

# Perancangan Instalasi Cooling System pada Kapal Bantu Rumah Sakit Studi Kasus: PT. PAL Indonesia (Persero)

Rr. Yuanita Dewi Saresty, dan Heru Mirmanto

Departemen Teknik Mesin Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

*e-mail:* ardy.navastara@urplan.its.ac.id

**Abstrak**—Saat ini, PT. PAL Indonesia (Persero) sedang memproduksi 2 buah Kapal Bantu Rumah Sakit. Pada sebuah kapal membutuhkan engine sebagai penggerak. Agar kinerja engine tetap optimal, dibutuhkan sistem pendinginan yang sesuai. Proyek akhir ini bertujuan untuk melakukan perancangan pada instalasi pompa pendinginan engine menggunakan dua fluida yaitu fluida fresh water dan juga sea water. Penelitian dilakukan dengan melakukan perhitungan Head efektif, daya, efisiensi, dan pemilihan pompa. Metode penyelesaian yang digunakan adalah melalui perhitungan analitis dan numerik menggunakan software pipe flow expert v7.40. Hasil perhitungan dari perancangan instalasi fresh water,  $Heff = 26,323$  m dengan kapasitas 72 m<sup>3</sup>/h maka dipilih pompa yang sesuai merek Grundfoss TP 80-330/2 dengan daya penggerak pompa sebesar 9,32 kW. Sedangkan pada instalasi sea water,  $Heff = 7,872$  m dengan kapasitas 38 m<sup>3</sup>/h maka dipilih pompa yang sesuai merek Grundfoss TP 65-180/2 dengan daya penggerak pompa sebesar 1,51 kW.

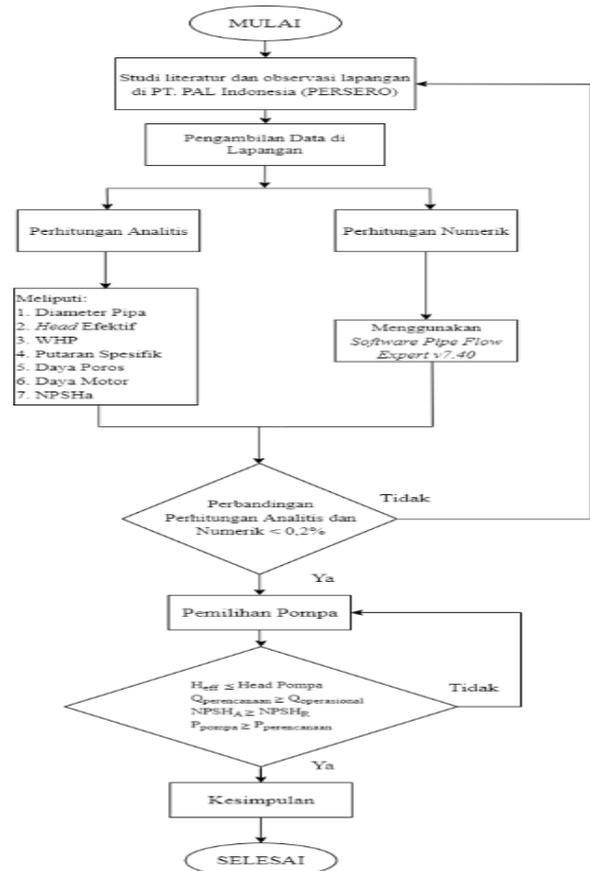
**Kata Kunci**—Daya, Head Efektif, Pemilihan Pompa, Pendinginan Engine Kapal.

## I. PENDAHULUAN

SESUAI data Kementerian Kelautan dan Perikanan, Indonesia memiliki kurang lebih 16.700 pulau. Sekitar 62 persen luas wilayah Indonesia merupakan laut dan perairan, sehingga disebut sebagai negara maritim. Kondisi saat ini, masih banyak pulau-pulau terpencil yang sulit dijangkau, sehingga banyak kebutuhan seperti kebutuhan kesehatan yang belum merata masuk ke daerah tersebut. Dengan demikian dibutuhkan sarana transportasi untuk memudahkan pelayanan kesehatan di pulau-pulau terpencil yang berupa Kapal Bantu Rumah Sakit.

