

Perancangan *Ballast Piping System* Pada Kapal *Ro-Ro Passenger* 146 M

Ikrom Tri Mahdi^{1*}, Bambang Antoko^{2*}, Ekky Nur Budiyanto^{3*}

D4-Teknik Permesinan Kapal, Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia^{1*}

D4-Teknik Permesinan Kapal, Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia^{2*}

D4-Teknik Permesinan Kapal, Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia^{3*}

Email: ikromtri_mahdi@student.ppns.ac.id^{1*}; bambangantoko@ppns.ac.id^{2*}; ekky@ppns.ac.id^{3*};

Abstract - The way ballast system works in general is to fill the ballast tank located at double bottom with seawater taken from the sea chest. The sea water is sucked up by ballast pump through main pipeline and branch pipes. In addition there is a valve that functions as opening and closing of the flow, and the overboard as a drain which is above the ship's draft. On this ship, the function of a cargo ship is changed to a passenger ship. Because there was a change in the equipment in engine room, it required a re-design of the ballast system. The design of this system follows the recommendations from BKI 2022 Volume III of the Machinery Installation Regulations. The design of the ballast system piping uses a ring main type, in the form of PID design and isometric design. The total length of pipe is 241 meters with details of 165,6 meters for the main pipe and 75,4 meters for the branch pipe. Using the type of galvanized steel material with ASTM A795 standards. The nominal diameter used of this system is based on calculations, namely 250 mm for the main pipe and 90 mm for the branch pipe.

Keyword: ballast, ring main, PID, isometric, galvanized steel.

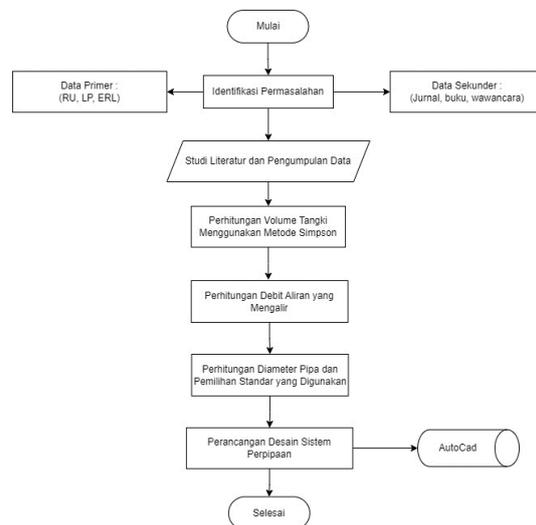
1. PENDAHULUAN

Cara kerja sistem *ballast* secara umum adalah mengisi tangki *ballast* yang berada di *double bottom* dengan air laut yang diambil dari *sea chest* atau kotak laut. Air laut tersebut disedot oleh pompa *ballast* melalui saluran pipa utama dan pipa cabang. Selain itu terdapat katup juga yang berfungsi sebagai pembuka dan penutup aliran, dan *overboard* sebagai saluran pembuangan air *ballast* pada lambung kapal yang berada di atas sarat kapal. Pada objek penelitian ini terdapat penggantian fungsi kapal dari kapal kargo menjadi kapal penumpang. Pada penggantian fungsi kapal tersebut terdapat perubahan *equipment* pada kamar mesin yang juga berpengaruh terhadap sistem *ballast*, sehingga memerlukan perancangan sistem *ballast* ulang. Pada penelitian ini dilakukan perancangan perpipaan sistem *ballast* pada kapal penumpang dengan panjang 146 M. Perancangan ini berdasarkan pada desain rancangan umum dan denah kamar mesin yang baru. Pada perancangan mengikuti rekomendasi dari BKI 2022 Volume III Peraturan Instalasi Mesin Bab 11 untuk sistem *ballast*. Perancangan dimulai dengan menentukan tipe sistem *ballast* yang akan digunakan. Kemudian menentukan total volume tangki menggunakan aturan Simpson untuk dapat mengetahui nominal diameter yang sesuai berdasarkan perhitungan. Selanjutnya menentukan standar pipa berdasarkan jenis material pipa yang akan digunakan pada perancangan perpipaan sistem *ballast* ini. Selanjutnya melakukan perancangan perpipaan

dalam bentuk PID dan isometri lengkap dengan *equipment* dan *fitting* yang dibutuhkan.

