

# PEMILIHAN SPESIFIKASI POMPA PADA SISTEM PERPIPAAN DOCKWELL BALLAST UNTUK PROSES UNLOADING KAPAL LCU (LANDING CRAFT UTILITY) PADA KAPAL LPD (LANDING PLATFORM DOCK)

Fathullah Inzagi<sup>1\*</sup>, Priyo Agus Setiawan<sup>2</sup>, Heroe Poernomo<sup>3</sup>

PT. PAL Indonesia, Surabaya, Indonesia<sup>1</sup>

Program studi D-IV Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia<sup>2</sup>

Program studi D-IV Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia<sup>3</sup>

Email: [fathullahinzagi@student.ppns.ac.id](mailto:fathullahinzagi@student.ppns.ac.id)<sup>1</sup>; [priyo.as@ppns.ac.id](mailto:priyo.as@ppns.ac.id)<sup>2</sup>; [heroep@ppns.ac.id](mailto:heroep@ppns.ac.id)<sup>3</sup>

**Abstract** – The LPD (Landing Platform Dock) ship is equipped with 2 units of LCU (Landing Craft Utility) for military troop landing missions and humanitarian rescue. The process of submerging and refloating the LCU transport deck is through the process of filling and draining seawater in the right side shipyard well water tank (s) and the left side (p). The total volume of the borehole water tank = 2131.4 m<sup>3</sup> is filled for sinking and draining the LCU flotation on the LPD ship. The filling and draining process takes 4-5 hours, but after the LPD ship was handed over to the Philippine Navy, there was an evaluation and request for an acceleration of the time for filling and draining the ballast tanks which was originally 4-5 hours to <3 hours with the discharge the owner wants is 900 m<sup>3</sup>/hour. obtained the design specifications for the ILNE 300/330A pump with a calculated pump head of 10.89 m and a pump power of 36.6 kW.

**Keyword:** pump head, pump power, selection of pump specification

## Nomenclature

<b>ID</b>	Inside diameter (mm)
<b>Q</b>	Flow rate (m <sup>3</sup> /s)
<b>V</b>	Flow velocity (m/s)
$\pi$	phi
<b>Re</b>	Reynolds number
<b>v</b>	kinematic viscosity (mm <sup>2</sup> /s)
<b>f</b>	Friction factor
<b>g</b>	Acceleration of gravity (m/s <sup>2</sup> )
$\eta$	Efficiency (%)
<b>Hl</b>	Total head loss mayor & minor (m)
<b>Hp</b>	Head pressure (m)
<b>Hf</b>	Headloss mayor
<b>Hm</b>	Headloss minor
$H_p$	Friction loss in the pump (m)
<b>Hv</b>	Velocity head (m)
$\Delta Z$	Static heads (m)
<b>K</b>	Coefficient in pipe joints
$\rho$	Water density (kg/m <sup>3</sup> )
<b>P</b>	Pump power (kW)
<b>L</b>	Length of pipe (m)

## 1. PENDAHULUAN

Kapal perang LPD adalah kapal yang mengangkut kapal kecil yaitu kapal LCU (Landing Craft Utility) yang merupakan kapal serbu milik angkatan laut Indonesia. Pada proses penggunaan kapal LPD antara lain menggunakan sistem loading and unloading untuk memasukkan kapal LCU tersebut. Maka untuk proses loading and unloading tersebut dibutuhkan sistem

perpipaan ballast yang terhubung dari sea chest ke tanki untuk loading LCU dan dari tanki ke overboard untuk unloading kapal LCU.

Pipa ballast ditempatkan di tanki ceruk buritan (after peak), tanki ceruk haluan (fore peak) dan tanki double bottom. Pada saat loading kapal LCU, terdapat proses loading dimana pada sistemnya menggunakan sistem ballast pada pengisian volume tanki water ballast kapal. Ketika ramp door bagian buritan kapal sudah terbuka, dan tanki sudah diisi dengan bantuan tekanan pompa yang diambil dari sea chest air laut ke dalam tanki ballast kapal LPD yang terhubung dengan pipa, maka otomatis bagian buritan kapal tersebut tenggelam sampai titik dimana kapal LCU dapat masuk dan keluar kapal LPD. Ketika kapal LCU sudah masuk maka selanjutnya adalah proses unloading, dimana ketika kapal LCU sudah masuk maka ramp door pada buritan kapal tersebut ditutup. Setelah itu pengurusan pada tanki water ballast untuk mengurangi fluida pada volume tanki dan berfungsi agar kapal bisa seimbang pada posisi semula dan bagian buritan kapal terangkat pada batas ketentuan ketinggian garis water line kapal.