PT. PAL Indonesia (Persero) sebagai salah satu Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang bergerak di bidang maritim khususnya memproduksi alat utama sistem pertahanan Indonesia [1], saat ini sedang memproduksi 2 buah Kapal Bantu Rumah Sakit dengan spesifikasi panjang 124 meter, lebar 21,8 meter, *displacement* 7.290 ton, dan kecepatan maksimum 18 knot. Kapal Bantu Rumah Sakit (BRS) ini akan didistribusikan ke pulau-pulau terpencil khususnya pulau yang kekurangan pelayanan kesehatan.

Pada dasarnya, perancangan sebuah kapal membutuhkan engine sebagai penggerak [2]. Agar kinerja engine tetap optimal dibutuhkan sistem pendinginan yang sesuai secara tertutup (*Marine Closed Cooling System*). Sistem ini terdiri dari dua instalasi pompa, yaitu instalasi pompa *fresh water* dan instalasi pompa *sea water* yang keduanya berinteraksi di *plate heat exchanger*. Sirkulasi pada instalasi pompa *fresh water*, dimulai dari air tawar bertemperatur 90°C yang terdapat pada *expansion tank* selanjutnya dipompakan



Gambar 1. Diagram Alir Perhitungan.

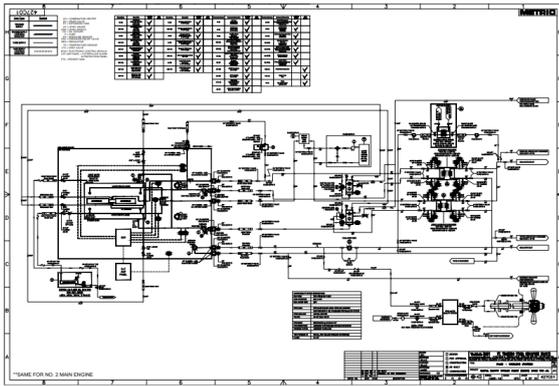
menuju *cylinder block* untuk mendinginkan engine. Setelah keluar, temperatur air tawar naik menjadi 95,9°C, untuk itu diperlukan pendinginan di dalam *heat exchanger* dengan media pendingin air laut bertemperatur 20°C yang di *supply* dari instalasi pompa *sea water*. Penulis tertarik untuk mempelajari kedua instalasinya kemudian diangkat menjadi tugas akhir.

## II. URAIAN PENELITIAN

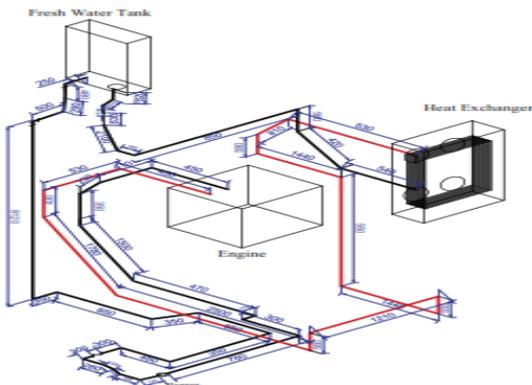
Dalam melakukan perancangan penelitian ini, dilakukan perhitungan secara analitis dan numerik. Perhitungan analitis dilakukan untuk menghitung diameter pipa, Head efektif, WHP, putaran spesifik, daya poros, daya motor dan NPSHa. Dimana setelah adanya hasil, dibandingkan dengan perhitungan numerik. Diagram alir perhitungan dapat dilihat pada Gambar 1.

### A. Studi Literatur

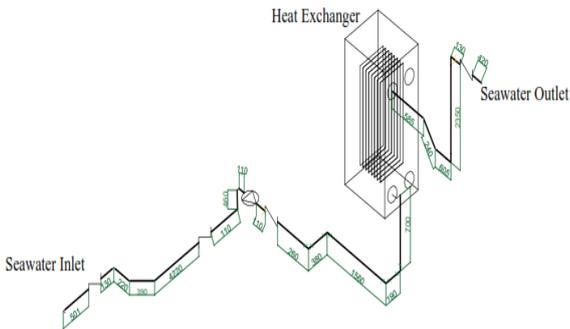
Studi literatur pada penelitian ini bersumber dari buku,



Gambar 2. P&ID Cooling System Kapal Bantu Rumah Sakit .



Gambar 3. Fresh Water Pump Pipeline.



