5

1= cerah maksimal

2= Cerah berawan

3=Tertutup mendung

Sehingga

total Kwh dari solar water heater = 112,5 Kwh = 83,33%

total Kwh dari backup heater = 22,5 Kwh = 16,67%

Rasio Perbandingan pemakaian 83,33% : 16,67%

Kalor yang dibutuhkan /day = 4,5 Kwh/m<sup>2</sup>/day

Kalor yang sanggup diserap = 5,81 Kwh/m<sup>2</sup>/day

Intensitas matahari desember /2m<sup>2</sup>/day = 8,9Kwh

Penggunaan Solar water heater desember			
	1	2	3
intensity diterima	100%	50%	20%
KWH	4,5	4,45	1,78
Electric heater			
KWH	0	0,05	2,72
Pemakaian KWH SWH desember			
kondisi	1	2	3
jumlah hari	9	11	10
KWH	40,5	48,95	17,8
Pemakaian KWH Elektrik heater desember			
kondisi	1	2	3
jumlah hari	9	11	10
KWH	0	0,55	27,2

1= cerah maksimal

2= Cerah berawan

3=Tertutup mendung

Sehingga

total Kwh dari solar water heater = 107,25 Kwh = 79,44%

total Kwh dari backup heater = 27,75 Kwh = 20,56%

Rasio Perbandingan pemakaian 79,44% : 20,56%

Sehingga dari pemodelan iatas didapatkan data efisiensi pemakaian solar water heater sebagai berikut

Tabel 4.43: Efisiensi penggunaan *solar water heater*

Bulan	SWH (Kwh)	Heater (Kwh)	SWH (%)	Heater (%)
januari	101,45	33,55	75,15	24,85
februari	106,4	28,6	78,81	21,19
maret	113,184	21,816	83,84	16,16
april	115,704	19,296	85,71	14,29
mei	117,78	17,22	87,24	12,76
juni	117,304	17,696	86,89	13,11
juli	118,228	16,772	87,58	12,42
agustus	122,208	12,792	90,52	9,48
september	121,112	13,888	89,71	10,29
oktober	119,768	15,232	88,72	11,28
november	112,5	22,5	83,33	16,67
desember	107,25	27,75	79,44	20,56
Total	1372,89	247,11	84,75	15,25

Sehingga total manfaat pemakaian SWH adalah  
 $=1372,89 \text{ Kwh} \times 4 \text{ buah}$   
 $=5491,55 \text{ Kwh}$

Sehingga total back up heater dipakai  
 $=247,11 \text{ Kwh} \times 4 \text{ buah}$   
 $=988,488 \text{ Kwh}$

Sehingga manfaat daya diatas dapat di nilai keekonomisanya secara keuangan dengan melihat seberapa besar bahan bakar yng di gunakan untuk menghasilkan

daya diatas kemudian di hitung berapa cost yg dibutuhkan untuk bahan bakar tersebut.

Untuk harga /Kwh daya dapat dilihat pada tabel dibawah ini

Tabel 4.44: Manfaat energi dari Solar water heater dalam rupiah

Generator MT Vanda	yanmar type 6AYL-ST 4 stroke	
Fuel Consumption	201 gr/Kwh	
Harga MDF	12353600	rupiah/KL
berat jenis MDF	12353600	rupiah/m3
Harga MDF	900	kg/m3
900 kg menghasilkan harga/kwh	12353600	rupiah/900kg
	4478	KWh
	2759	rupiah/KWh

Sumber : [www.solarindustri-mfo.com](http://www.solarindustri-mfo.com)

Sehingga manfaat SWH  
 $= 5491,55 \text{ Kwh} \times 2759 \text{ rupiah/Kwh}$   
 $= \text{Rp. } 15.149.500$

Dan mengakibatkan pengeluaran back up heater sebesar  
 $= 988,488 \text{ Kwh} \times 2759 \text{ rupiah/Kwh}$   
 $= \text{Rp. } 2.728.651$

Kemudian dari manfaat tersebut setiap tahun diamsusikan terjadi inflasi bahan bakar sebesar 5%, maka manfaat tiap tahun meningkat seperti pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.45 : besar manfaat sepanjang lifetime dari solar water heater manfaat pada daerah tropis

tahun	Manfaat	Total
tahun 1	Rp 15.149.669	Rp 15.149.669
tahun 2	Rp 15.907.152	Rp 31.056.821
tahun 3	Rp 16.702.510	Rp 47.759.332
tahun 4	Rp 17.537.636	Rp 65.296.967
tahun 5	Rp 18.414.517	Rp 83.711.484
tahun 6	Rp 19.335.243	Rp 103.046.728
tahun 7	Rp 20.302.005	Rp 123.348.733
tahun 8	Rp 21.317.106	Rp 144.665.839
tahun 9	Rp 22.382.961	Rp 167.048.800
tahun 10	Rp 23.502.109	Rp 190.550.909
tahun 11	Rp 24.677.214	Rp 215.228.123
tahun 12	Rp 25.911.075	Rp 241.139.198
tahun 13	Rp 27.206.629	Rp 268.345.827
tahun 14	Rp 28.566.960	Rp 296.912.787
tahun 15	Rp 29.995.308	Rp 326.908.096

Kemudian dari semua data yang telah di hitung dibuat model aliran kas untuk 15 tahun untuk metode present worth value dan analisa titik impas(BEP)

**(Aliran kas untuk Present worth value terlampir)**

**(Aliran kas untuk analisa titik impas (BEP) terlampir)**

#### 4.5.4 Analisa Keekonomisan Solar Water Heater Dengan Metode *Present Worth Value*

##### 4.5.4.1 Analisa *Present Worth value* Dan BEP (Titik Impas)

###### Analisa *Present worth value*

Untuk analisa *Present worth value* semua aliran khas dikonversikan menjadi nilai sekarang. Dari model aliran kas untuk analisa *present worth value* dimana dipakai tingkat MARR 5% Dengan menggunakan rumusan pada bab 2.12.5 didapatkan hasil aliran kas sebagai berikut.

Tabel 4.46 : Konversi nilai aliran khas ke present worth value

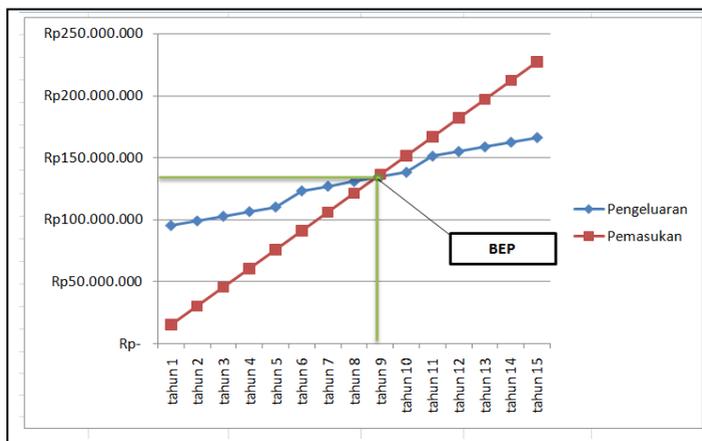
tahun	Aliran kas	<i>Present worth value</i>
tahun 1	Rp (80.079.000)	Rp (80.079).000
tahun 2	Rp 11.992.000	Rp 11.421.000
tahun 3	Rp 12.592.000	Rp 11.421.000
tahun 4	Rp 13.221.000	Rp 11.421.000
tahun 5	Rp 13.882.000	Rp 11.421.000
tahun 6	Rp 2.640.000	Rp 1.601.000
tahun 7	Rp 15.305.000	Rp 11.421.000
tahun 8	Rp 16.071.000	Rp 11.421.000
tahun 9	Rp 16.874.000	Rp 11.421.000
tahun 10	Rp 17.718.000	Rp 11.421.000
tahun 11	Rp 3.370.000	Rp 1.601.000
tahun 12	Rp 19.534.000	Rp 11.421.000
tahun 13	Rp 20.511.000	Rp 11.421.000
tahun 14	Rp 21.536.000	Rp 11.421.000
tahun 15	Rp 22.613.000	Rp 11.421.000
Total	Rp 127.779 .000	Rp 60.175.000

Dari aliran kas tersebut didapat dari kas masuk yang dikurangi dengan kas keluar yang dapat dilihat pada tabel berikut

