

Perencanaan Fasilitas Pengelolaan Limbah Sewage pada KMP. Takabonerate

Azwar Saleh^{a,*}, Andi Husni Sitepu^a, Baharuddin^a

^a*Departemen Teknik Sitem Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Gowa 92171, Indonesia*

*Email: saleha14d@student.unhas.ac.id

Abstrak

KMP. Takabonerate is a Ro-Ro ferry operated by PT. ASDP Indonesia Ferry Selayar. This ship is classified as a non-conventional class ship with the SM Class mark, which means that technically this ship is built with mechanical and electrical installations in full compliance with BKI requirements. One disadvantage of the group of non-convention vessels is not obliged to install sewage water treatment onboard. These conditions can lead to potential pollution and environmental damage. International Maritime Organization (IMO) has agreed on rules for handling sewage waste through MARPOL which has been adopted by the government through presidential regulations and ministerial regulations to be enforced, namely Annex IV 11 regulation which states that sewage waste can be disposed of within 12 miles of the nearest coastline to untreated waste and 3 miles from the nearest shoreline for waste that has been treated and meets the technical specifications of MARPOL. Therefore, this research was conducted to design a sewage treatment plant at KMP. Takabonerate, the old sewage tank is replaced by waste treatment plant sewage can serve a total passenger of 283 people with a minimum capacity of 2,83m³ with counted the dimensions and weight of sewage waste processing equipment. From the results of the selection, it was decided that the Omnipure 6440 waste treatment equipment with the electroflotation treatment method had a capacity of 1684,62 litres per hour. After selecting the equipment, the piping system is designed for the operation of the waste treatment equipment based on the applicable class regulations.

Kata Kunci: Sewage Treatment, Annex IV, Ferry Ro-Ro, KMP. Takabonerate

1. Pendahuluan

Pengadaan armada baru kapal ferry KMP. Takabonerate merupakan merupakan langkah strategis pemerintah melalui kementerian perhubungan RI dalam rangka mendukung armada kapal penyeberangan untuk melayani kebutuhan transportasi penyeberangan bira di kabupaten Bulukumba menuju Pulau Selayar melalui Pelabuhan Pamatata.

Adapaun penentuan kapasitas KMP. Takabonerate berdasarkan proyeksi kebutuhan saat ini dan beberapa tahun ke depan. KMP. Takabonerate didesain dengan memiliki bobot mati 500 GT dengan daya angkut penumpang 265 [1]. Dari segi jarak rute, kapasitas penumpang serta ukuran kapal, maka KMP. Takabonerate termasuk golongan kapal kelas non konvensional, sehingga segala syarat perlengkapan dan instalasinya mengacu pada ketentuan NVCS menteri perhubungan. Sedangkan secara konstruksi dan permesinan KMP. Takabonerate telah memenuhi tanda kelas SM yang berarti secara teknis kapal ini dibangun dengan instalasi permesinan dan kelistrikan sepenuhnya mematuhi persyaratan BKI [2].

Salah satu kelemahan dari golongan kapal-kapal non konvensional adalah tidak mewajibkan adanya instalasi pengelolaan limbah berat (sewage) di atas kapal. Kondisi kapasitas semacam ini dapat menimbulkan potensi pencemaran dan kerusakan lingkungan, meskipun secara ketentuan telah diatur bahwa kotoran manusia dari sejumlah toilet di atas kapal akan ditampung dalam sebuah penampungan khusus (sewage tank) yang terletak di bagian dasar kapal. Kotoran tersebut selanjutnya akan dibawa ke darat untuk dikelola di unit pengelolaan limbah yang disiapkan di pelabuhan.

Secara garis besar, limbah sanitasi di atas kapal dapat dibagi menjadi dua katagori yakni; grey water dan black water. Grey water adalah campuran urine, feses, air siraman air pembersih anal (jika ada air digunakan untuk pembersihan) dan/atau bahan pembersih kering. Sedangkan blackwater adalah mengandung patogen tinja dan nutrient urine yang tercampur didalam saluran pembuangan [3].