Gambar 4. Sea Water Water Pump Pipeline.

jurnal, dan tugas akhir dari penelitian terkait topik yang sama. Studi literatur dilakukan untuk mengetahui dan memahami teori yang mencakup prinsip kerja pompa secara umum, sistem perpipaan, dan standar yang digunakan, serta persamaan dasar dalam perhitungan pompa.

**B. Instalasi dan Sistem Perpipaan**

Sistem perpipaan dibawah ini merupakan skema kerja *cooling system* pada kapal Bantu Rumah Sakit, dimana digunakan untuk menyalurkan *sea water* dan juga *fresh water*. Maka penulis melengkapi data yang diperlukan yang akan terlampir pada sub bab selanjutnya. P&ID Cooling system kapal bantu rumah sakit dapat dilihat pada Gambar 2.

**C. Instalasi dan Sistem Perpipaan**

Sistem perpipaan yang telah dirancang terdiri atas *fresh water pipeline* dan *sea water pipeline*. Fresh water pump pipeline dapat dilihat pada Gambar 3. Sea water pump pipeline dapat dilihat pada Gambar 4.

Tabel 1. Spesifikasi Data Fluida *Fresh Water*

Jenis Fluida	<i>Fresh Water</i>
Temperatur fluida ( $T_{fluida}$ )	90°C
Massa jenis fluida ( $\rho$ )	965,3 kg/m <sup>3</sup>
Specific Weight ( $\gamma$ )	9469,593 $\frac{N}{m^3}$
Viskositas fluida ( $\nu$ )	3,23 × 10 <sup>-7</sup> $\frac{m^2}{s}$

Tabel 2. Spesifikasi Data Fluida *Sea Water*

Jenis Fluida	<i>Sea Water</i>
Temperatur fluida ( $T_{fluida}$ )	20°C
Massa jenis fluida ( $\rho$ )	1025kg/m <sup>3</sup>
Specific Weight ( $\gamma$ )	10055,25 $\frac{N}{m^3}$
Viskositas fluida ( $\nu$ )	1,05 × 10 <sup>-6</sup> $\frac{m^2}{s}$

Tabel 3. Data Pipa Instalasi *Fresh Water*

Deskripsi	Nilai pada	Nilai pada
	<i>Suction Line</i>	<i>Discharge Line</i>
Panjang Pipa	13,8 m	34,6 m
Diameter Pipa	6 inch	
Material Pipa	<i>Welded Steel Pipe Sch 40</i>	
	Fitting	
Elbow 90°	9	18
Elbow 45°	2	9
Elbow 15°	4	2
Rubber Bellow (Twin Sphere)	1	1
Butterfly Valve	1	1
Reducer	1	1
Branch Tee	1	1
Enlargement	-	2
Gate Valve	-	1
Check Valve	-	1

**D. Properti Data Fluida, Pompa, dan Pipa**

Data fluida yang digunakan pada penelitian ini berdasarkan Tabel 1 untuk *fresh water* dan Tabel 2 untuk *sea water*.

Dari segi pompa, pada penelitian ini menggunakan 2 pompa untuk *fresh water* dengan kapasitas 72 m<sup>3</sup>/h dan *sea water* dengan kapasitas 38m<sup>3</sup>/h. Data pipa instalasi yang digunakan dalam *fresh water* dan *sea water* ini berdasarkan parameter pada Tabel 3 dan Tabel 4. Kemudian pada bagian *engine* dan *plate heat exchanger*, digunakan spesifikasi data *engine* pada Tabel 5 dan data *pressure drop* pada *plate heat exchanger* pada Tabel 6.

**E. Perhitungan**

Dalam menyelesaikan pengerjaan laporan proyek akhir ini, dilakukan perhitungan-perhitungan diantaranya perhitungan diameter pipa (D) kapasitas (Q), kecepatan aliran (V) pada masing-masing instalasi pipa, *Head* instalasi pompa, *Headloss mayor* (H<sub>1</sub>) dan *Headloss minor* (H<sub>lm</sub>), *Net Positive Suction Head Available* (NPSH<sub>A</sub>), putaran spesifik pompa (ns) serta daya pompa yang dibutuhkan dengan menggunakan data yang diperoleh dari perusahaan. Perhitungan pada proyek akhir ini dilakukan secara manual dan dengan *software Pipe Flow Expert*.