Tabel 4.47 : tabel pengeluaran vs pemasukan aplikasi Solar water heater selama 15 tahun dengan *present worth value*

tahun	Pengeluaran	Pemasukan
tahun 1	Rp 95.229.000	Rp 15.150.000
tahun 2	Rp 98.957.000	Rp 30.299.000
tahun 3	Rp 102.686.000	Rp 45.449.000
tahun 4	Rp 106.415.000	Rp 60.599.000
tahun 5	Rp 110.143.000	Rp 75.748.000
tahun 6	Rp 123.692.000	Rp 90.898.000
tahun 7	Rp 127.421.000	Rp 106.048.000
tahun 8	Rp 131.149.000	Rp 121.197.000
tahun 9	Rp 134.878.000	Rp 136.347.000
tahun 10	Rp 138.607.000	Rp 151.497.000
tahun 11	Rp 152.155.000	Rp 166.646.000
tahun 12	Rp 155.884.000	Rp 181.796.000
tahun 13	Rp 159.612.000	Rp 196.946.000
tahun 14	Rp 163.341.000	Rp 212.095.000
tahun 15	Rp 167.070.000	Rp 227.245.000

Sehingga dapat dibuat grafik yang membandingkan pengeluaran dibanding manfaat yang di dapatkan dari pengaplikasian solar water heater pada sistem domestik kapal.



Gambar 4.26 Grafik present worth value solar water heater

### Analisa BEP (Titik impas)

Untuk analisa BEP dapat dilihat dari tabel 4.47 ataupun dari grafik pada gambar 4.26

Dari grafik pada gambar 4.26 dapat dilihat pada tahun keberapa semua pengeluaran adalah sebanding dengan manfaat /pendapatan secara ekonomi.

$$\boxed{TR=TC}$$

TR = Total pendapatan selama periode N

TC = Total pengeluaran selama periode N

Dapat dilihat pada gambar 4.26 bahwa titik impas di lihat pada analisa present worth adalah 9 tahun

Berdasarkan hasil analisa diatas dapat ditarik resume

1. Dari grafik diatas dari analisa aliran kas menggunakan metodem present worth value maka terlihat bahwa selama 15 tahun penggunaan aplikasi solar water heater memberikan manfaat yang lebih besar dari pengeluaran setelah tahun ke 9.
2. Perbandingan pengeluaran dibanding manfaat tidak lah besar selama 15 tahun yakni pengeluaran sebesar Rp167.070.000 dan pemasukan sebesar Rp 227.245.000 berkisar antara 70:100
3. Untuk mencapai titik impas/ BEP memerlukan waktu yang cukup lama yaitu selama 9 tahun. Hal ini di karenakan diperlukan investasi awal yang cukup besar untuk aplikasi solar water heater.

#### 4.5.4.2 Analisa *Future Worth Value* Dan BEP

Analisa *Future worth value* difungsikan untuk mengoreksi perhitungan dari *present worth value*. Dimana hasil yang diharapkan letak tahun titik impas adalah sama.

Dari model aliran kas untuk analisa *future worth value* dimana dipakai tingkat MARR 5% Dengan menggunakan rumusan pada bab 2.12.5 didapatkan hasil aliran kas sebagai berikut.

Tabel 4.48 : Konversi nilai aliran khas ke *future worth value*

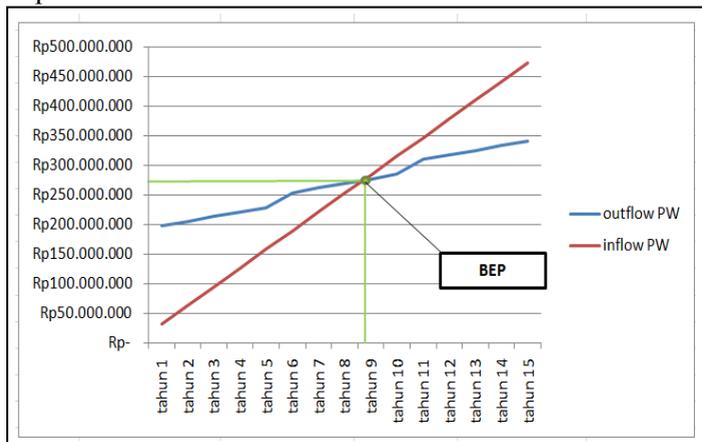
tahun	Aliran kas	<i>future worth</i>
tahun 1	Rp (80.079.000)	Rp (166.476.000)
tahun 2	Rp 11.992.000	Rp 23.743.000
tahun 3	Rp 12.592.000	Rp 23.743.000
tahun 4	Rp 13.221.000	Rp 23.743.000
tahun 5	Rp 13.882.000	Rp 23.743.000
tahun 6	Rp 2.640.000	Rp 5.596.000
tahun 7	Rp 15.305.000	Rp 23.743.000
tahun 8	Rp 16.071.000	Rp 23.743.000
tahun 9	Rp 16.874.000	Rp 23.743.000
tahun 10	Rp 17.718.000	Rp 23.743.000
tahun 11	Rp 3.370.000	Rp 5.595.000
tahun 13	Rp 20.511.000	Rp 23.743.000
tahun 14	Rp 21.536.000	Rp 23.743.000
tahun 15	Rp 22.613.000	Rp 23.743.000
Total	Rp 127.779.000	Rp 129.633.000

Dari aliran kas tersebut didapat dari kas masuk yang dikurangi dengan kas keluar yang dapat dilihat pada tabel berikut

Tabel 4.49 : tabel future worth value pengeluaran vs pemasukan aplikasi Solar water heater selama 15 tahun

tahun	outflow PW	inflow PW
tahun 1	Rp 188.912.000	Rp 31.495.000
tahun 2	Rp 196.664.000	Rp 62.989.000
tahun 3	Rp 204.415.000	Rp 94.484.000
tahun 4	Rp 212.167.000	Rp 125.979.000
tahun 5	Rp 219.918.000	Rp 157.473.000
tahun 6	Rp 245.817.000	Rp 188.968.000
tahun 7	Rp 253.569.000	Rp 220.463.000
tahun 8	Rp 261.320.000	Rp 251.957.000
tahun 9	Rp 269.072.000	Rp 283.452.000
tahun 10	Rp 276.823.000	Rp 314.946.000
tahun 11	Rp 302.722.000	Rp 346.441.000
tahun 13	Rp 318.225.000	Rp 409.430.000
tahun 14	Rp 325.977.000	Rp 440.925.000
tahun 15	Rp 333.728.000	Rp 472.420.000

Sehingga dapat dibuat grafik yang membandingkan pengeluaran dibanding manfaat yang di dapatkan dari pengaplikasian solar water heater pada sistem domestik kapal.



Gambar 4.27 Grafik future worth value solar water heater

### Analisa BEP (Titik impas)

Untuk analisa BEP dapat dilihat dari tabel 4.49 ataupun dari grafik pada gambar 4.267

Dari grafik pada gambar 4.27 dapat dilihat pada tahun keberapa semua pengeluaran adalah sebanding dengan manfaat /pendapatan secara ekonomi.

$$\boxed{TR=TC}$$

TR = Total pendapatan selama periode N

TC = Total pengeluaran selama periode N

Dapat dilihat pada gambar 4.27 bahwa titik impas di lihat pada analisa future worth juga sama memperlihatkan pada tahun ke 9

Berdasarkan hasil analisa diatas dapat ditarik resume

1. Dari grafik diatas dari analisa aliran kas menggunakan metodem future worth value maka terlihat bahwa selama 15 tahun penggunaan aplikasi solar water heater memberikan manfaat yang lebih besar dari pengeluaran setalah tahun ke 9.
2. Perbandingan pengeluaran dibanding manfaat tidak lah besar selama 15 tahun yakni pengeluaran sebesar Rp333.728.000 dan pemasukan sebesar Rp 472.420.000 berkisar antara 70:100
3. Untuk mencapai titik impas/ BEP memerlukan waktu yang cukup lama yaitu selama 9 tahun. Hal ini di karenakan diperlukan investasi awal yang cukup besar untuk aplikasi solar water heater.

## 4.5.5 Estimasi Aliran Kas Dari *Existing System*

### 4.5.5.1 Biaya Investasi Awal

Untuk biaya investasi awal untuk pemanasan air dengan menggunakan *electric heater* rincian biaya investasi awal adalah sebagai berikut.