Oleh karena itu black water harus diolah sesuai standar sehingga memenuhi ketentuan yang diatur dalam MARPOL. Salah satu ketentuan MARPOL yang telah diadopsi oleh pemerintah melalui peraturan

presiden dan peraturan menteri untuk diberlakukan adalah Annex IV regulasi ke-11 poin 1.1 dimana menyebutkan bahwa limbah sewage dapat dibuang pada jarak 12 mil dari garis pantai terdekat untuk limbah yang tidak diolah dan 3 mil dari garis pantai terdekat untuk limbah yang telah diolah dan memenuhi standar spesifikasi teknis dari MARPOL dengan kandungan termotolerant coliform 100 / 100 ml, total suspended solids 35 mg/l, BOD5 25 mg/l, COD 125 mg/l dan pH air limbah 6 – 8,5 [4].

Penegakan aturan penanganan limbah dikapal, sering kali menjadi momok yang mengancam kelestarian lingkungan perairan. Perilaku pengelola kapal sering kali didapati mengabaikan ketentuan yang ada termasuk dalam penanganan limbah sewage kapal. Limbah sewage yang terdiri dari kotoran dan urine dapat dibuang langsung ke laut, padahal kotoran ini mengandung zat berbahaya yang menjadi bahan pencemar bagi lingkungan. Tindakan seperti ini jelas-jelas bertentangan dengan prinsip-prinsip dan ketentuan MARPOL (Marine pollution) yang merupakan salah satu konvensi utama IMO yang mengatur tentang upaya pencegahan dan meminimalkan polusi yang berasal dari operasional kapal, baik yang tidak disengaja.

KMP. Takabonerate adalah salah satu kapal yang dapat menjadi sumber potensi pencemar bagi lingkungan di perairan Bira menuju Pamatata. Dimana kapal ini tidak dilengkapi instalasi alat pengolah limbah sewage. Limbah sewage dikapal diolah dengan sistem sewage treatment plan yang membantu memproses limbah sehingga memenuhi standar aman sebelum dibuang ke laut. Berdasarkan uraian diatas, maka penulis akan meneliti mengenai Perancangan Fasilitas Pengelolaan Limbah Sewage pada KMP. Takabonerate.

2. Metodologi

2.1. Lokasi dan Waktu Pelaksanaan Penelitian

Kegiatan utama yang dilakukan dalam penelitian ini adalah analisa sistem instalasi sewage, pengambilan data dan pengolahan data. Pengambilan data akan dilakukan di PT. Industri Kapal Indonesia (Persero), Makassar. Sementara analisi akan dilakukan di Labo Permesinan Kapal Departemen Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

2.2. Metode Pengumpulan Data

Jenis data yang diambil terbagi atas dua yaitu:

1. Data primer adalah data yang di dapat dari penelitian secara langsung dengan cara menanyakan/wawancara dengan orang-orang yang berperan dalam pengolahan objek yakni owner surveyor dari KMP.Takabonerate.

2. Data sekunder adalah data yang tidak langsung dan data yang diperoleh melalui dokumen-dokumen tertulis dari sumber data atau informasi lainnya yang erat kaitannya dengan penelitian ini.

2.3. Metode Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan pada saat data yang diperlukan dalam pengolahan telah terkumpul. Pengolahan data bertujuan untuk melakukan penyelesaian dan pembahasan dari masalah yang sedang dikaji. Langkah-langkah yang dilakukan dalam pengolahan data meliputi:

1. Identifikasi Masalah

Identifikasi rumusan masalah, mencakup penentuan permasalahan yang akan dibahas dan akan diselesaikan. Pada tahap ini ditentukan permasalahan mengenai fasilitas pengelolaan limbah sewage yang untuk KMP Takabonerate.

2. Studi Literatur

Studi literatur, mengumpulkan literatur tentang aturan dan pengelolaan sistem sewage dikapal.

3. Pengumpulan Data

Pengumpulan data mengenai jumlah penumpang, desain sistem sewage, dan layout kamar mesin KMP. Takabonerate.