Tabel 4.  
Data Pipa Instalasi *Sea Water*

Deskripsi	Nilai pada <i>Suction Line</i>	Nilai pada <i>Discharge Line</i>
Panjang Pipa	6,15 m	8,15 m
Diameter Pipa	6 inch	
Material Pipa	<i>Welded Steel Pipe Sch 40</i>	
Fitting		
Elbow 90	4	6
Elbow 45	2	3
Elbow 15	-	1
Strainer	1	-
Branch Tee	1	1
Reducer	1	-
Gate Valve	1	1
Butterfly Valve	1	3
Rubber Bellow (Twin Sphere)	1	1
Enlargement	-	1

Tabel 5.  
Data *Engine*

Merk	Caterpillar C280 – 16
Jenis	<i>Diesel Engine</i> 4 Langkah
Kecepatan	900 – 1000 rpm
Daya	± 5400 kW
Kapasitas	296 L

Tabel 6.  
Data *Plate Heat Exchanger*

<i>Pressure Drop Air Tawar</i>	0,45 bar
<i>Pressure Drop Air Laut</i>	0,07 bar

Tabel 7.  
Nilai K Total pada Pipa *Suction Instalasi Fresh Water*

Fitting	N	K	N*K
<i>Elbow 90</i>	9	0,45	4,05
<i>Elbow 45</i>	2	0,24	0,48
<i>Elbow 15</i>	4	0,025	0,1
<i>Branch Tee</i>	1	0,9	0,9
<i>Butterfly Valve</i>	1	0,68	0,68
<i>Reducer</i>	1	0,36	0,36
<i>Rubber Bellow (Twin Sphere)</i>	1	1,5	1,5
<b>TOTAL</b>			<b>8,07</b>

F. Pemilihan Pompa

Pemilihan pompa dilakukan setelah mendapatkan hasil perhitungan kapasitas (Q), kecepatan aliran (V), *Head* efektif instalasi ( $H_{eff}$ ), daya pompa dan efisiensi ( $\eta$ ).

G. Sistematika Pembuatan Instalasi Pada Software *Pipe Flow Expert*

Instalasi dan perhitungan menggunakan software *Pipe Flow Expert* dilakukan secara sistematis dengan urutan sebagai berikut [3].

- a. Memilih Satuan
- b. Menggambar Instalasi
- c. Pemilihan diameter *Nominal Pipe Size* (NPS)
- d. Pemilihan Fluida Kerja dan Temperatur Kerja pada Perintah ‘*Fluid*’
- e. Penambahan *Fitting*
- f. Pengaturan Kondisi Batas Reservoir
- g. Penambahan Pompa
- h. Perhitungan *Pipe Flow*

Tabel 8.  
Nilai K Total pada Pipa *Discharge Instalasi Fresh Water*

Fitting	N	K	N*K
<i>Elbow 90</i>	18	0,51	9,18
<i>Elbow 45</i>	9	0,27	2,43
<i>Elbow 15</i>	5	1,5	3
<i>Branch Tee</i>	1	0,9	1,02
<i>Butterfly Valve</i>	1	0,77	0,77
<i>Reducer</i>	1	0,36	0,36
<i>Rubber Bellow (Twin Sphere)</i>	1	1,5	1,5
<i>Enlargement</i>	2	0,13	0,26
<i>Gate Valve</i>	1	0,14	0,14
<i>Check Valve</i>	1	2	2
<b>Total</b>			<b>20,66</b>

Tabel 9.  
Nilai K Total pada Pipa *Suction Instalasi Sea Water*

Fitting	N	K	N*K
<i>Elbow 90</i>	4	0,53	2,21
<i>Elbow 45</i>	2	0,28	0,56
<i>Strainer</i>	1	1,00	1,00
<i>Reducer</i>	1	1,56	1,56
<i>Gate Valve</i>	1	0,14	0,13
<i>Butterfly Valve</i>	1	0,81	0,81
<i>Rubber Bellow</i>	1	1,5	1,5
<b>TOTAL</b>			<b>7,69</b>