#### 1. Biaya Immersion heater



Gambar 4.28 : *Immersion electric heater*

Sumber : [www.indonetwork.co.id](http://www.indonetwork.co.id)

Unit ini berlaku sebagai pemanas air untuk *existing system*, diperlukan 2 buah immersion heater dengan kapasitas masing-masing 24 KW pada *existing systemnya*

Harga 1 buah *Immersion heater* = Rp. 3.000.000

Sehingga dibutuhkan = 2 x Rp. 3.000.000

= Rp. 6.000.000

#### 2. Biaya insulasi tanki

Biaya insulasi tanki dimasukkan karena item ini masuk pada investasi awal *solar water heater*.

a. Biaya bahan insulasi tanki Rp. 1.950.000

b. Biaya perekat Rp. 300.000

c. Biaya Pengerjaan 8 jam orang x 2 orang

= 16 x Rp 50.000 Rp. 800.000

Total Rp. 3.050.000

Sehingga biaya investasi awal adalah sebagai berikut.

1. Biaya Immersion heater	Rp. 6.000.000
2. <u>Biaya insulasi tanki</u>	<u>Rp. 3.050.000</u>
Total	Rp. 9.050.000

#### 4.5.5.2 Biaya Pengeluaran

Yang termasuk Biaya pengeluaran untuk pemanasan air dengan menggunakan *electric heater* terdiri dari.

- a. Biaya bahan bakar  
Meliputi biaya pengeluaran harga bahan bakar Listrik/thn sebesar 6480 Kwh  
Sehingga =  $6480 \text{ KWh} \times \text{Rp } 2.759/\text{KWh}$   
= Rp. 17.873.320 / tahun  
Selanjutnya asumsi infalsi terjadi 5% per tahun
- b. Biaya *Maintenance*  
*Maintenance electric immersion heater* membutuhkan cek secara periodik
  1. Pemeriksaan *immersion heater* harus diperiksa terkait efek panas yang menyebabkan terjadinya hangus pada heater dan pembersihan adanya deposit kotoran
  2. pengecekan semua koneksi dan di kencangkan bila ada koneksi yang kurang baik
  3. pengecekan kontrol line strainer, pengecekan vessel pressure, pengecekan temperatur dan pressure relief valve
  4. temperatur dari calorifier harus diperiksa di set pada suhu 60-65 derajat celcius, jangan sampai terjadi over heating
  5. Pembersihan tanki dari deposit kotoran dan pemeriksaan anode

Maka untuk kegiatan maintenance tersebut dibutuhkan 16 jam orang kerja dengan biaya perjam Rp. 50.000  
 dana yang dibutuhkan adalah =  $16 \times \text{Rp } 50.000$   
 = Rp. 800.000

c. Biaya Pergantian *spare part*

Untuk umur electric heater adalah berkisar 5 tahun sehingga setiap 5 tahun harus diganti  
 Harga electric heater Rp. 3.000.000  
 dengan inflasi 5% pertahun  
 Harga Pada tahun ke 5 = Rp. 7.293.000  
 Harga Pada tahun ke 10 = Rp. 9.308.000

Sehingga resume biaya tahunan pengoperasian alat yang dibutuhkan adalah

1. Biaya bahan bakar = Rp. 17.873.320
2. Maintenance tahunan = Rp. 800.000

Sehingga resume biaya 5 tahunan pengoperasian alat yang dibutuhkan adalah

1. Part Electric heater periode 0 = Rp. 3.000.000  
 Pada tahun ke 5 = Rp. 7.293.000  
 Pada tahun ke 10 = Rp. 9.308.000

#### 4.5.5.3 Manfaat

Manfaat yang didapat adalah sejumlah sejumlah listrik yang di dimanfaatkan untuk pemanas air/tahun  
 Listrik 6480 Kwh x Rp 2.759/Kwh = Rp. 17.873.320

Kemudian dari semua data yang telah di hitung dibuat model aliran khas untuk 15 tahun untuk analisa

**(Aliran kas untuk analisa cost and benefit terlampir)**

#### 4.5.6 Analisa Kelayakan Investasi *Existing System* Dengan Metode *Present Worth Value*

##### 4.5.6.1 Metode *Present Worth* Dan BEP(Titik Impas)

###### Metode *present worth value*

Dari model aliran kas untuk analisa *presentworth value* dimana dipakai tingkat MARR 5% Dengan menggunakan rumusan pada bab 2.12.5 didapatkan hasil aliran kas sebagai berikut.

Tabel 4.50 : Konversi nilai aliran kas ke *present worth value* dari existing system

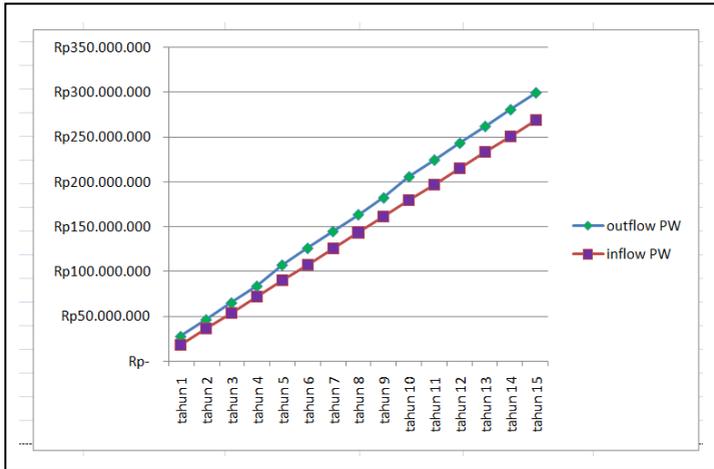
Tahun	Aliran kas	<i>Present worth value</i>
tahun 1	Rp (9.850.000)	Rp (9.850.000)
tahun 2	Rp (840.000)	Rp (800.000)
tahun 3	Rp (882.000)	Rp (800.000)
tahun 4	Rp (926.100)	Rp (800.000)
tahun 5	Rp (8.265.443)	Rp (5.624.057)
tahun 6	Rp (1.021.025)	Rp (800.000)
tahun 7	Rp (1.072.077)	Rp (800.000)
tahun 8	Rp (1.125.680)	Rp (800.000)
tahun 9	Rp (1.181.964)	Rp (800.000)
tahun 10	Rp (10.549.032)	Rp (5.624.335)
tahun 11	Rp (1.303.116)	Rp (800.000)
tahun 12	Rp (1.368.271)	Rp (800.000)
tahun 13	Rp (1.436.685)	Rp (800.000)
tahun 14	Rp (1.508.519)	Rp (800.000)
tahun 15	Rp (1.583.945)	Rp (800.000)
Total	Rp (42.913.858)	Rp (30.698.392)

Dari aliran kas tersebut didapat dari kas masuk yang dikurangi dengan kas keluar yang dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.51 : tabel *present worth* pengeluaran vs pemasukan *existing system heater* selama 15 tahun

<b>tahun</b>	<b>Pengeluaran</b>	<b>Pemasukan</b>
tahun 1	Rp 27.728.320	Rp 17.878.320
tahun 2	Rp 46.406.640	Rp 35.756.640
tahun 3	Rp 65.084.960	Rp 53.634.960
tahun 4	Rp 83.763.280	Rp 71.513.280
tahun 5	Rp 107.265.657	Rp 89.391.600
tahun 6	Rp 125.943.977	Rp 107.269.920
tahun 7	Rp 144.622.297	Rp 125.148.240
tahun 8	Rp 163.300.617	Rp 143.026.560
tahun 9	Rp 181.978.937	Rp 160.904.880
tahun 10	Rp 205.481.592	Rp 178.783.200
tahun 11	Rp 224.159.912	Rp 196.661.520
tahun 12	Rp 242.838.232	Rp 214.539.840
tahun 13	Rp 261.516.552	Rp 232.418.160
tahun 14	Rp 280.194.872	Rp 250.296.480
tahun 15	Rp 298.873.192	Rp 268.174.800

Sehingga dapat dibuat grafik yang membandingkan pengeluaran dibanding manfaat yang di dapatkan dari existing sistem domestik kapal.