4. Pengolahan Data

Pengolahan data meliputi perhitungan kebutuhan kapasitas tangki pengolahan dan penentuan alat pengolahan limbah berdasarkan kapasitas dan dimensi.

5. Kesimpulan dan saran

2.4. Data Kapal

Kapal yang akan digunakan sebagai objek penelitian adalah KMP Takabonerate.

Length Over All	= 46,80 m
Breadth Moulded	= 12,00 m
Depth Moulded	= 3,70 m
Draft Loaded	= 2,60 m
Speed	= 12,00 knot
Jumlah Penumpang	= 265 orang
Jumlah ABK	= 18 orang

3. Hasil dan Diskusi

3.1. Penentuan Kapasitas Alat Pengolah Limbah Sewage

Perhitungan kebutuhan kapasitas tangki pengolahan limbah dihitung berdasarkan peraturan menteri perhubungan republik Indonesia nomor PM 29 tahun 2014 tentang pencegahan pencemaran lingkungan maritim pada paragraf 4 tentang pencegahan pencemaran oleh kotoran (sewage) dari kapal pasal 24 poin 1 pada huruf C yang berbunyi memiliki peralatan berupa tangki penampung kotoran

(sewage holding tank) dengan kapasitas tangki penampungan (C_t) minimum adalah:

$$C_t \geq C_r \quad (1)$$

Dimana C_t adalah kapasitas tangki penampungan yang ada dikapal (m^3).

C_r adalah kapasitas tangki penampungan yang disyaratkan (m^3).

$$C_r = A N_p D_a \quad (2)$$

Dimana C_r adalah kapasitas tangki penampungan yang disyaratkan (m^3). A adalah 0.06 (m^3 /orang/hari) untuk sistem pembuangan standar (selain kapal penumpang). N_p adalah jumlah orang yang berada di kapal. D_a adalah lama maksimum kapal berlayar di wilayah pembuangan kotoran yang tidak terdisinfeksi di laut yang diizinkan (minimum 1 (satu) hari) lama maksimum kapal berlayar dimana pembuangan kotoran yang tidak dihancurkan atau didisinfeksi ke laut tidak diizinkan (minimum 1 hari).

$$C_r = 0,01 m^3 \times 283 \times 1$$

$$C_r = 2,830 m^3$$

Kapasitas tangki penampungan yang disyaratkan minimal $2,83 m^3$.

3.2. Pemilihan Alat Pengolah Limbah Sewage

Alat pengolah limbah sewage yang akan digunakan dalam perencanaan dipilih dari pasaran dengan memperhatikan beberapa hal terkait spesifikasi alat. Kapasitas pengolahan menjadi pertimbangan utama untuk pemilihan alat mengingat dalam mendesain suatu sistem instalasi perpipaan setiap komponen harus didesain seefisien mungkin namun tidak jauh melebihi nilai minimal yang dibutuhkan dalam hal kapasitas. Disamping itu faktor dimensi dan berat peralatan juga patut diperhatikan untuk efisiensi ruang dan efisiensi bobot kapal akibat peralatan. Untuk mendapatkan pilihan terbaik maka telah dipilih tiga merk alat pengolah limbah.



Gambar 1. Mesin pengolah limbah ACO Clarimar MF 10

ACO Clarimar MF adalah alat pengolahan limbah biologi, ACO Clarimar MF menerapkan teknologi filtrasi ACO-MF dan menghilangkan proses pengendapan dan klorinasi.

Omnipure series 64 dari De Nora menggunakan metode fisika – kimia dengan menerapkan teknologi elektroflotasi untuk pengolahan limbah.



Gambar 2. Mesin pengolah limbah Omnipure 6440

Wartsila-Super Trident sewage treatment plant. Large STC-14 Series menggunakan metode biologi – kimia dengan menerapkan teknologi activated sludge systems untuk pengolahan limbah.