2. METODOLOGI

Tahap pelaksanaan penelitian ini dapat disusun menjadi diagram alir sebagai berikut.



Gambar 2. 1 Diagram alir penelitian

2.1 Sistem *Ballast*

Sistem *ballast* kapal adalah metode untuk mengisi tangki *ballast* yang berada di *double bottom* dengan air laut yang diambil dari *seachest* melalui pompa *ballast*, dan saluran pipa utama dan pipa cabang [1]. *Sea chest* terletak pada bagian kamar mesin yang paling depan dan paling

bawah. Hal ini dimaksudkan bahwa air yang disedot ke dalam tidak mengandung kotoran dari pembuangan atau *outboard* dan masih bersifat laminar. Kemudian sisa air yang tidak dipakai akan dikeluarkan melalui *outboard* yang letaknya harus diatas dari garis air atau *water line* [2]. Dalam pengoperasian sistem *ballast* terdapat beberapa komponen utama antara lain *sea chest*, *strainer*, *ballast pump*, *ballast tank*, *overboard*, dan pipa. Dan terdapat beberapa aksesoris yang mendukung kerja dari komponen utama yaitu *valve*, *manifold*, *pipe fitting*, *packing*, dan *sea grating*.

2.2 Tipe Sistem Ballast

2.2.1 Independent System

Merupakan sebuah sistem *ballast* yang menerapkan sistem satu tangki *ballast* membutuhkan satu pipa tersendiri. Pada tipe ini setiap tangki memiliki pipa cabang yang terhubung dengan pipa utama yang kemudian terhubung dengan pompa *ballast*. Pada tipe ini pengoperasian *valve* dilakukan secara manual, pipa yang dibutuhkan terlalu banyak, sehingga biaya yang dibutuhkan terlalu besar [3].

2.2.2 Main Ring System

Main ring sistem juga sering disebut tipe *O ring*. *Main ring* sistem memompa air laut masuk ke dalam pipa utama kemudian di transfer ke setiap tangki melalui satu pipa cabang yang terhubung antar tangki, sehingga lebih memudahkan dalam sistem kontrol. Pada sistem ini masing-masing ujung *suction/discharge* pipa tangki *ballast* dilengkapi dengan *valve* yang dioperasikan secara otomatis, dan sistem yang digunakan lebih kompleks [3].

2.3 Perhitungan Volume Metode Simpson

Thomas Simpson (1750) adalah seorang geometer yang diyakini sebagai ilmuwan yang pertama kali memperkenalkan aturan untuk bangun ruang. Untuk menghitung volume harus melalui hitungan luas terlebih dahulu. Luas bidang permukaan yang tidak beraturan dapat didekati menggunakan planimeter, aturan trapesium, aturan ordinat tengah, atau aturan Simpson [4]. Simpson *Rule* atau aturan Simpson dapat ditentukan dengan persamaan berikut menurut [5].

$$L = \frac{h}{3} (f_0 + 4 \sum_{i=1,3,5}^{n-1} f_i + 2 \sum_{i=2,4,6}^{n-2} f_i + f_n) \quad (1)$$

Aturan Simpson dapat digunakan dalam menghitung volume pada kapal seperti yang dilakukan oleh [6] dalam Desain Hull untuk Unmanned Surface Vehicle (USV) di Perairan Tenang dan dilakukan oleh [4] dalam Penerapan Hitungan Volume Metode Simpson Untuk Menghitung Volume Kapal dan Topografi Darat.

Metodologi yang digunakan dalam menghitung volume tangki balas kapal di penelitian ini mengacu pada metodologi perhitungan volume kapal oleh [4].