Gambar 4.29: Grafik *present worth value existing system*

### Analisa BEP (Titik impas)

Untuk analisa BEP dapat dilihat dari tabel 4.47 ataupun dari grafik pada gambar 4.26

Dari grafik pada gambar 4.26 dapat BEP tidak akan pernah terwujud karena pengeluaran selalu lebih besar dari pendapatan.

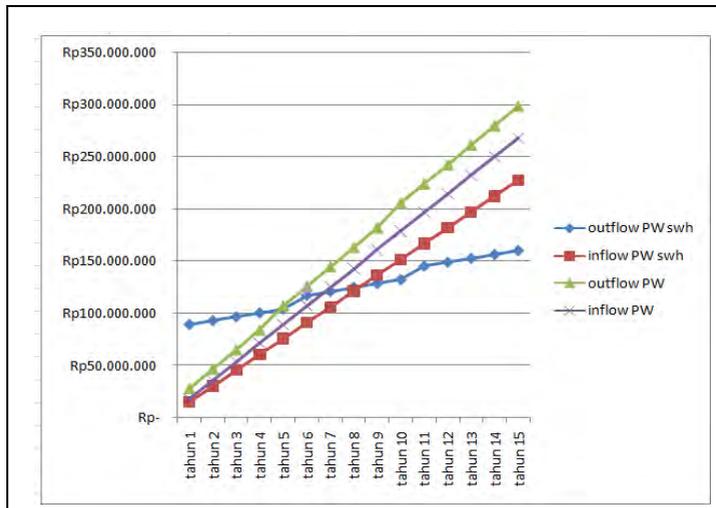
### **4.5.7 Perbandingan hasil analisa ekonomi dari aplikasi solar water heater dibanding existing system**

Dari perhitungan analisa *present worth* antara penggunaan aplikasi *solar water heater* dan *electric heater* dapat dibuat grafik perbandingan dibawah ini.

Dari analisa yang telah di lakukan memang terlihat bahwa solar water heater memberikan keuntungan. Namun

harus diingat bahwa keuntungan ini semua karena bukan berupa pendapatan namun manfaat energi.

Analisa perbandingan dapat kita lihat pada grafik sebagai berikut



Gambar 4.30 Present worth value Aplikasi Solar water heater vs Existing system

Berdasarkan grafik diatas dapat diketahui.

1. Dari grafik diatas dari analisa cashflow menggunakan metode *present worth value* maka terlihat bahwa selama 15 tahun Penggunaan *electric heater* selalu memberikan biaya pengeluaran yang lebih besar daripada pendapatan sedangkan dengan pengaplikasian *solar water heater* maka akan memberikan pengeluaran yang lebih kecil dan manfaat yang lebih besar dari pada pengeluaran

2. Untuk pemanasan air *existing system* akan memberikan cost pengeluaran yang lebih kecil daripada dengan menggunakan solar water heater untuk jangka pemakaian tidak lebih dari 5 tahun dikarenakan investasi yang mahal dari solar water heater. Selepas 5 tahun maka pemakaian solar water heater akan lebih ekonomis.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan analisa yang telah di lakukan maka dapat ditarik kesimpulan untuk menjawab permasalahan yaitu sebagai berikut

1. Secara teknis solar water heater pada sistem domestik dapat diaplikasikan, dengan menambahkan by pass pipe yang menyambungkan unit solar water heater dan hydrophore air panas dan unit solar water dapat ditempatkan pada daerah top deck kapal
2. Keyplan untuk aplikasi solar water heater pada domestik sistem MT Vanda 6300 DWT beserta spec teknisnya dapat dilihat pada bagian lampiran .
3. Arrangement layout pada domestik sistem MT Vanda 6300 DWT On board dapat dilihat pada bagian lampiran
4. Secara ekonomis pemasangan solar water heater akan memberikan keuntungan dari pada electric heater setelah 5 tahun

#### **5.2 Saran**

1. Dalam pengaplikasian solar water heater diperlukan space yang luas, oleh karena itu untuk perencanaan dengan kebutuhan air panas yang besar maka perlu dipertimbangkan penempatan dari solar water heater di kapal.

2. Untuk perbandingan analisa ekonomis antara solar water heater dan elektrik heater sangat rentan terhadap perubahan nilai uang sehingga dapat dikembangkan dengan metode analisa perbandingan lain yang tidak bergantung pada nilai uang
3. Perlu di rencanaakan lebih lanjut mengenai mekanisme perputaran panel solar water heater sehingga dapat menyerap panas dari matahari secara maksimal.

## DAFTAR PUSTAKA

1. *R.H Garret, EngTech, MIP RP, HOT AND COLD WATER SUPPLY , Second Edition, Blackwell Science Ltd, a Blackwell Publishing company, 2000*
2. Soelarso dan Haruo Tahara, POMPA DAN KOMPRESSOR : PEMILIHAN, PEMAKAIAN DAN PEMELIHARAAN, Cetakan kedua, Penerbit Pradnya Paramita, Jakarta, 1985
3. *Handbook from The Marine Engineering Society in Japan, ENGLISH VERSION MACHINERY OTFITTING DESIGN MANUAL*
4. *R. K. Sinnott, CHEMICAL ENGINEERING DESIGN, fourth edition, Elsevier Butterworth Heinemann, Oxford, 2005*
5. *Jimmy D. Kumana and Samir P. Khotari; Henningson, Durham, and Richardson, Inc., PREDICT STORAGE TANK HEAT TRANSFER PRECISELY, Chemical Engineering Magazines, 19 January, 2009.*
6. Nyoman Pujawan, EKONOMI TEKNIK, edisi kedua, Penerbit Guna Widya, Surabaya, 2009.



## **Biodata Penulis**



Penulis dilahirkan di Kediri, Jawa timur, pada tanggal 27 april 1990. Penulis merupakan anak kedua dari dua bersaudara. Terlahir dengan nama Rega Ardian Syah dari pasangan Gatot Sukarno dan Retno Setyowati Purwantini. Riwayat pendidikan formal yang telah ditempuh adalah SDN Pawyatan daha Kediri, SMPN 1 Kediri, SMAN 7 Kediri, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya ITS.

Setelah lulus dari Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya pada tahun 2011, penulis melanjutkan pendidikan formalnya pada tahun 2012 lintas jalur ke strata ( S1). Diterima di jurusan Teknik Sistem Perkapalan – Fakultas Teknologi Kelautan – Institut Teknologi Sepuluh Nopember, dengan NRP 4212105004. Penulis mengambil konsntrasi bidang keahlian Marine Machinery and system (MMS). Selama perkuliahan, selain mengikuti jalanya perkuliahan secara umum penulis juga aktif menjadi Asisten laboratorium mesin fluida dan sistem pada tahun 2012-2013. Untuk pengalaman di lapangan penulis pernah melakukan kerja praktek selama satu semester di PT. Muara Indo Marine – Batam – Indonesia.

**Rega Ardian Syah**

Jurusan Teknik Sistem Perkapalan – FTK –ITS

ardiansyahrega@gmail.co.id

Estimasi metode nilai akan sekarang (present worth) dengan aplikasi solar water heater