Tabel 10.  
Nilai K Total pada Pipa *Discharge Instalasi Sea Water*

Fitting	N	K	N*K
<i>Elbow 90</i>	6	0,53	3,18
<i>Elbow 45</i>	3	0,28	0,84
<i>Elbow 15</i>	1	1,5	1,5
<i>Branch Tee</i>	1	1,08	1,08
<i>Gate Valve</i>	1	0,14	0,14
<i>Butterfly Valve</i>	3	0,81	2,43
<i>Rubber Bellow</i>	1	1,5	1,5
<i>Enlargement</i>	1	0,51	0,51
<i>Check Valve</i>	1	2,2	2,2
<b>TOTAL</b>			<b>13,38</b>

i. Hasil Perhitungan

III. HASIL DAN DISKUSI

A. Diameter Pipa dan Kecepatan Aliran

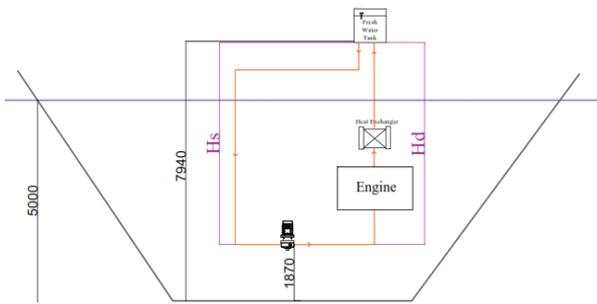
Diketahui pada instalasi *fresh water*,  $Q = 72 \frac{m^3}{h}$ ,  $\bar{V}_s = 1,5 \frac{m}{s}$  dan  $\bar{V}_d = 3 \frac{m}{s}$ , sedangkan pada instalasi *sea water*,  $Q = 38 \frac{m^3}{h}$  dan  $\bar{V} = 2,5 \frac{m}{s}$ . Dilakukan perhitungan diameter pipa baru menggunakan persamaan:

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times \bar{V}}} \tag{1}$$

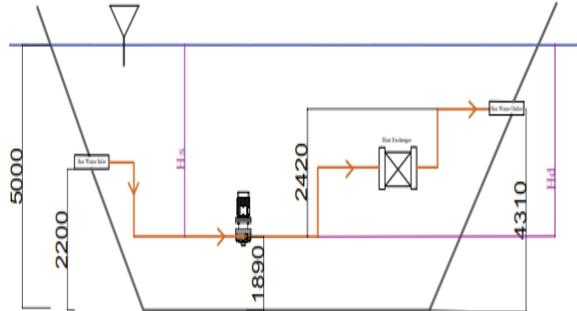
Lalu ditemukan hasil untuk aliran *fresh water* pada pipa *suction*  $D = 150$  mm (6”) dengan *internal diameter* 0,154 mm dan pipa *discharge*  $D = 100$  mm (4”) dengan *internal diameter* 0,102 mm. Sedangkan untuk aliran *sea water*  $D = 80$  mm (3”) dengan *internal diameter* 0,0779 mm.

Kemudian dilakukan perhitungan kecepatan aliran menggunakan *internal diameter* pipa baru dengan persamaan:

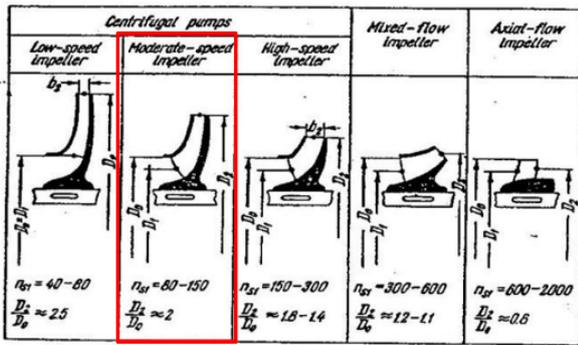
$$\bar{V} = \frac{4 \times Q}{\pi \times D^2} \tag{2}$$



Gambar 5. Head Efektif Instalasi Fresh Water.



Gambar 6. Head Efektif Instalasi Sea Water



Gambar 7. Putaran Spesifik Impeller.

Sehingga ditemukan hasil untuk aliran fresh water,  $\bar{V}_s = 1,07 \frac{m}{s}$  dan  $\bar{V}_d = 2,44 \frac{m}{s}$ . Sedangkan untuk aliran sea water,  $\bar{V} = 2,21 \frac{m}{s}$ .