2.4 Perhitungan Diameter Pipa

2.4.1 Pipa Utama

Perhitungan diameter pipa utama menggunakan persamaan kontinuitas, dimana dinyatakan dalam persamaan berikut menurut [7].

$$Q_1 = Q_2 \quad (2)$$

$$(\rho Av)_1 = (\rho Av)_2 \quad (3)$$

Dimana :

Q = Laju aliran fluida (m³/s)

A = Luas permukaan penampang (m²)

v = Kecepatan fluida (m/s)

2.4.2 Pipa Cabang

Perhitungan pipa cabang berdasarkan BKI Vol.III Sec. 11 N2, yaitu sebagai berikut:

$$d_z = 2,5\sqrt{(B + H) \times l} + 25 \quad (4)$$

Dimana :

d_z = Pipa cabang (mm)

B = Lebar kapal (m)

H = Tinggi kapal (m)

l = Panjang kompartemen (m)

2.5 Dimensi Kapal

Kapal yang digunakan dalam perancangan perpipaan sistem *ballast* ini adalah kapal *ro-ro* dengan data utamanya sebagai berikut :

Tabel 2. 1 Data utama kapal ro-ro

LOA	: 146 m
LPP	: 137 m
B	: 25 m
Design Draft	: 6,5 m
Vs Max	: 24 knot

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Perhitungan Volume Tangki

Hasil perhitungan volume tangki *ballast* menggunakan metode Simpson dirangkum dalam tabel 3.1 berikut:

Tabel 3. 1 Kapasitas tangki berdasarkan perhitungan simpson

Nama Tangki	Lokasi	Sisi	Volume (m ³)
No.2 BWT	Fr. 87-119	P	208,43
No.2 BWT	Fr. 87-119	S	312,19
No.1 BWT	Fr. 119-151	P	91,95
No.1 BWT	Fr. 119-151	S	195,7
No.2 SWBT	Fr. 87-119	P	237,16
No.2 SWBT	Fr. 87-119	S	237,16
No.1 SWBT	Fr. 119-151	P	134,43
No.1 SWBT	Fr. 119-151	S	134,43
WBDT	Fr. 151-169	P	424,75
WBDT	Fr. 151-169	S	424,75
Total			2521,20

3.2 Perhitungan Debit Aliran

Perhitungan debit pompa berdasarkan kapasitas total tangki *ballast* yang sudah diketahui sebelumnya. Debit pompa dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$Q = V/t \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

Dimana :

$$V = \text{Total volume tangki} \\ = 2521,20 \text{ m}^3$$

$$t = \text{Rencana lama waktu pengisian tangki} \\ = 6 \text{ jam}$$

Sehingga,

$$Q = 2521,20/6 \\ = 420,2 \text{ m}^3/\text{h} \\ = 0,116 \text{ m}^3/\text{s}$$

3.3 Perhitungan Diameter Pipa

3.3.1 Pipa Utama

Setelah didapat debit aliran dilakukan perhitungan diameter pipa utama berdasarkan persamaan (3) sebagai berikut :

$$Q = A \cdot v$$

$$Q = \left(\frac{1}{4} \pi d^2\right) v$$

$$d^2 = \frac{4 \times Q}{\pi \times v}$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times v}} \quad (\text{mm})$$

Dimana :

$$Q = \text{Debit aliran} \\ = 0,116 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$v = \text{Kecepatan aliran} \\ = 2 \text{ m/s (rekomendasi dari GL Malaysia)}$$

Sehingga,

$$d = 259,90 \text{ mm}$$

3.3.2 Pipa Cabang

Perhitungan pipa cabang berdasarkan BKI Vol. III Sec 11 N2, yaitu :

$$d_z = 2,5 \sqrt{(B + H) \times l} + 25 \text{ (mm)}$$

Dimana :