No	Uraian	Vol.	Satuan	Harga Satuan (Dalam Rp. ribu)	Plafon (Dalam Rp.ribu)	Jumlah (Dalam Rp. Ribu)/Tahun ke:															Total (Dalam Rp. Ribu)	
						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
<b>A</b>	<b>INVESTASI AWAL</b>																					
1	Solar water heater Wika 150LC	4	buah	18000	72000	72000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	72000	
2	Solar water heater fondation	4	buah	1200	4800	4800	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4800	
3	Pipa cast iron 40A 1.1/2 inch	36	m	46	1656	1656	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1656	
4	Pipa cast iron 20A 3/4 inch	12	m	23	276	276	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	276	
5	Pipa copper 20A 3/4 inch	36	m	54	1944	1944	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1944	
6	Pipa copper 10A 1/4 inch	12	m	35	420	420	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	420	
7	Nrv brass 20A 3/4 inch	4	buah	100	400	400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	400	
8	Ball valve 10A 1/4 inch	4	buah	50	200	200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	200	
9	T conector 40A 1.1/2 inch	6	Buah	100	600	600	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	600	
10	T conector 20A 3/4 inch	6	Buah	70	420	420	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	420	
11	Elbow 90 40A 1.1/2 inch	5	Buah	100	500	500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	500	
12	Elbow 90 20A 3/4 inch	6	Buah	70	420	420	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	420	
13	Fitting join 40A 1.1/2 inch	6	Buah	40	240	240	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	240	
14	Fitting join 20A 3/4 inch	8	Buah	30	240	240	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	240	
15	Fitting join 10A 1/4 inch	2	Buah	20	40	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40	
16	Reducer 40A to 20A	4	Buah	50	200	200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	200	
17	Reducer 20A to 10A	4	Buah	30	120	120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	120	
18	Insulasi Rockwool tanki	6	roll	325	1950	1950	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1950	
19	Insulasi glasswool pipa	1	roll	225	225	225	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	225	
20	Perekat Insulasi	1	dos	300	300	300	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	300	
21	Biaya lain	1	set	549	549	549	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	549	
22	Instalasi unit SWH	1	kali	1600	1600	1600	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1600	
23	Instalasi plumbing	1	kali	2400	2400	2400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2400	
	<b>SUB-JUMLAH A</b>				91500	91500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	91500	
	Present worth value				91500	91500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	91500	
<b>B</b>	<b>BIAYA PENGELUARAN</b>																					
1	Biaya penggantian komponen	1,0	Paket/5thn	0	0	0	0	0	0	11936	0	0	0	0	15234	0	0	0	0	0	27170	
2	Biaya Maintenance tahunan	1,0	Paket/thn	1000	1000	1000	1050	1103	1158	1216	1276	1340	1407	1477	1551	1629	1710	1796	1886	1980	21579	
3	Listrik dari backup heater	989	KWH/thn	2,759	2729	2729	2865	3008	3159	3317	3483	3657	3839	4031	4233	4445	4667	4900	5145	5403	58880	
	<b>SUB-JUMLAH B</b>				3729	3729	3915	4111	4316	4532	4797	5047	5309	5584	5884	6208	6577	6996	7431	7882	107629	
	Present worth value				3729	3729	3729	3729	3729	3729	13549	3729	3729	3729	3729	13549	3729	3729	3729	3729	3729	75570
<b>C</b>	<b>MANFAAT</b>																					
1	Listrik	5491	KWH/tahun	2,759	15150	15150	15907	16703	17538	18415	19335	20302	21317	22383	23502	24677	25911	27207	28567	29995	326908	
	<b>SUB-JUMLAH C</b>				15150	15150	15907	16703	17538	18415	19335	20302	21317	22383	23502	24677	25911	27207	28567	29995	326908	
	Present worth value				15150	15150	15150	15150	15150	15150	15150	15150	15150	15150	15150	15150	15150	15150	15150	15150	15150	227245
<b>D</b>	<b>CASH FLOW C-(A+B)</b>																					
	<b>SUB-JUMLAH D</b>				-80079	-80079	11992	12592	13221	13882	2640	15305	16071	16874	17718	3370	19534	20511	21536	22613	127779	
	Present worth value				-80079	-80079	11421	11421	11421	11421	1601	11421	11421	11421	11421	1601	11421	11421	11421	11421	11421	60175

Asumsi tiap tahun terjadi inflasi 5% maka terjadi kenaikan harga bahan bakar, maintenance dan gaji pegawai sebesar inflasi tahunan

Estimasi metode nilai akan datang (future worth) dengan aplikasi solar water heater