Gambar 3. Mesin pengolah limbah Wartsila STC14 13

3.2.1. Kapasitas Alat Pengolah Limbah

Kapasitas pengolahan limbah menggunakan nilai minimal yang disyaratkan peraturan menteri perhubungan republik Indonesia nomor PM 29 tahun 2014 tentang pencegahan pencemaran lingkungan maritim pada paragraf 4 pasal 24 poin 1 pada huruf C sebagai batas bawah untuk nilai kapasitas pengolahan yaitu $2,83 m^3$. Kapasitas mesin pengolahan limbah direncanakan mampu mengolah limbah sebanyak $2,83 m^3$ dalam waktu yang singkat.

Tabel 1. Waktu pengolahan limbah

Alat Pengolah Limbah	Kapasitas Pengolahan	
	Menit	Jam
Omnipure 6440	50,4	0,8
Wartsila STC14 13	97,8	1,6
ACO Clarimar MF 10	107,8	1,8

3.2.2. Kapasitas Alat Pengolah Limbah

Berat mesin pengolah limbah disesuaikan dengan spesifikasi mesin yang telah dipilih berdasarkan kapasitas. Berat kapal kosong (LWT) saat uji kemiringan adalah 590,840 ton pada sarat tengah kapal 2,139 meter dengan dua buah tangki penampungan limbah dengan berat kosong 5,31 ton, serta tonne per centimeter immersion (TPC) 3,963 ton/cm.

Tabel 2. Perubahan sarat tengah (TM) kapal terhadap berat tangki pengolahan limbah

Alat pengolah limbah	Berat tangki pengolahan limbah Ton	Perubahan sarat		Sarat tengah kapal m
		kapal cm	cm	
Tangki Pengolahan Limbah Omnipure 6440	5,31	0	213,9	2,139
Wartsila STC14 13	10,41	2,63	215,19	2,152
ACO Clarimar MF 10	30,07	7,59	220,15	2,201
	30,86	7,79	220,35	2,203

3.2.3. Dimensi Alat Pengolah Limbah

Dimensi mesin pengolah limbah yang akan dipasang juga menjadi poin penting untuk mempertimbangkan ketersediaan ruang penempatan pada kapal. Ruang penempatan tangki penampungan limbah pada gading 31 – 43 yang terletak di depan sekat kamar mesin memiliki panjang 6 meter dengan tinggi 2,3 meter dan lebar 12 meter. Terdapat tangki void yang berada dibagian tengah sehingga permukaan ruangan tidak rata.

Tabel 3. Dimensi alat pengolah limbah

Alat Pengolah Limbah	P	L	T	Volume Ruang
	m			m ³
Omnipure 6440	3,66	1,68	2,16	13,24
Wartsila STC14 13	4,40	2,75	2,00	24,20
ACO Clarimar MF 10	3,81	2,31	2,08	18,30

Tabel 3 memperlihatkan ukuran panjang, lebar, dan tinggi dari mesin pengolah limbah yang akan dipilih. Ukuran mesin pengolah limbah yang minim akan mengefisienkan ruang.

Tabel 5 memperlihatkan penilaian pada alternatif pilihan alat pengolah limbah. Dari keenam aspek yang telah dinilai maka dari itu dipilih alat pengolah limbah Omnipure 6440 sebagai alat pengolahan limbah untuk KMP. Takabonerate. Alat pengolah limbah yang akan digunakan adalah alat pengolah limbah merk omnipure tipe 6440. Alat pengolah omnipure 6440 memiliki kapasitas pengolahan 40.431 liter / hari atau setara dengan 1685 liter / jam. Pada perencanaan akan digunakan 2 buah alat pengolah limbah yang akan menggantikan tangki penampungan limbah pada desain sebelumnya.

