

**PERENCANAAN FASILITAS PENGELOLAHAN LIMBAH
SEWAGE PADA KMP. TAKABONERATE**

SKRIPSI

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin



AZWAR SALEH

D33114309

**DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2021**

LEMBAR PENGESAHAN

**PERANCANGAN FASILITAS PENGELOLAHAN LIMBAH SEWAGE
PADA KMP. TAKABONERATE**

**Disusun dan diajukan oleh:
AZWAR SALEH
D331 14 309**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Sistem perkapalan
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,



Andi Husni Sitepu, ST., MT
NIP._197702172001121001



Baharuddin S.T., MT
NIP._197202021998021001

Ketua Departemen Teknik Sistem Perkapalan



Dr. Enk. Raisal Mahmudin, ST., M Eng.
NIP.198102112005011003

LEMBAR PERSETUJUAN

Judul skripsi : Perancangan Fasilitas Pengelolaan Limbah *Sewage* pada
KMP. TAKABONERATE

Nama Mahasiswa : Azwar Saleh

NIM : D331 14 309

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh Panitia Ujian Sarjana Program Strata Satu (S1) Teknik Sistem Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik pada tanggal

Panitia Ujian Sarjana

Ketua : Andi Husni Sitepu , S.T., M.T.

Sekretaris : Baharuddin S.T.,MT

Anggota : Ir. Zulkifli, M.T.
: Ir. Syerly Klara, M.T.

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa : Azwar Saleh

NIM : D331 14 309

Program Studi : Teknik Sistem Perkapalan

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulis saya yang berjudul:

Perancangan Fasilitas Pengelolaan Limbah Sewage

pada KMP. TAKABONERATE

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 09 Juni 2021

Yang membuat pernyataan,


SEPULUH RIBU RUPIAH
10000
METERAI
TEMPEL
C9CBCAJX317648911
Azwar Saleh

**PERANCANGAN FASILITAS PENGELOLAHAN LIMBAH SEWAGE
PADA KMP. TAKABONERATE**

Azwar Saleh ¹⁾ Andi Husni Sitepu ²⁾

Baharuddin²⁾

¹⁾ Mahasiswa Teknik Sistem Perkapalan FT-UH

²⁾ Dosen Teknik Sistem Perkapalan FT-UH

Email : Azwarsaleh309@gmail.com

ABSTRAK

KMP. Takabonerate adalah kapal feri ro-ro yang dioperasikan oleh PT.ASDP Indonesia Ferry cabang selayar. Kapal ini tergolong kapal kelas non konvensi dengan tanda kelas SM yang berarti secara teknis kapal ini dibangun dengan instalasi permesinan dan kelistrikan sepenuhnya mematuhi persyaratan BKI. Salah satu kelemahan dari golongan kapal-kapal non konvensi adalah tidak mewajibkan adanya instalasi pengelolaan limbah (sewage) di atas kapal. Kondisi semacam ini dapat menimbulkan potensi pencemaran dan kerusakan lingkungan. International Maritime Organisation (IMO) telah menyepakati aturan dalam penanganan limbah sewage melalui MARPOL yang telah diadopsi oleh pemerintah melalui peraturan presiden dan pertaturan menteri untuk diberlakukan adalah Annex IV regulasi ke-11 poin 1.1 di mana 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. Maka dari itu penelitian ini dilakukan perancangan pengolah limbah sewage pada KMP. Takabonerate Tangki penampungan limbah sewage yang lama digantikan dengan alat pengolah limbah sewage yang mampu melayani total penumpang 283 orang dengan kapasitas minimal 2,83m³ dengan memperhatikan dimensi dan berat alat pengolahan limbah sewage. Dari hasil pemilihan diputuskan alat pengolah limbah Omnipure 6440 dengan metode pengolahan electroflotation yang berkapasitas 1684,62 liter per jam. Setelah pemilihan alat dilakukan perancangan sistem perpipaan untuk pengoperasian alat pengolah limbah berdasarkan peraturan kelas yang berlaku.