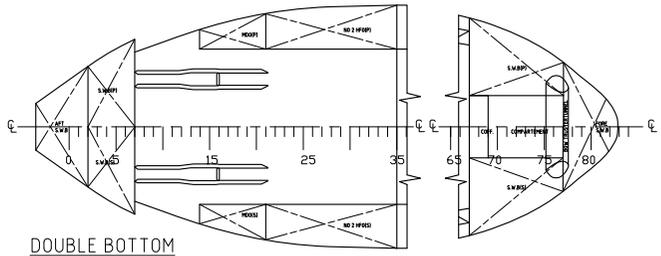
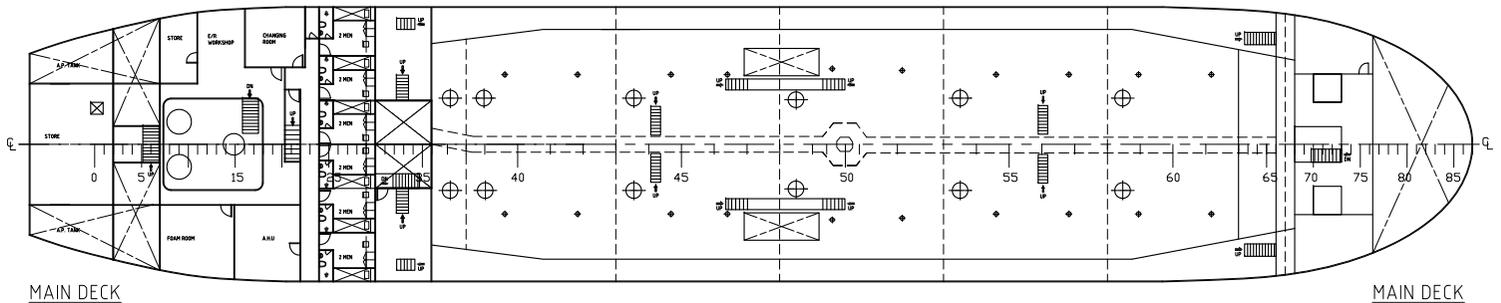
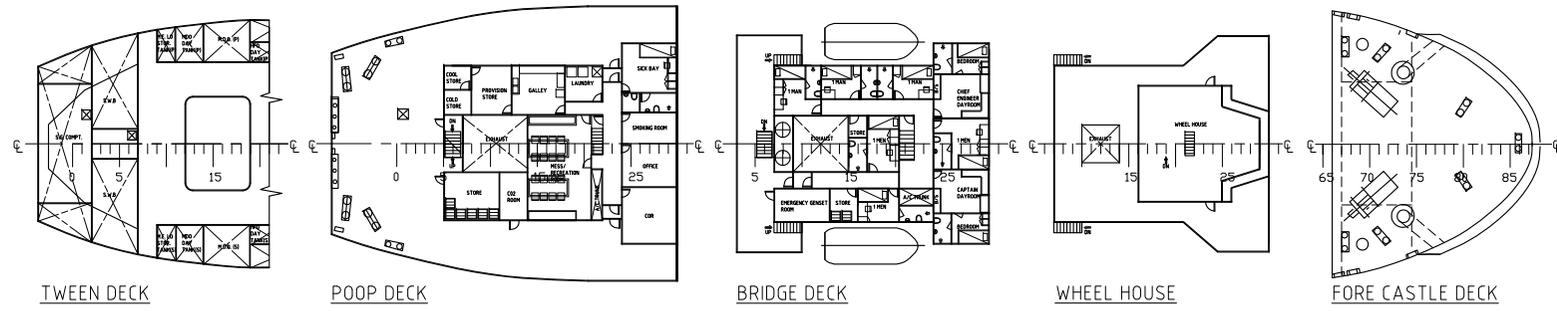
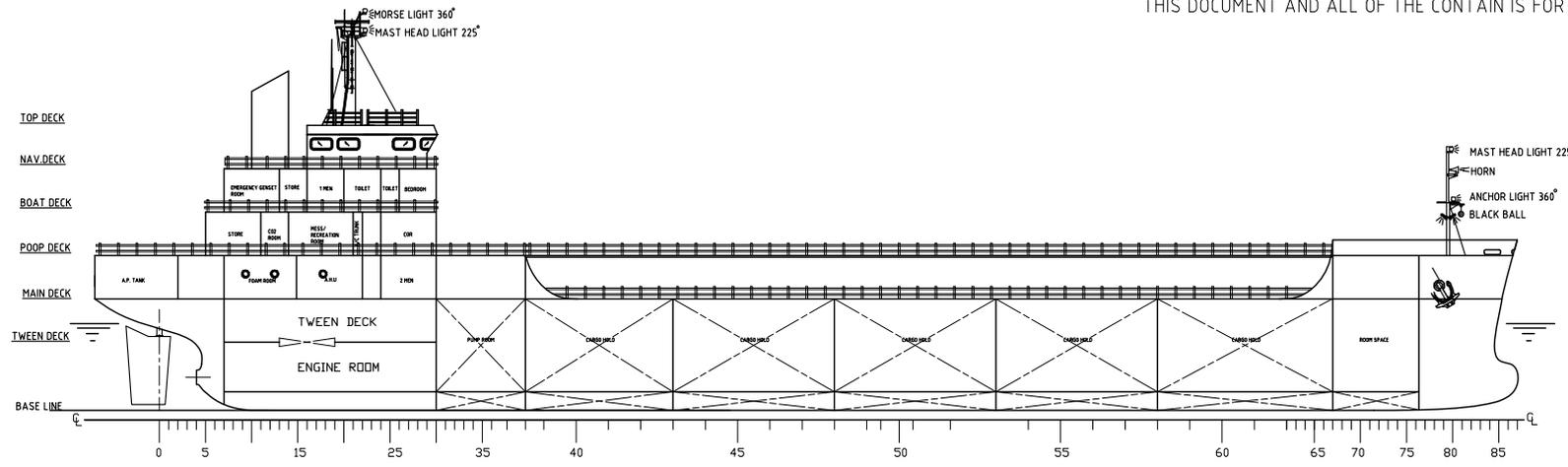
No	Uraian	Vol.	Satuan	Harga Satuan (Dalam Rp. ribu)	Plafon (Dalam Rp.ribu)	Jumlah (Dalam Rp. Ribu)/Tahun ke:															Total (Dalam Rp. Ribu)	
						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
<b>A</b>	<b>INVESTASI AWAL</b>																					
1	Solar water heater Wika 150LC	4	buah	18000	72000	72000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	72000	
2	Solar water heater fondation	4	buah	1200	4800	4800	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4800	
3	Pipa cast iron 40A 1.1/2 inch	36	m	46	1656	1656	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1656	
4	Pipa cast iron 20A 3/4 inch	12	m	23	276	276	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	276	
5	Pipa copper 20A 3/4 inch	36	m	54	1944	1944	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1944	
6	Pipa copper 10A 1/4 inch	12	m	35	420	420	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	420	
7	Nrv brass 20A 3/4 inch	4	buah	100	400	400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	400	
8	Ball valve 10A 1/4 inch	4	buah	50	200	200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	200	
9	T conector 40A 1.1/2 inch	6	Buah	100	600	600	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	600	
10	T conector 20A 3/4 inch	6	Buah	70	420	420	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	420	
11	Elbow 90 40A 1.1/2 inch	5	Buah	100	500	500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	500	
12	Elbow 90 20A 3/4 inch	6	Buah	70	420	420	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	420	
13	Fitting join 40A 1.1/2 inch	6	Buah	40	240	240	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	240	
14	Fitting join 20A 3/4 inch	8	Buah	30	240	240	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	240	
15	Fitting join 10A 1/4 inch	2	Buah	20	40	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40	
16	Reducer 40A to 20A	4	Buah	50	200	200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	200	
17	Reducer 20A to 10A	4	Buah	30	120	120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	120	
18	Insulasi Rockwool tanki	6	roll	325	1950	1950	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1950	
19	Insulasi glasswool pipa	1	roll	225	225	225	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	225	
20	Perekat Insulasi	1	dos	300	300	300	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	300	
22	Instalasi unit SWH	1	kali	1600	1600	1600	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1600	
23	Instalasi plumbing	1	kali	2400	2400	2400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2400	
	<b>SUB-JUMLAH A</b>				91500	91500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	91500	
	Future worth value				181161	181161	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	181161	
<b>B</b>	<b>BIAYA PENGELUARAN</b>																					
1	Biaya penggantian komponen	1,0	Paket/5thn	0	0	0	0	0	0	11936	0	0	0	0	15234	0	0	0	0	0	27170	
2	Biaya Maintenance tahunan	1,0	Paket/thn	1000	1000	1000	1050	1103	1158	1216	1276	1340	1407	1477	1551	1629	1710	1796	1886	1980	21579	
3	Listrik dari backup heater	989	KWH/thn	2,759	2729	2729	2865	3008	3159	3317	3483	3657	3839	4031	4233	4445	4667	4900	5145	5403	58880	
	<b>SUB-JUMLAH B</b>				3729	3729	3915	4111	4316	4532	4695	4997	5247	5509	5784	6038	6377	6696	7031	7382	107629	
	Future worth value				7751	7751	7751	7751	7751	7751	25899	7751	7751	7751	7751	25899	7751	7751	7751	7751	152567	
<b>C</b>	<b>MANFAAT</b>																					
1	Listrik	5491	KWH/tahun	2,759	15150	15150	15907	16703	17538	18415	19335	20302	21317	22383	23502	24677	25911	27207	28567	29995	326908	
	<b>SUB-JUMLAH C</b>				15150	15150	15907	16703	17538	18415	19335	20302	21317	22383	23502	24677	25911	27207	28567	29995	326908	
	Future worth value				31495	31495	31495	31495	31495	31495	31495	31495	31495	31495	31495	31495	31495	31495	31495	31495	31495	472420
<b>D</b>	<b>CASH FLOW C-(A+B)</b>																					
	<b>SUB-JUMLAH D</b>				-80079	-80079	11992	12592	13221	13882	2640	15305	16071	16874	17718	3370	19534	20511	21536	22613	127779	
	Future worth value				-166476	-166476	23743	23743	23743	23743	5596	23743	23743	23743	23743	5595	23743	23743	23743	23743	23743	129633

Asumsi tiap tahun terjadi inflasi 5% maka terjadi kenaikan harga bahan bakar, maintenance dan gaji pegawai sebesar inflasi tahunan

Analisa Present Worth tanpa pengaplikasian Solar water heater

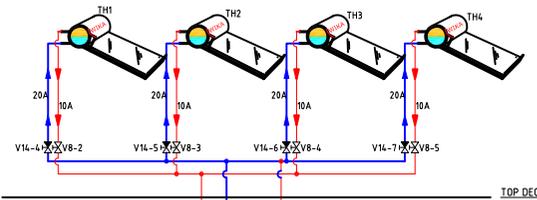
No	Uraian	Vol.	Satuan	Harga Satuan (Dalam Rp. ribu)	Plafon (Dalam Rp.ribu)	Jumlah (Dalam Rp. Ribu)/Tahun ke:															Total (Dalam Rp. Ribu)	
						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
A	INVESTASI AWAL																					
1	Insulasi rock wool tanki	6	roll	325	1950	1950	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1950	
2	Perekat Insulasi	1	dos	300	300	300	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	300	
3	Immersion heater	2	unit	3000	6000	6000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6000	
4	Pengerjaan insulasi tanki	1	paket	800	800	800	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	800	
	SUB-JUMLAH A				9050	9050	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9050	
	Present worth value				9050	9050	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9050	
B	BIAYA PENGELUARAN																					
1	Biaya listrik dari MDF	6.480	KWH/thn	2,759	17878	17878	18772	19711	20696	21731	22818	23959	25157	26414	27735	29122	30578	32107	33712	35398	385788	
2	Biaya Maintenance tahunan	1,0	Paket/thn	800	800	800	840	882	926	972	1021	1072	1126	1182	1241	1303	1368	1437	1509	1584	17263	
3	Biaya penggantian heater	1,0	Paket/5thn	7293	0	0	0	0	0	7293	0	0	0	0	9308	0	0	0	0	0	0	
	SUB-JUMLAH B				18678	18678	19612	20593	21622	29997	23839	25031	26282	27596	38284	30425	31946	33544	35221	36982	419652	
	Present worth value				18678	18678	18678	18678	18678	23502	18678	18678	18678	18678	23503	18678	18678	18678	18678	18678	18678	298873
C	MANFAAT																					
1	Listrik	6.480	KWH/tahun	2,759	17878	17878	18772	19711	20696	21731	22818	23959	25157	26414	27735	29122	30578	32107	33712	35398	385788	
	SUB-JUMLAH C				17878	17878	18772	19711	20696	21731	22818	23959	25157	26414	27735	29122	30578	32107	33712	35398	385788	
	Present worth value				17878	17878	17878	17878	17878	17878	17878	17878	17878	17878	17878	17878	17878	17878	17878	17878	17878	268175
D	CASH FLOW C-(A+B)																					
	SUB-JUMLAH D				-9850	-9850	-840	-882	-926	-8265	-1021	-1072	-1126	-1182	-10549	-1303	-1368	-1437	-1509	-1584	-42914	
	Present worth value				-9850	-9850	-800	-800	-800	-5624	-800	-800	-800	-800	-5624	-800	-800	-800	-800	-800	-800	-30698