Tabel 4. Alat pengolah limbah

NO	Sewage Treatment Plant Specification	Alternatif		
		ACO Clarimar MF 10	Wartsila STC14 13	Omnipure 6440
1	Treatment Method	Basic	Biology	Chemical
		Advanced	ACO-MF Filtration/ UV Lamp	Biology Active Sludge Sistem ion Electrolic / Electroflotat
2	Treatment Capacity (L/D)	18900	20830	40431
		787,5	867,92	1684,62
3	Treatment Capacity (L/h)	2,36	15,036	1,477
		13,07	15,036	3,729
4	Weight (Kg)	18,31	24,2	13,24
		18,31	24,2	13,24
5	Dimension (m ³)	25	< 100	< 100
		25	< 100	< 100
6	Effluent	Coliform Bacteria (n/100ml)	< 14	< 35
		Total Suspended Solids (mg/L)	< 3	< 25
6	Operation	BOD5 (mg/l)	< 25	< 125
		COD (mg/l)	7,44	6 - 8,5
6	Manual	Ph	N	Y
		Automatic	Y	Y
6	Both	Both	N	Y
		Both	N	Y

Tabel 5. Alat pengolah limbah

NO	Spesifikasi Alat Pengolahan Limbah	Alternatif		
		ACO Clarimar MF 10	Wartsila STC14 13	Omnipure 6440
1	Kapasitas Pengolahan	2	2	5
2	Berat	2	2	4
3	Dimensi	2	2	5
4	Tipe Pengolahan	5	4	3
5	Hasil Pengolahan	5	4	4
6	Pengoperasian	4	5	4
Total		20	19	25

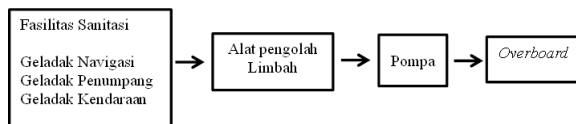
Keterangan : 1 = Sangat Kurang, 2 = Kurang, 3 = Cukup, 4 = Baik, 5 = Sangat Baik

Alat pengolah limbah omnipure tipe 6440 memiliki 2 mesin pemompa limbah padat dan 2 elektrolitik sel yang akan menunjang pengoperasian alat sedangkan kapasitas pembuangan air limbah 246 liter per menit dan alat pengolah limbah membutuhkan suplay air laut dengan kapasitas 246 liter per menit untuk memproses limbah.

Keuntungan dalam penggunaan alat pengolah limbah ialah tidak membutuhkan lagi alat pengolah limbah pada pelabuhan atau daratan. Pembuangan limbah olahan dapat dilakukan pada saat kapal berlayar sehingga menghemat waktu pengoperasian kapal, mengurangi potensi pencemaran laut, alat pengolah limbah sudah mencakup pompa pengembuangan sehingga tidak memerlukan pompa pembuangan seperti desain sistem sebelumnya.

3.3. Desain Sistem Pengolahan limbah sewage

Desain sistem perpipaan sewage KMP. Takabonerate tersusun dari komponen tangki pengolahan limbah, pompa, pipa, dan katup.



Gambar 4. Skema sistem perpipaan air kotor KMP. Takabonerate

Desain sistem perpipaan air kotor KMP. Takabonerate secara umum tidak dilakukan banyak perubahan dari desain sebelumnya hanya beberapa penyesuaian akibat perubahan komponen tangki penampungan yang digantikan dengan alat pengolah limbah.

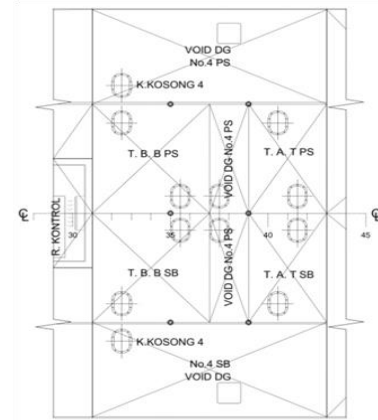
1. Komponen Sistem Perpipaan Air kotor

a. Alat Pengolahan Limbah

Alat pengolah limbah omnipure 6440 direncanakan akan diletakkan diruang penempatan tangki penampungan limbah pada desain sebelumnya yang terletak diruang didepan sekat kamar mesin pada gading 31 – 43 memiliki panjang 6 meter dengan tinggi 2,3 meter dan lebar 12 meter.