$$B = \text{Lebar kapal} \\ = 25 \text{ m}$$

$$H = \text{Tinggi kapal} \\ = 12,5 \text{ m}$$

$$l = \text{Panjang kompartemen (terpanjang)} \\ = 22,4 \text{ m}$$

Sehingga,

$$d_z = 2,5 \sqrt{(25 + 12,5) \times 22,4} + 25$$

$$d_z = 87,3129 \text{ mm}$$

3.3 Menentukan Standar Pipa

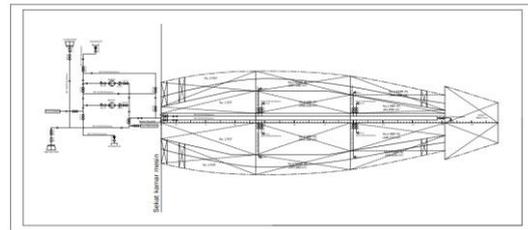
Standar pipa yang digunakan adalah ASTM A795 *Galvanized Pipe*. Kemudian berdasarkan perhitungan diameter pipa dipilih diameter pipa pada tabel 3.2 sebagai berikut.

Tabel 3. 2 Spesifikasi pipa berdasarkan standar ASTM A795

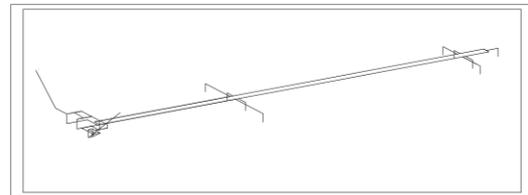
Jenis Pipa	DN (mm)	Diamete r Luar (mm)	Kete balan (mm)	SCH
Pipa Utama	250	273,1	7,8	30
Pipa Cabang	90	101,6	5,76	40

3.4 Desain Sistem Ballast

Perancangan perpipaan sistem *ballast* mengacu pada desain rancangan umum dan denah kamar mesin kapal. Tipe sistem *ballast* yang digunakan dalam sistem ini adalah tipe *ring main*. Pada perancangan sistem ini mengikuti rekomendasi dari BKI 2022 Volume III Peraturan Instalasi Mesin. Hasil dari perancangan perpipaan sistem *ballast* berupa desain PID dan desain isometri yang dapat dilihat pada gambar 3.1 dan 3.2 berikut.



Gambar 3. 1 Hasil desain PID sistem *ballast*



Gambar 3. 2 Hasil desain isometri sistem *ballast*

Dari hasil perancangan PID dan isometri perpipaan sistem *ballast* didapat total panjang pipa yaitu 241 meter dengan rincian pada dilihat pada tabel 3.3 dan tabel 3.4 berikut.

Tabel 3. 3 Panjang pipa jalur hisap

Jenis Pipa	Panjang Pipa (m)
Pipa Utama Jalur Hisap	162
Pipa Cabang Jalur Hisap	51,4
Total Panjang Jalur Hisap	213,4

Tabel 3. 4 Panjang pipa jalur buang

Jenis Pipa	Panjang Pipa (m)
Pipa Utama Jalur Buang	3,7
Pipa Cabang Jalur Buang	23,9
Total Panjang Jalur Buang	27,6

Dalam perancangan perpipaan sistem *ballast* terdapat beberapa *equipment* dan *fitting* yang

menunjang distribusi aliran air *ballast*. Berikut adalah daftar *equipment* dan *fitting* yang digunakan dalam perancangan ini beserta dengan jumlahnya dalam tabel 3.5 berikut.

Tabel 3. 5 Equipment dan peralatan fitting

No.	Aksesoris	Jumlah
1	Butterfly Valve	22
2	Check Valve	4
3	Strainer	4
4	Bellmouth	9
5	Centrifugal Pump	2
6	Non Return Valve	2
7	Tee Joint	19
8	Elbow 90°	18
9	Flange	68
10	Bolt	272
11	Gasket	68

Dari hasil desain PID dan isometri yang sudah dirancang, telah memenuhi dalam BKI Tahun 2022 Volume III Peraturan Instalasi Mesin Bab 11 untuk perpipaan sistem *ballast*. Sebagaimana dalam deskripsi berikut.