**B. Headloss Mayor**

Nilai f dapat dicari dengan melakukan iterasi colebrook-white pada excel, menggunakan persamaan:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2.0 \log \left( \frac{e/D}{3,7} + \frac{2,51}{Re \cdot \sqrt{f}} \right) \quad (3)$$

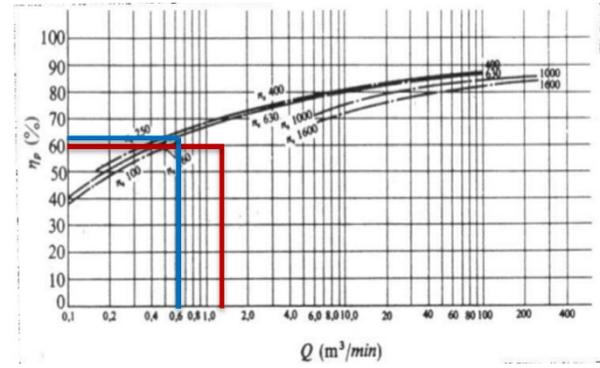
$$H_l = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2.g} \quad (4)$$

Ditemukan hasil pada instalasi fresh water,  $H_{ls} = 0,08 m$  dan  $H_{ld} = 1,76 m$ . Sedangkan pada instalasi sea water,  $H_{ls} = 0,38 m$  dan  $H_{ld} = 0,51m$ .

**C. Headloss Minor**

$$H_{lm} = K \times \frac{\bar{V}_s^2}{2g} \quad (5)$$

Ditemukan hasil pada instalasi fresh water,  $H_{lms} = 0,47 m$  dan  $H_{lmd} = 6,3 m$ . Sedangkan pada instalasi sea water,  $H_{lms} = 1,92 m$  dan  $H_{lmd} = 3,34 m$ . Nilai K Total pada Pipa Suction Instalasi Fresh Water



Gambar 8. Grafik Hubungan antara Kapasitas dengan Efisiensi.

Tabel 11. Faktor Cadangan

Jenis Penggerak	$\alpha$
Motor Induksi	0,1 – 0,2
Motor Bakar Kecil	0,15 – 0,25
Motor Bakar Besar	0,1 – 0,2

Tabel 12. Efisiensi Transmisi

Jenis Transmisi	$\eta_t$	
Sabuk Rata	0,9 – 0,3	
Sabuk-V	0,95	
Roda Gigi	Lurus Satu Tingkat	0,92 – 0,95
	Miring Satu Tingkat	0,95 – 0,98
	Kerucut Satu Tingkat	0,92 – 0,96
Kopling Hidrolik	Planiter Satu Tingkat	0,95 – 0,98
		0,95 – 0,97

Dapat dilihat pada Tabel 7. Nilai K Total pada Pipa Discharge Instalasi Fresh Water dapat dilihat pada Tabel 8. Nilai K Total pada Pipa Suction Instalasi Sea Water dapat dilihat pada Tabel 9. Nilai K Total pada Pipa Discharge Instalasi Sea Water dapat dilihat pada Tabel 10.

**D. Headloss Total**

$$\sum H_{LT} = H_l + H_{lm} \quad (6)$$

Adapun penambahan headloss dihitung dari pressure head engine dan heat exchanger. Maka ditemukan hasil pada instalasi fresh water,  $\sum H_{LT} = 23,936 m$  dan pada instalasi sea water  $\sum H_{LT} = 7,15 m$ .

**E. Head Efektif Instalasi Fresh Water**

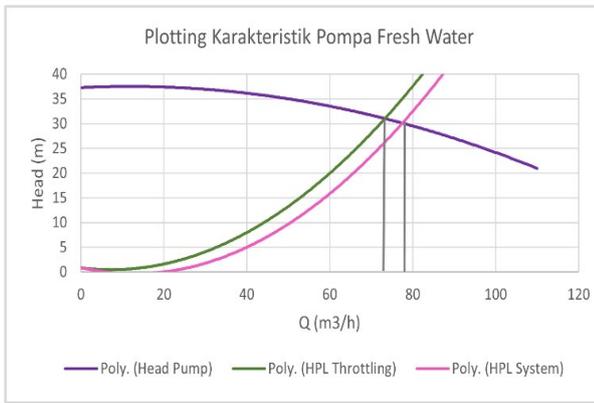
$$H_{eff} = H_{st} + H_{dyn}$$

$$H_{eff} = \left( \frac{P_2 - P_1}{\gamma} \right) + (z_2 - z_1) + \left( \frac{V_2^2 - V_1^2}{2.g} \right) + \sum H_{LT} \quad (7)$$