Kata Kunci : *Sewage Treatment* , Annex IV, Feri ro-ro, KMP.Takabonerate.

ABSTRACT

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 point 1.1 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 with the content of thermotolerant coliform 100 / 100 ml, total suspended solids 35 mg/l, BOD5 25 mg/l, COD 125 mg/l and the pH of the wastewater is 6 – 8,5. 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.

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

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis bisa menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Perancangan Fasilitas Pengelolaan Limbah Sewage pada KMP. TAKABONERATE”**. Shalawat dan salam semoga senantiasa tercurah kepada baginda Rasulullah Muhammad SAW.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis akan sangat terbuka untuk kritik dan saran yang akan membuat skripsi ini menjadi lebih baik. Dalam penulisan skripsi ini banyak dukungan yang diberikan kepada penulis, maka dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang mendalam kepada:

1. Kedua orang tua tercinta Bapak Muh. Saleh dan Ibu Suhartati Mamu yang selama ini telah memberikan didikan, kasih sayang dan doa yang tak pernah putus. Ketiga adik Fiska Febrianti Saleh , Muh. Tri Sakti Saleh dan Nurfadillah Saleh serta seluruh keluarga yang senantiasa memberi dukungan dan semangat.
2. Kepada Bapak Andi Husni Sitepu , S.T., M.T. dan Bapak Baharuddin, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing I dan Dosen pembimbing II yang senantiasa menyempatkan waktu dan pikirannya untuk membimbing dalam penyusunan skripsi ini.

3. Kepada Penguji Bapak Ir. Zulkifli, M.T. dan Ibu Ir. Syerly Klara, M.T. yang juga turut memberikan koreksi dan masukan terhadap penulisan skripsi ini.
4. Bapak Dr. Eng. Faisal Mahmudin, ST., M Eng., selaku ketua Departemen Teknik Sistem Perkapalan.
5. Kepada Dosen, Staf dan seluruh Civitas Akademika lingkup Departemen Teknik Sistem Perkapalan atas semua bimbingan, arahan serta bantuannya.
6. Kepada teman-teman Ztringer Crew dan teman-teman seantero Teknik angkatan 2014 diseluruh belahan dunia yang selama ini menemani dalam suka maupun duka.
7. Kepada kakanda senior dan adinda sejurusan Perkapalan yang banyak mendukung dan memberikan motivasi kepada penulis untuk menyelesaikan studi.
8. Kepada keluarga besar Ikatan Pemuda Pelajar Mahasiswa Pangkep Universitas Hasanuddin yang selama ini menjadi rumah bagi penulis dan memberikan support yang begitu besar.
9. Kepada teman-teman KKN gel. 102 kelurahan Kampung Baru, Kecamatan Bacukiki Barat, Kota Parepare.
10. Dan tentunya kepada semua sahabat-sahabat penulis yang tidak bisa disebutkan satu persatu yang selama ini memberikan support yang begitu luar biasa.

Permohonan maaf atas segala keterbatasan dan kekurangan penulis kepada seluruh pihak yang telah terlibat dan ikut membantu dalam proses pembuatan

skripsi ini. Kekurangan akan selalu menjadi bagian manusia, kesempurnaan hanya menjadi milik-Nya. Untuk itu saran dan kritik akan lebih menyempurnakan pikiran penulis untuk melangkah lebih lanjut.

Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua. Aamiin.

Hidup Teknik ! Hidup Teknik ! Hidup Teknik !
We Are The Champions !