Pada saat melaksanakan On The Job Training di PT.DOCK Surabaya. Philippine Navy sebagai owner kapal perang LPD meminta pembuatan desain ballast kapal baru LPD kepada PT.DOCK Surabaya karena adanya waktu yang dibutuhkan adalah 4-5 jam saat proses loading and unloading kapal LCU, sehingga pihak owner atau TNI AL menginginkan perencanaan desain sistem ballast saat loading and unloading LCU pada kapal LPD dengan waktu loading and unloading adalah kurang dari 3 jam supaya lebih efisien. Dari owner menginginkan debit yang dibutuhkan adalah 900 m<sup>3</sup>/jam. Penulis membuat kajian yang meliputi kebutuhan spesifikasi

material, komponen sistem ballast, dan perhitungan kalkulasi desain. Maka peneliti membuat desain sistem perpipaan *dockwell ballast* dan spesifikasi pompa yang dibutuhkan pada kapal LPD sesuai permintaan owner kapal.

## 2. METODOLOGI

### 2.1 Diameter pipa utama dan cabang

Pada desain awal untuk sistem *dockwell ballast* kapal LPD dilakukan perhitungan diameter pipa utama dan cabang dengan menggunakan Persamaan (1) dan (2) dengan menggunakan nilai kecepatan maksimal aliran sebesar 3 m/s dengan material *steel galvanized* yang dijelaskan pada [6].

Tabel 1. *Maximum velocity for galvanized steel*

Material	velocity
Galvanized steel	3.0 m/s
Aluminium brass	3.0 m/s
90/10 copper-nickel-iron	3.5 m/s
70/30 copper-nickel	5.0 m/s

$$ID_{utama} = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V}} \quad (1)$$

$$ID_{cabang} = \sqrt{\frac{4Q}{2\pi V}} \quad (2)$$

### 2.2 Kecepatan aliran, nilai reynold dan friction faktor

Selanjutnya adalah mencari kecepatan aliran pada pipa dan menghitung nilai *reynold* serta *friction faktor* menggunakan Persamaan (3) dan (4).

$$Velocity (m/s) = \frac{Q (debit (m^3/jam))}{A (luas permukaan (m^2))} \quad (3)$$

$$RE = \frac{V \times D}{\nu} \quad (4)$$

Untuk nilai *reynold number* viskositas kinematis air laut sesuai [3] yang digunakan adalah  $0,801 \times 10^{-6} m^2/s$ .

Nilai *friction factor* di dapat dari *moody diagram* dengan hasil pertemuan garis pada nilai *e/d* dengan nilai *Reynold number*, berdasarkan [5] nilai *e* yang digunakan dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2 nilai *e* (*absolute roughness* pada material *galvanized iron*)

Pipeline Material	Absolute Roughness, e (mm)
Cast iron with asphalt lining	0.12
Galvanized iron	0.15
Cast iron	0.25
Wood stave	0.18-0.9
Concncrate	0.3-3.0
Riveted steel	0.9-9.0

### 2.3 Perhitungan headloss mayor dan minor.

Perhitungan *headloss* mayor dan minor diambil dari nilai pipa terpanjang pada saat pengurusan *dockwell water tank* dengan Persamaan (5) dan (6).

$$H_f = f \frac{L \times V^2}{D \times 2 \times g} \quad (5)$$

$$H_m = \frac{K \times V^2}{2 \times g} \quad (6)$$

### 2.4 Perhitungan head pompa dan daya pompa

Perhitungan *head* pompa dan daya pompa dijelaskan pada [2], [7] dengan menggunakan Persamaan (7) dan (8).

$$H_{pump} = Hl + Hp + Hv + \Delta Z \quad (7)$$

$$Daya pompa = \frac{\rho \times g \times H_{pump} \times Q}{\eta} \quad (8)$$

### 2.5 pemilihan pompa

Pemilihan pompa di ambil dari curva pompa dengan pembacaan *flow rate/debit* yang digunakan dan *head* pompa yang telah di hitung, maka di dapatkan type pompa dan spesifikasi pompa.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Perhitungan diameter pipa utama dan pipa cabang

Berikut merupakan perhitungan diameter pipa utama dan pipa cabang.

Diketahui :

$$Q = 900 \frac{m^3}{jam} \approx 0.25 m^3/s$$

$$V = 3 m/s$$

$$D_{utama} = \sqrt{\frac{4 \times 0.25}{3.14 \times 3}} = 0,325 m \approx 325 mm$$

$$D_{cabang} = \sqrt{\frac{4 \times 0.25}{2 \times 3 \times 3.14}} = 0,230 m \approx 230 mm$$

Berdasarkan data diameter dalam pipa tersebut, dipilih diameter pipa berdasarkan standart JIS (Japanese Industrial Standarts) sesuai dengan [8].

Tabel 3. Hasil ukuran pipa yang akan digunakan pada diameter pipa utama.