Asumsi tiap tahun terjadi inflasi 5% maka terjadi kenaikan harga bahan bakar, maintenance dan gaji pegawai sebesar inflasi tahunan



PRINCIPLE DIMENSION	
LOA	: 93,00 M
LBP	: 87,00 M
B	: 17,50 M
H	: 7,20 M
T	: 5,60 M
VS	: 9 KNOT
TYPE	: OIL PRODUCT TANKER

SHIP:		M.T. VANDA 6300 DWT	
TITLE:			
GENERAL ARRANGEMENT			
OWNER:		YARD NO. PMS2228-2	
BUILDER:			
CLASS:	B.V. 1 - HULL + MACH FLS TANKER UNRESTRICTED NAVIGATION		
DRAWN:	CHECKED:	APPROVE:	SCALE:
			1:120
			C4071/P-4
			REV
			A

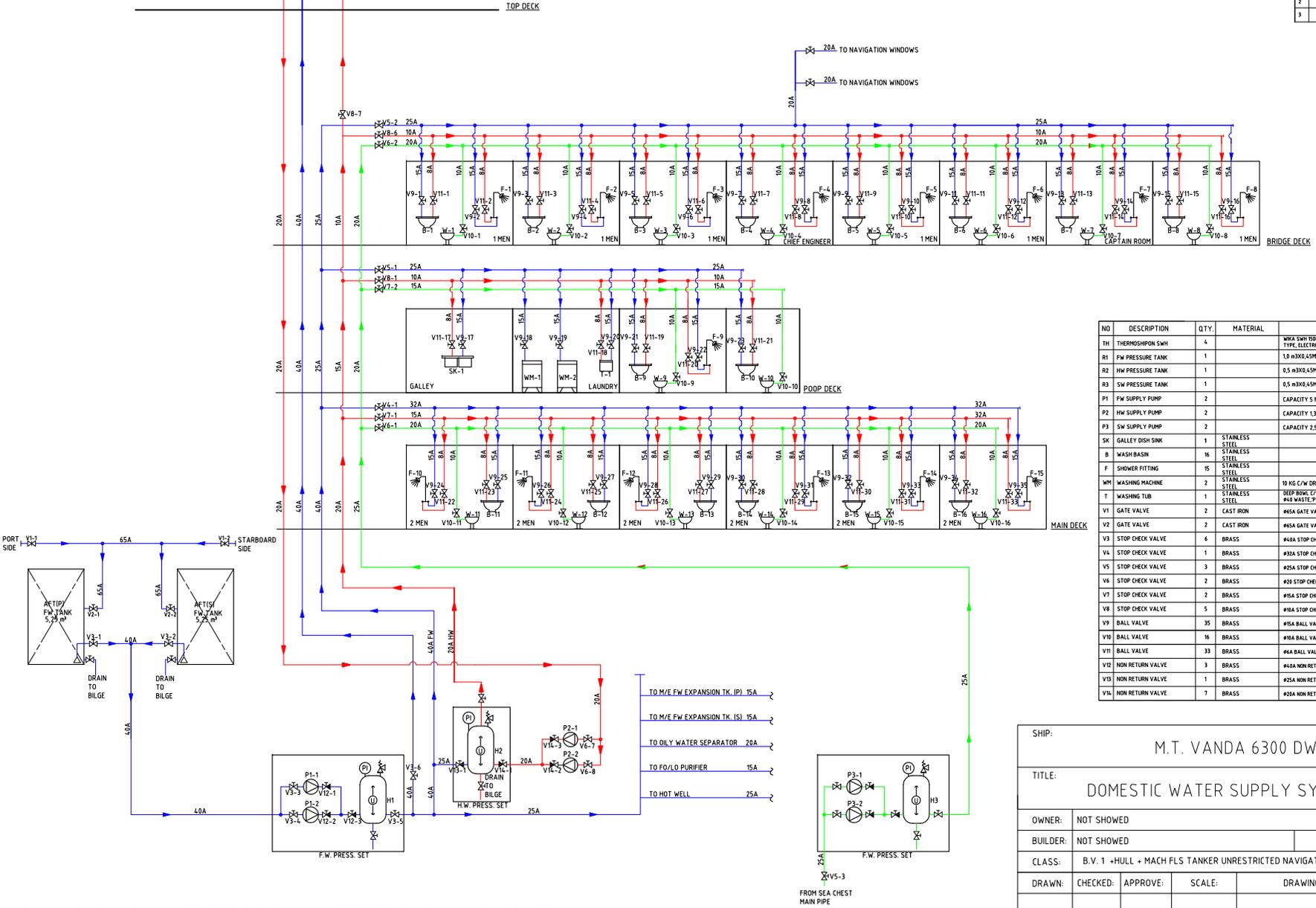


SEA WATER SYSTEM PIPE				
NO	DESCRIPTION	MATERIAL	NOMINAL PIPE SIZE (A)	INCH
1	A25 Ø PIPE	CAST IRON GALVANIZED	25A	1
2	A20 Ø PIPE	CAST IRON GALVANIZED	20A	3/4
3	A15 Ø PIPE	CAST IRON GALVANIZED	10A	3/8

HOT WATER SYSTEM PIPE				
NO	DESCRIPTION	MATERIAL	NOMINAL PIPE SIZE (A)	INCH
1	A25 Ø PIPE	COPPER PIPE INSULATED	20A	3/4
2	A15 Ø PIPE	COPPER PIPE INSULATED	15A	1/2
3	A10 Ø PIPE	COPPER PIPE INSULATED	10A	3/8
4	A8 Ø PIPE	COPPER PIPE INSULATED	8A	3/4

FRESH WATER SYSTEM PIPE				
NO	DESCRIPTION	MATERIAL	NOMINAL PIPE SIZE (A)	INCH
1	A65 Ø PIPE	CAST IRON	65A	13/4
2	A40 Ø PIPE	CAST IRON	40A	1 1/2
3	A32 Ø PIPE	CAST IRON	32A	1 1/4
4	A20 Ø PIPE	CAST IRON	20A	3/4
5	A15 Ø PIPE	CAST IRON	15A	1/2

SOLAR WATER HEATER SPECIFICATION WKA LXC 50	
NO	DESCRIPTION
1	CAPACITY 150L
2	SERAPAN KALOR 4,15 KW/m <sup>2</sup> /DAY
3	LUAS PANEL 2m