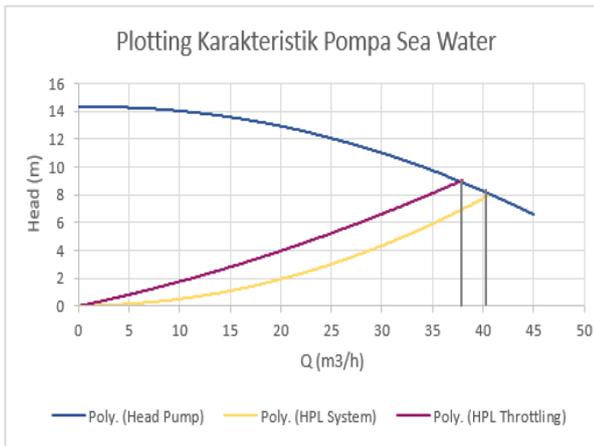
Ditemukan hasil perhitungan pada instalasi fresh water,  $H_{eff} = 23,936 m$  dan pada instalasi sea water,  $H_{eff} = 7,157 m$ . Head Efektif Instalasi Fresh Water dapat dilihat pada Gambar 5. Head Efektif Instalasi Sea Water dapat dilihat pada Gambar 6.

**F. Perhitungan Numerik**

Didapatkan besar Head dari software pipe flow expert, untuk instalasi fresh water  $H = 23,930 m$  dan instalasi sea water  $H = 7,158 m$ . Kemudian dilakukan perbandingan hasil dengan persamaan:



Gambar 9. Plotting Karakteristik Pompa Fresh Water.



Gambar 10. Plotting Karakteristik Pompa Sea Water.

$$\text{Perbandingan Hasil} = \left| \frac{H_{eff} - H_{eff}^{PFE}}{H_{eff}} \right| \times 100\%$$

Selisih perbandingan hasil dari perhitungan analitis dan numerik untuk instalasi fresh water sebesar 0,02% dan untuk instalasi sea water sebesar 0,01%.

G. Security Factor Head

Diasumsikan perhitungan Head menggunakan safety factor sebesar 10%. Sehingga pada instalasi fresh water  $H = 26,32\text{ m}$  dan pada instalasi sea water  $H = 7,87\text{ m}$ .

H. Daya Fluida

$$WHP = \gamma \times Q \times H \tag{8}$$

Ditemukan hasil pada instalasi fresh water  $WHP = 4,98\text{ kW}$  dan pada instalasi sea water  $WHP = 0,83\text{ kW}$ .

I. Putaran Spesifik Pompa

$$n_s = \frac{3,65 \times n \times Q^{1/2}}{H^{3/4}} \tag{9}$$

Ditemukan hasil pada instalasi fresh water  $n_s = 131,03\text{ rpm}$  dan pada instalasi sea water  $n_s = 143,61\text{ rpm}$ . Putaran Spesifik Impeller dapat dilihat pada Gambar 7.

J. Daya Poros

$$P_{shaft} = \frac{WHP}{\eta_p} \tag{10}$$

Ditemukan hasil pada instalasi fresh water  $P_{shaft} = 8,30\text{ kW}$  dan pada instalasi sea water  $P_{shaft} = 1,34\text{ kW}$ .

Grafik Hubungan antara Kapasitas dengan dapat dilihat pada Gambar 8.

K. Daya Motor

$$P_m = \frac{P_{shaft}(1 + \alpha)}{\eta_t} \tag{11}$$

Ditemukan hasil pada instalasi fresh water  $P_m = 9,32\text{ kW}$  dan pada instalasi sea water  $P_m = 1,51\text{ kW}$ . Faktor Cadangan dapat dilihat pada Tabel 11. Efisiensi Transmisi dapat dilihat pada Tabel 12.

L. Rekomendasi Pemilihan Pompa

Dari hasil plotting pompa universal berdasarkan Head dan kapasitas serta mempertimbangkan daya dan putaran pompa, maka dapat dipilih pompa dengan spesifikasi dibawah ini [4].