Item	mm
Nominal Pipe Size	350
Internal Diameter	339,5
Outside Diameter	355,6
Thickness	7,9

Tabel 4. Hasil ukuran pipa yang akan digunakan pada diameter pipa cabang.

Item	mm
Nominal Pipe Size	250
Internal Diameter	254,2
Outside Diameter	267,4
Thickness	6,6

### 3.2 Perhitungan kecepatan aliran pipa utama dan pipa cabang

Diketahui:

$$Q = 0.25 m^3/s$$

$Q = 0.125 m^3/s$  (dikarenkan pipa bercabang menjadi 2 maka debit utama dibagi 2)

$$ID_{utama} = 339,5 mm$$

$$ID_{Pcabang} = 254,2 mm$$

$$Q = V \times A$$

$$V_{Putama} = \frac{0.25}{\left(\frac{1}{4} \times \pi \times 0,3395\right)} = 2,76 \text{ m/s}$$

Jadi kecepatan aliran di pipa utama adalah 2,76 m/s

$$V_{Pcabang} = \frac{0.125}{\left(\frac{1}{4} \times \pi \times 0,2542\right)} = 2,46 \text{ m/s}$$

Jadi kecepatan aliran di pipa cabang adalah 2,46 m/s

### 3.2 Perhitungan Reynold Number dan friction factor pada pipa utama dan pipa cabang

Diketahui harga viskositas kinematis air laut adalah  $0.801 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ .

$$ID_{utama} = 339,5 \text{ mm}$$

$$ID_{Pcabang} = 254,2 \text{ mm}$$

$$Re_{utama} = \frac{2,76 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 0,3395 \text{ m}}{0.801 \times 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}}$$

$$Re_{utama} = 1169812$$

Jadi hasil nilai Reynold number pada pipa utama adalah 1169812, karena nilai  $Re > 3000$  maka alirannya turbulen

$$Re_{cabang} = \frac{2,46 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 0,2542 \text{ m}}{0.801 \times 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}}$$

$$Re_{cabang} = 780689$$

hasil nilai Reynold number pada pipa utama adalah 780689, karena nilai  $Re > 3000$  maka alirannya turbulen

-Perhitungan friction factor ditentukan oleh nilai Re dan nilai e/d

Diketahui:

$$\text{Nilai Re pipa utama} = 1169812$$

$$\text{Nilai Re pipa cabang} = 780689$$

$$\text{Nilai e/d pipa utama} = 4,4 \times 10^{-4}$$

$$\text{Nilai e/d pipa cabang} = 5,9 \times 10^{-4}$$

Jadi nilai friction factor pada pipa utama dan pipa cabang masing2 adalah 0.016 dan 0.017.

### 3.3 Perhitungan headloss mayor

Head loss mayor pada line L0034-350 panjang pipa utama  $\varnothing 339,5 \text{ mm} = 6.3 \text{ m}$

$$h_L = f \frac{L \times V^2}{d \times 2g}$$

$$h_L = 0,016 \times \frac{6.3 \text{ m} \times (2.76)^2 \text{ m/s}}{0.3395 \text{ m} \times 2 \times 9,8 \text{ m/s}^2}$$

$$h_L = 0,11 \text{ m}$$

Head loss mayor pada line L0007-250-1 panjang pipa cabang  $\varnothing 254,2 \text{ mm} = 19,2 \text{ m}$

$$h_L = f \frac{L \times V^2}{d \times 2g}$$

$$h_L = 0,017 \times \frac{19,2 \text{ m} \times (2.46)^2 \text{ m/s}}{0.2542 \text{ m} \times 2 \times 9,8 \text{ m/s}^2}$$

$$h_L = 0,39 \text{ m}$$

### 3.4 Perhitungan head loss minor

Pada perhitungan head loss minor diketahui nilai K dari masing-masing jenis nilai fitting yang dijelaskan pada [1].

Tabel 5. Nilai K Fittings

Komponen	Nilai K
Elbow 90°LR, Flanged	0.2
Elbow 45°LR, Flanged	0.2
Line Flow Tee, Flanged	0.2
Branch Flow Tee, Flanged	0.3
Butterfly Valve, Fully Open	1.5
Swing check Valve	2

Head loss minor pada line L0034-350 adalah

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

Tabel 6. Nilai Head loss minor pada line L0034-350

Line Namber	Fittings	n x K	V (m/s)	Hm (m)
L0034-350	Elbow 90	0.2	2.76	0,66
	Butterfly valve	1.5		

Kerugian minor pada line L0034-350-1 adalah 0,6 m

Tabel 7. Nilai Head loss minor pada line L0007-250-1

Line Namber	Fittings	n x K	V (m/s)	Hm (m)
L0007-250-1	Elbow 90	0.2	2.46	0.61
	Tee Branch	0.3		
	Butterfly valve	1.5		