Penempatan alat pengolah limbah omnipure 6440 yang terpisah dari ruang mesin membutuhkan jalur akses bagi crew kapal untuk mengoperasikan alat sehingga diperlukan bukaan pada geladak kendaraan dan tangga akses dari geladak kendaraan ke ruangan yang direncanakan. Dalam peraturan BKI bukaan vertikal untuk akses minimal berukuran 600 mm x 800 mm, sudut bukaan harus dibuat melingkar, dan harus dilindungi oleh bangunan atas tertutup atau rumah geladak. Sedangkan tangga dalam peraturan BKI disebutkan lebar tidak boleh

kurang dari 800 mm dengan pegangan pada kedua sisi dengan sudut kemiringan lebih besar dari 45°.



ALAS / DASAR GANDA

Gambar 5. Ruang penempatan alat pengolah limbah Omnipure 6440

Pengoperasian alat pengolah limbah omnipure 6440 membutuhkan dukungan sistem intalasi perpipaan. Jalur pipa pemasukan limbah, jalur pipa pemasukan air laut, jalur pipa pembuangan air limbah olahan, dan jalur pipa pembuangan gas. Pada desain sebelumnya jalur pipa pemasukan limbah, jalur pipa pembuangan air limbah olahan, dan jalur pipa pembuangan gas telah didesain sedangkan jalur pipa pemasukan air laut akan menggantikan jalur pipa flush sistem sanitasi air laut yang ukurannya akan disesuaikan sesuai dengan kebutuhan alat pengolah limbah.

b. Pompa

Pompa yang akan digunakan pada desain sistem perpipaan air kotor satu paket dengan mesin pengolah limbah yang telah dipilih. Pompa berjumlah 2 buah pompa pembuangan air limbah dan 2 buah pompa pembuang padatan sisa. Sehingga pompa pembuangan air kotor pada desain sebelumnya bisa dihilangkan.

c. Pipa

Pipa yang direncanakan pada sistem perpipaan air kotor KMP. Takabonerate terdiri dari pipa pembuangan limbah, pipa suplay air laut ke mesin pengolah limbah, dan pipa udara. Untuk bahan pipa menurut peraturan BKI tidak boleh menggunakan pipa yang terbuat dari besi cor. Pipa yang akan digunakan pada desain sistem perpipaan air kotor KMP. Takabonerate adalah pipa galvanis, pipa galvanis dipilih agar pipa terlindung dari kerusakan mekanis dan memiliki sifat tahan terhadap korosi air laut.

Pompa pembuangan air limbah dan kebutuhan suplay air laut untuk pengolahan memiliki kapasitas 246 liter per menit atau debit setara dengan 14,76 m³/s sehingga diameter pipa pembuangan dan pipa penyuplai air laut dapat dihitung dengan persamaan dibawah ini.

Menurut BKI Vol III sec 11 - 3.1.

$$d = \sqrt{\frac{Q}{5,75 \times 10^{-3}}} \quad (3)$$

Dimana d adalah diameter pipa (mm). Q adalah debit (m³/s).

$$d = \sqrt{\frac{14,76}{5,75 \times 10^{-3}}}$$

d = 50,66 mm

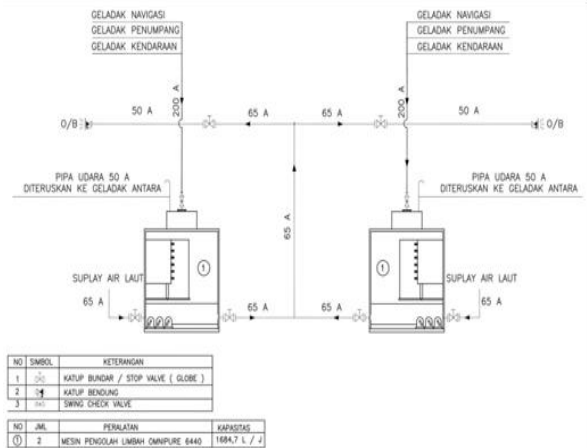
Maka diameter pipa pembuangan air limbah olahan dan pipa penyuplai air laut menggunakan pipa dengan ukuran DN 65 menurut standart JIS tahun 2002. Untuk pipa udara digunakan pipa dengan ukuran DN 50 menurut standart JIS tahun 2002. Dalam peraturan BKI penyusunan dan pemasangan pipa udara dapat menembus ke dek terbuka dan diletakkan secara vertikal.