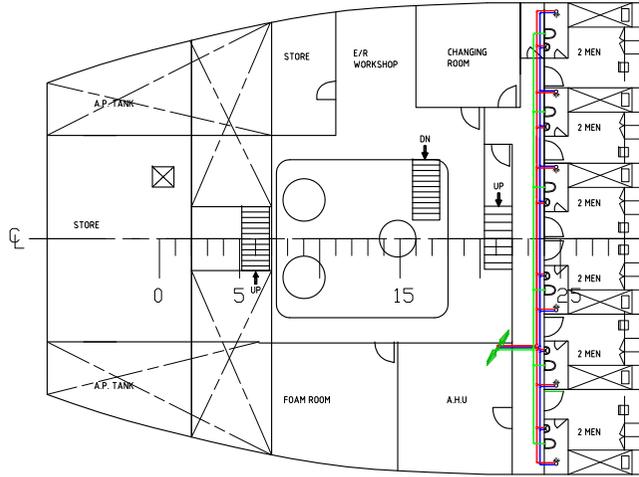


NO	DESCRIPTION	QTY	MATERIAL	SPECIFICATION
TH	THERMOSHON SWH	4	WKA SWH 50L 50°C THERMOSHON PASSIVE TYPE, ELECTRIC HEATER BACK UP	
R1	FW PRESSURE TANK	1	1.0 m <sup>3</sup> X 0.45 MPa C/W F.W. PUMP 2 SETS	
R2	HW PRESSURE TANK	1	0.5 m <sup>3</sup> X 0.45 MPa C/W F.W. PUMP 2 SETS	
R3	SW PRESSURE TANK	1	0.5 m <sup>3</sup> X 0.45 MPa C/W F.W. PUMP 2 SETS	
P1	FW SUPPLY PUMP	2	CAPACITY 5 M <sup>3</sup> /H, DESIGN PRESSURE 4.5 BAR	
P2	HW SUPPLY PUMP	2	CAPACITY 1.3 M <sup>3</sup> /H, DESIGN PRESSURE 4.5 BAR	
P3	SW SUPPLY PUMP	2	CAPACITY 2.5 M <sup>3</sup> /H, DESIGN PRESSURE 4.5 BAR	
SK	GALLEY DISH SINK	1	STAINLESS STEEL	
B	WASH BASIN	16	STAINLESS STEEL	
F	SHOWER FITTING	15	STAINLESS STEEL	
WM	WASHING MACHINE	2	STAINLESS STEEL	10 KG C/W DRYER
T	WASHING TUB	1	STAINLESS STEEL	DEEP BOWL C/W BORN COOL/ROTI WATER TAP #40 WASTE/P TRAP/PLUG AND CHAIN
V1	GATE VALVE	2	CAST IRON	#65A GATE VALVE FITTING, P = 0.6 mpa
V2	GATE VALVE	2	CAST IRON	#18A GATE VALVE FITTING, P = 1 mpa
V3	STOP CHECK VALVE	4	BRASS	#40A STOP CHECK VALVE FITTING, P = 0.6 mpa
V4	STOP CHECK VALVE	1	BRASS	#32A STOP CHECK VALVE FITTING, P = 0.6 mpa
V5	STOP CHECK VALVE	3	BRASS	#25A STOP CHECK VALVE FITTING, P = 0.6 mpa
V6	STOP CHECK VALVE	2	BRASS	#20 STOP CHECK VALVE FITTING, P = 0.6 mpa
V7	STOP CHECK VALVE	2	BRASS	#15A STOP CHECK VALVE FITTING, P = 0.6 mpa
V8	STOP CHECK VALVE	5	BRASS	#18A STOP CHECK VALVE FITTING, P = 0.6 mpa
V9	BALL VALVE	35	BRASS	#15A BALL VALVE FITTING, P = 0.6 mpa
V10	BALL VALVE	16	BRASS	#18A BALL VALVE FITTING, P = 0.6 mpa
V11	BALL VALVE	33	BRASS	#6A BALL VALVE FITTING, P = 0.6 mpa
V12	NON RETURN VALVE	3	BRASS	#40A NON RETURN VALVE FITTING, P = 0.6 mpa
V13	NON RETURN VALVE	1	BRASS	#25A NON RETURN VALVE FITTING, P = 0.6 mpa
V14	NON RETURN VALVE	7	BRASS	#20A NON RETURN VALVE FITTING, P = 0.6 mpa

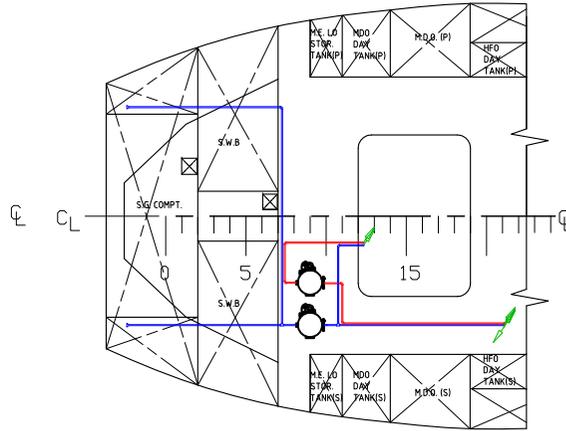
SHIP:		M.T. VANDA 6300 DWT		
TITLE:		DOMESTIC WATER SUPPLY SYSTEM		
OWNER:	NOT SHOWN			
BUILDER:	NOT SHOWN			
CLASS:	B.V. 1 + HULL + MACH FLS TANKER UNRESTRICTED NAVIGATION			
DRAWN:	CHECKED:	APPROVE:	SCALE:	DRAWING NO
			NONE	C4071/P-5
				REV
				0

THIS DOCUMENT AND ALL OF THE CONTAIN IS FOR EDUCATIONAL PURPOSE

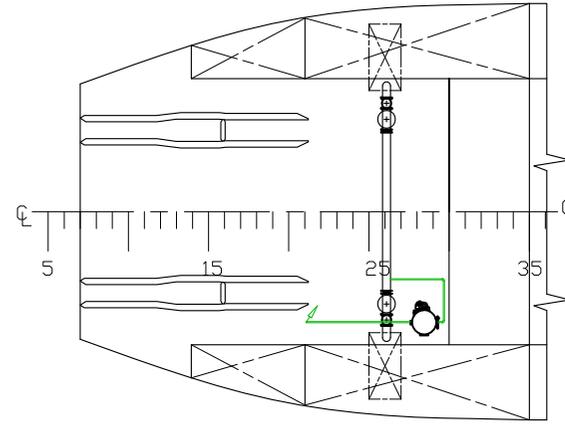
MAIN DECK



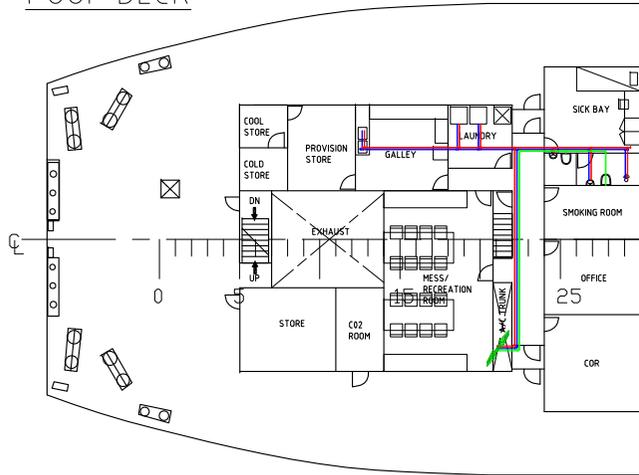
TWIN DECK



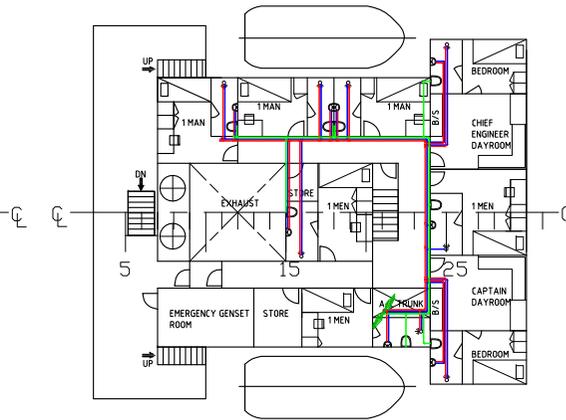
ENGINE ROOM



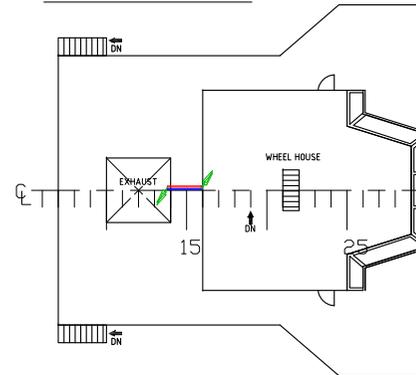
POOP DECK



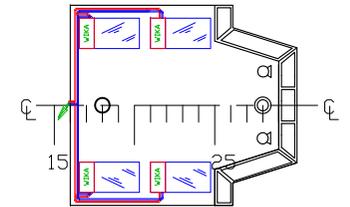
BRIDGE DECK



WHEEL HOUSE



TOP DECK



- : HOT WATER PIPE
- : COLDWATER PIPE
- : SEA WATER PIPE

PRINCIPLE DIMENSION

LOA	: 93.00 M
LBP	: 87.00 M
B	: 17.50 M
H	: 7.20 M
T	: 5.60 M
VS	: 9 KNOT
TYPE	: OIL PRODUCT TANKER

SHIP:		M.T. VANDA 6300 DWT			
TITLE:		LAY OUT ARRANGEMENT DOMESTIC SYSTEM 1/2			
OWNER:					
BUILDER:				YARD NO. PMS2228-2	
CLASS:	B.V. 1 +HULL + MACH FLS TANKER UNRESTRICTED NAVIGATION				
DRAWN:	CHECKED:	APPROVE:	SCALE:	DRAWING NO	REV
			1:25	C4071/P-4	A

THIS DOCUMENT AND ALL OF THE CONTAIN IS FOR EDUCATIONAL PURPOSE