Untuk total head loss mayor dan minor pada sistem Dockwell ballast di semua line number adalah 5,82 m

### 3.5 Perhitungan head pompa

Perhitungan head pompa adalah penjumlahan dari semua total head yang dibutuhkan di sistem

$$H_{pump} = H_L + H_p + H_v + \Delta Z$$

Diketahui:

$H_L$  = total head loss mayor dan minor (5.82 m)

$H_p$  = Head tekanan 0 m, dikarenakan tanki adalah terbuka

$H_v$  = Head Kecepatan

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

$$H_v = \frac{2.76^2 - 2.46^2}{2 \times 9.8}$$

$$H_v = 0.07 \text{ m}$$

Jadi nilai head kecepatan (Hv) adalah 0.07 m

$\Delta Z$  = Tinggi akhir 5 m (dari poros pompa ke lwl)

Setelah semua nilai head sudah diketahui maka nilai head total pompa adalah 10.89 m.

$$H_{pump} = 5.82 + 0 + 0.07 + 5$$

$$H_{pump} = 10.89 \text{ m}$$

### 3.6 Perhitungan daya pompa

Pada perhitungan daya pompa diketahui parameter-parameter sebagai berikut:

$$\rho = \text{massa jenis air } 998.5 \text{ kg/m}^3$$

$$g = \text{percepatan gravitasi } 9.8 \text{ m/s}^2$$

$$H = \text{Head pompa } 10.89 \text{ m}$$

$$Q = 0.25 \text{ m}^3/\text{s}$$

$\eta$  = Efisiensi Pompa (77.3%) – hasil diameter impeller dari curva spesifikasi pompa yang digunakan.

$$P = \frac{\rho \times g \times H \times Q}{\eta}$$

$$P = \frac{998.5 \times 9.8 \times 10.89 \times 0.25}{77.3}$$

$$P = 34.4 \text{ kW}$$

### 3.7 Pemilihan spesifikasi pompa

Pemilihan pompa di lakukan terlebih dahulu dengan menggunakan selection chart milik perusahaan manufaktur pompa lowara dan KSB yang sesuai dengan [4]

Dengan data *flow rate* dan *head* yang dibutuhkan oleh pompa yaitu masing- masing sebesar  $900 \text{ m}^3/\text{jam}$  dan  $10.89 \text{ m}$  maka didapatkan pompa jenis KSB ILNE-300/330A dengan *efficiency* 77.3% .

## 4. KESIMPULAN

Dari hasil pengolahan dan analisa data dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut: Parameter yang memiliki pengaruh terhadap pemilihan spesifikasi pompa adalah sebagai berikut.

Berdasarkan hasil kalkulasi desain *dockwell ballast* didapatkan *head* pompa sebesar  $10.89 \text{ m}$  dan spesifikasi pompa yaitu ILNE-300-330A dengan *efficiency* 77.3% diameter impeller 308 mm.

Berdasarkan hasil kalkulasi desain jika debit yang digunakan semakin kecil maka diameter pipa yang di rekomendasikan juga semakin kecil, sama dengan nilai *head* pompa dan spesifikasi pompa akan rendah jika kebutuhan debit yang diinginkan juga rendah mengingat dari segi ekonomis dan teknis, jika makin besar debit yang dibutuhkan maka semakin cepat aliran fluidanya dalam mengalirkan fluida dan biayanya juga sedikit mahal dari pada debit yang kecil dengan *flow rate* yang kecil juga dari segi ekonomis mungkin lebih rendah biayanya dibandingkan dengan debit yang besar.

## 5. PUSTAKA

- [1] Esposito, A. (2003). *Fluid Power with Application*, (sixth).
- [2] Karassik, I. J. (2011). *Pump Handbook*.
- [3] KSB. (2005). *Selecting Centrifugal Pumps*. <http://www.ksb.com/linkableblob/ksb->

[en/1549040-408445/data/Selecting-Centrifugal-Pumps-data.pdf](http://www.ksb.com/linkableblob/ksb-en/1549040-408445/data/Selecting-Centrifugal-Pumps-data.pdf)

- [4] KSB. (2020). ILN / ILNC / ILNR Type Series Booklet.
- [5] Liu, H. (2017). Pipeline engineering (2004). In *Pipeline Engineering (2004)*. <https://doi.org/10.1201/9780203711019>
- [6] Lloyds Register. (2016). Rules and Regulations for the Classification of Special Service Craft (pp. 894–895).
- [7] Sularso, & Tahara, H. (2004). POMPA DAN KOMPRESSOR (Pemilihan, Pemakaian, dan Pemeliharaan).
- [8] Robert, B., & Brown, E. B. (2004). *JIS HANDBOOK* (Issue 1, pp. 1–14).