d. Katup

Katup yang digunakan pada pada desain sistem perpipaan air kotor menurut peraturan BKI sistem perpipaan harus dilengkapi dengan jenis katup screw down non return untuk mencegah fluida kembali sedangkan untuk penempatan katup harus dapat diakses secara penuh. Adapun jenis dan jumlah katup yang direncanakan pada sistem perpipaan air kotor KMP. Takabonerate yaitu globe valve 8 buah, katup bendung 4 buah dan swing check valve 2 buah.

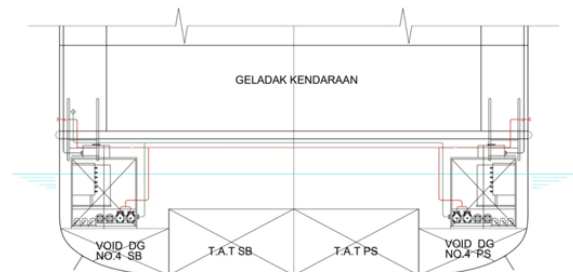
2. Diagram Sistem Perpipaan Pembuangan Air Kotor

Pada desain diagram terdapat alat pengolah limbah yang terhubung dengan pipa pembuangan menuju overboard. Aliran fluida diatur oleh katup seperti pada Gambar 6. Pipa suplay air laut terhubung dari pompa dinas umum pemadam kebakaran atau hidrofor air laut yang berada di kamar mesin, dan pipa udara untuk mengeluarkan udara diteruskan ke geladak antara. Ukuran pipa dan jenis katup terlampir pada gambar 6. Dalam peraturan BKI overboard untuk sistem perpipaan sewage diperbolehkan minimal 200 mm diatas garis air musim panas dan tidak boleh diletakkan pada jalur peluncuran sekoci.

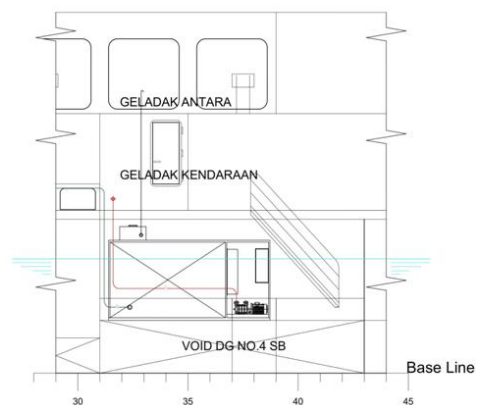


Gambar 6. Diagram sistem perpipaan air kotor KMP. Takabonerate

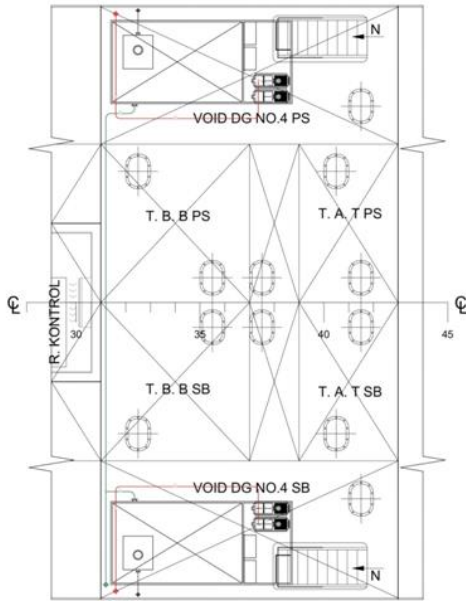
Gambar 7 merupakan tampak depan perencanaan sistem perpipaan pengolahan limbah KMP. Takabonerate yang merupakan potongan pada gading nomor 39 dengan garis berwarna merah adalah jalur pipa pembuangan air olahan limbah, garis warna hijau adalah jalur pipa suplay air laut dan garis hitam adalah jalur pipa garis udara. Begitu pula pada potongan tampak samping KMP. Takabonerate pada Gambar 8, tampak atas tempat mesin pengolah limbah pada Gambar 9, dan tampak atas potongan geladak kendaraan pada Gambar 10.