- Peraturan BKI : Pada jalur pipa *ballast*, penyedotan dalam tangki air *ballast* harus sedemikian rupa sehingga tangki dapat dikosongkan dalam semua kondisi praktis.
 Memenuhi : Ya
 Bukti : Tipe sistem *ballast* yang digunakan dalam perancangan ini adalah tipe *ring main*. Pada tipe ini semua tangki saling terhubung dengan pipa utama, sehingga memungkinkan semua tangki dapat dikosongkan secara bersamaan. Dan diatur oleh katup *butterfly* dengan menggunakan pengoperasian jarak jauh atau remotely.
- Peraturan BKI : Pada pipa air *ballast*, tidak boleh melewati tangki air minum, air umpan, dan air minyak temal atau minyak pelumas.
 Memenuhi : Ya
 Bukti : Pada perancangan sistem *ballast* ini jalur pipa direncanakan pada ruang pipa (*pipe space*). Sehingga tidak melewati tangki air minum, air umpan, dan tangki pelumasan.
- Peraturan BKI : Bilamana tangki air air *ballast* digunakan bergantian dengan bahan bakar, sisi pengisapan dari tangki ini harus disambungkan ke sistem yang bersangkutan dengan katup tiga jalur dengan soket bertipe -L.
 Memenuhi : Ya
 Bukti : Pada perancangan ini, tangki air *ballast* tidak digunakan bergantian dengan tangki bahan bakar.
- Peraturan BKI : Jika pipa diarahkan melalui sekat tubrukan dibawah dek *freeboard*, katup penyedotan harus dipasang langsung di sekat tubrukan dalam ceruk haluan.

Memenuhi : Ya

Bukti : Pada perancangan ini, jalur pipa sistem *ballast* tidak diarahkan melalui sekat tubrukan dibawah dek *freeboard*.

- Peraturan BKI : Jika ceruk haluan dibagi untuk memuat dua macam cairan yang berbeda, dua jalur pipa dalam dapat melalui sekat tubrukan di bawah geladak cuaca atau *freeboard deck*.

Memenuhi : Ya

Bukti : Pada perancangan ini, ceruk haluan hanya memuat cairan air *ballast*.

4. KESIMPULAN

Pada perancangan sistem *ballast* ini menggunakan tipe *ring main*, dikarenakan pengoperasiannya yang praktis. *Valve* yang ada pada tangki *ballast* dapat dikontrol melalui *ballast control panel* yang ada pada kamar mesin. Perancangan perpipaan sistem *ballast* ini berupa desain PID dan desain isometri, didapat total panjang pipa yaitu 241 meter dengan rincian 165,6 meter panjang pipa utama dan 75,4 meter panjang pipa cabang. Menggunakan jenis material *galvanized steel* dengan standar ASTM A795. Dipilih nominal diameter yang digunakan berdasarkan perhitungan yaitu 250 mm untuk pipa utama dan 90 mm untuk pipa cabang. Pada perancangan ini sudah memenuhi rekomendasi dari BKI 2022 Volume III Peraturan Instalasi Mesin Bab 11 untuk perpipaan sistem *ballast*.

5. PUSTAKA

- Di, M., Tanjung, P., & Surabaya, P. (2019). Model Implementasi Peraturan Pemerintah Mengenai *Ballast Water Management* di Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya. 61–66.
- Aris, K., 2018. Perencanaan Kapal Ikan (Fishing Boat) 171 Gt (Berdasarkan Peraturan Bki 2013 & 2016) (Doctoral dissertation, undip).
- Gerson, Halorik Simbolon (2017) Optimalisasi Perawatan Pompa Ballast Di Ahts. Temasek Attaka. Diploma Thesis, Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang.
- N.M.R.R.C. and Rinaldy, - (2018) ‘Penerapan Hitungan Volume Metode Simpson untuk Menghitung Volume Kapal dan Topografi Darat’, Jurnal Rekayasa Hijau, 2(1), pp. 90–100.
- Woodford, C. and Phillips, C. (2012) Numerical methods with worked examples: Matlab edition, Numerical Methods with Worked Examples: Matlab Edition
- Azmar, Z.B. and Perbani, N.R.C. (2018) ‘Studi Awal Desain Hull USV (Unmanned Surface Vehicle) untuk Pengukuran

Batimetri di Perairan Tenang', Reka
Geomatika, 2016(1), pp. 42–51.