1. Untuk instalasi fresh water:

1. Jenis Pompa: Centrifugal Pump
2. Merek: Grundfoss Close Couple Single Stage Vertical Pump
3. Putaran: 2930 rpm
4. Model: TP 80-330/2 A-F-A-BAQE-NX1
5. Kapasitas: 78,05 m³/h
6. Total Head: 30,45 m
7. Daya Motor: 11 kW
8. NPSH<sub>R</sub>: 3,23 m

2. Sedangkan untuk instalasi sea water:

1. Jenis Pompa: Centrifugal Pump
2. Merek: Grundfoss Close Couple Single Stage Vertical Pump
3. Putaran: 2918 rpm
4. Model: TP 65-180/2 A-F-B-BQBE-HX1
5. Kapasitas: 40,73 m³/h
6. Total Head: 7,871 m
7. Daya Motor: 1,5 kW
8. NPSH<sub>R</sub>: 2,83 m

M. Plotting Karakteristik Pompa

Gambar 10 merupakan karakteristik pompa yang dipilih kemudian diplotkan dengan Head pipeline, maka titik kerja pompa terletak pada garis merah muda di Gambar 9 dan garis kuning di Gambar 10. Agar diperoleh kapasitas yang diinginkan, maka Head pipeline dilakukan throttling. Hasil dari throttling dapat dilihat pada garis hijau di Gambar 9 dan garis berwarna ungu pada Gambar 10.

N. Net Positive Suction Head Available (NPSH<sub>A</sub>)

$$NPSH_A = \frac{P_a - P_v}{\gamma} + h_s - \sum H_{ls} \tag{12}$$

Ditemukan hasil pada instalasi fresh water  $NPSH_A = 9,67\text{ m}$  dan pada instalasi sea water  $NPSH_A = 8,15\text{ m}$ . Kedua instalasi tersebut aman terhadap kavitasi karena memenuhi persyaratan dimana  $NPSH_A > NPSH_R$ .

IV. KESIMPULAN/RINGKASAN

Berdasarkan hasil diatas, maka dapat disimpulkan:(1) Pada instalasi fresh water, diameter pipa suction sebesar 150 mm (6") dan diameter pipa discharge sebesar 100 mm (4") dengan jenis pipa Steel Sch 40. Pada perhitungan analitis  $H_{eff} = 23,936\text{ m}$  sedangkan pada perhitungan numerik  $H_{eff} = 23,930\text{ m}$  sehingga selisih perbandingan hasil

sebesar 0,02%. Dengan  $Q = 72 \frac{m^3}{h}$  dan  $H = 26,32 m$  dipilih pompa yang sesuai yaitu pompa sentrifugal merek *Grundfoss* TP 80-330/2 dengan daya penggerak pompa sebesar 9,32 kW;(2) Pada instalasi *sea water*, diameter pipa *suction* dan *discharge* sebesar 80 mm (3") dengan jenis pipa *Steel Sch 40*. Pada perhitungan analitis  $H_{eff} = 7,157 m$  sedangkan pada perhitungan numerik  $H_{eff} = 7,158 m$  sehingga selisih perbandingan hasil sebesar 0,01%. Dengan  $Q = 38 \frac{m^3}{h}$  dan  $H = 7,87 m$  dipilih pompa yang sesuai yaitu pompa sentrifugal merek *Grundfoss* TP 65-180/2 dengan daya penggerak pompa sebesar 1,51 kW.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ucapkan terimakasih kepada PT. PAL Indonesia

(Persero) atas bantuan dan kepercayaan yang telah diberikan yang telah memberikan ilmunya dan membantu kebutuhan fasilitas selama masa perkuliahan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] PT. PAL Indonesia (Persero), "Company Profile Surabaya," *PT. PAL Indonesia (Persero)*, 2020.
- [2] A. Zuhdi, M. Fathallah, W. Busse, and F. R. Clausthaldi, "Fluid flow analysis of jacket cooling system for marine diesel engine 93 kw," *International Journal of Marine Engineering Innovation and Research*, vol. 1, no. 2, pp. 2548–1479, 2017.
- [3] Pipe Flow Software, "Pipe Flow Expert." Pipe Flow Software, 2010. [Online]. Available: [www.pipeflow.co.uk](http://www.pipeflow.co.uk)
- [4] PT. Lukes Indonesia, *Grundfos Pompa Rumah Tangga*. Jakarta: PT. Lukes Indonesia.