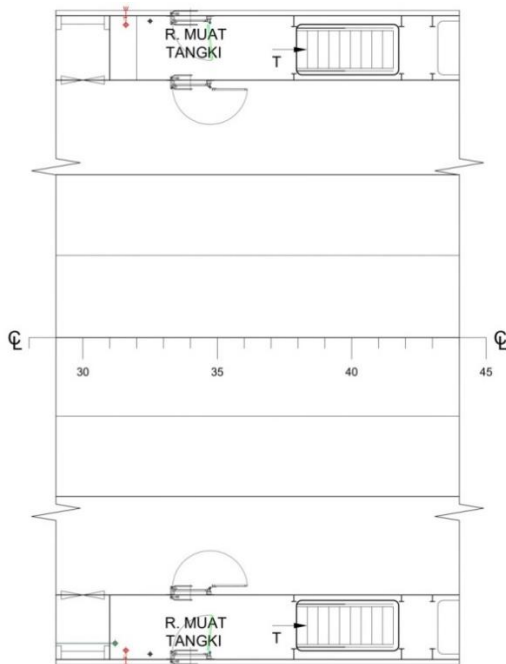
Gambar 7. Tampak depan perencanaan sistem pengolahan limbah KMP. Takabonerate



Gambar 8. Tampak samping perencanaan sistem pengolahan limbah KMP. Takabonerate



Gambar 9. Tampak atas perencanaan sistem pengolahan limbah KMP. Takabonerate



Gambar 10. Tampak atas geladak kendaraan pada perencanaan sistem pengolahan limbah KMP. Takabonerate

Pada perencanaan sistem perpipaan panjang pipa yang dibutuhkan untuk sistem pembuangan adalah 22,9 meter (4 batang pipa), 16 buah sambungan elbow, dan 2 sambungan T. Untuk pipa udara panjang pipa yang dibutuhkan adalah 7,3 meter (2 batang pipa) dan 2 buah sambungan elbow. Untuk pipa suplay panjang pipa yang dibutuhkan adalah 17,2 meter (3 batang pipa), 2 buah sambungan elbow dan 1 sambungan T.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan dari bab sebelumnya, maka dapat ditarik kesimpulan yaitu: 1) Perencanaan desain sistem sewage KMP. Takabonerate telah dibuat dengan mengikuti kriteria dan ketentuan MARPOL yang mencakup batasan atau standar kandungan air limbah olahan yang aman untuk dibuang kelaut pada batasan wilayah tertentu. 2) Kriteria alat pengolah limbah yang dipilih sudah sesuai dengan kapasitas kebutuhan minimum pengolahan limbah untuk KMP. Takabonerate dilihat dari aspek jumlah penumpang diatas kapal.

Referensi

- [1] PT. Industri Kapal Indonesia (PERSERO). (2019). Spesifikasi Teknis Kapal Ferry Ro-Ro 500 Gt . Makassar: Direktorat Jenderal Perhubungan Darat Kementerian Perhubungan Republik Indonesia.
- [2] Biro Klasifikasi Indonesia. (2019). Rules For Classification And Survey (Vol.I). Jakarta: BKI.
- [3] Tilley, E., & dkk. (2009). Compendium of Sanitation Systems and Technologies (2nd ed.). Swiss: the Sustainable Sanitation Alliance (SuSanA) and the International Water Association (IWA) specialist groups.
- [4] IMO. (2012). 2012 Guidelines On Implementation Of Effluent Standards And Performance Tests For Sewage Treatment Plants. London: International Maritime Organization.