Gowa, 15 Juli 2021

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR PERSETUJUAN.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
ABSTRACT.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Kapal Feri.....	6
2.2 Sistem Perpipaan Sanitary dan <i>Sewage</i>	7
2.2.1 Sistem Sanitary	7
2.2.2 Sistem <i>Sewage</i>	7
2.3 Peraturan dan Regulasi.....	11
2.3.1 Annex IV Regulasi 1.....	11
2.3.2 Annex IV Regulasi 2.....	12
2.3.3 Annex IV Regulation 9	13
2.3.4 Survei & Serifikasi Sistem Instalasi Pengolah <i>Sewage</i>	14
2.4 Metode Pengolahan <i>Sewage</i>	15
BAB 3. METODE PENELITIAN.....	18
3.1 Lokasi dan Waktu Pelaksanaan Penelitian.....	18
3.2 Metode Pengumpulan Data	18

3.3	Metode Pengolahan Data	18
3.4	Data Kapal	19
3.5	Diagram Alir	22
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		23
4.1	Gambaran Umum Layanan Kapal Angkuan Penyeberangan PT ASDP Indonesia Ferry (Persero) – Cabang Selayar	23
4.1.1	Peta Wilayah Operasi dan Armada PT. ASDP Indonesia Ferry (Persero) cabang Selayar	24
4.1.2	Data Penumpang PT ASDP Indonesia Ferry (Persero) cabang Selayar ...	30
4.2	RUANG AKOMODASI PENUMPANG & KENDARAAN KMP TAKABONERATE.	31
4.3	Perencanaan Sistem Sanitasi dan Air Kotor KMP Takabonerate.	33
4.3.1	Ruang Lingkup layanan sanitasi dan air kotor	33
4.3.2	Dasar Perancangan Layanan Sanitasi dan Air Kotor (kondisi existing) ...	35
4.4	Perhitungan Kapasitas Tangki Pengolahan Limbah	38
4.5	Pemilihan metode Alat Pengolah Limbah.....	39
4.5.1	Pemilihan bersasarkan Kapasitas Alat Pengolah Limbah	43
4.5.2	Berat Alat Pengolah Limbah.....	44
4.5.3	Ketersediaa ruang Dimensi Alat Pengolah Limbah	44
4.6	Desain Sistem Perpipaan Air Kotor	48
4.6.1	Komponen Sistem Perpipaan Air Kotor	48
4.6.2	Diagram Sistem Perpipaan Pembuangan Air Kotor.....	52
BAB 5. PENUTUP		60
5.1	Kesimpulan.....	60
5.2	Saran	60
DAFTAR PUSTAKA		61
LAMPIRAN		63
LAMPIRAN		63
Lampiran 1. Desain Sistem Perpipaan Sewage KMP. Takabonerate		64
Lampiran 2. Tampak Depan Desain Sistem Perpipaan Sewage KMP. Takabonerate		65
Lampiran 3. Tampak Atas Alas Ganda Desain Sistem Perpipaan Sewage KMP. Takabonerate		66
Lampiran 4. Tampak Samping Desain Sistem Perpipaan Sewage KMP. Takabonerate....		67

Lampiran 5. Tampak Atas Geladak Kendaraan KMP. Takabonerate.	68
Lampiran 6. Diagram Sistem Perpipaan <i>Sewage</i> KMP.Takabonerate.	69
Lampiran 7. Brosur Mesin Pengolah Limbah Omnipure	70

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kapal Feri ro-ro	6
Gambar 2.2 Mesin Pengolah Limbah pada kapal	15
Gambar 2.3 Sistem Diagram <i>Sewage Treatment</i> (Resolution MEPC.227(64))..	17
Gambar 3.1 Tampak depan dan tampak samping desain KMP. Takabonerate ..	20
Gambar 3.2 Rencana Umum KMP. Takabonerate KMP. Takabonerate	21
Gambar 4.1 Peta wilayah operasi PT. ASDP Ferry Indonesia cabang Selayar ..	20
Gambar 4.2 Peta rute pelayaran KMP.Bontoharu.....	23
Gambar 4.3 KMP. Bontoharu	23
Gambar 4.4 Peta rute pelayaran KMP.Balibo	24
Gambar 4.5 KMP. Balibo	24
Gambar 4.6 Peta rute pelayaran KMP Sangke Pallangga	25
Gambar 4.7 KMP. Sangke Palangga.....	25
Gambar 4.8 Peta rute pelayaran KMP. Kormomolin.....	26
Gambar 4.9 KMP Kormomolin.....	26
Gambar 4.10.Geladak Navigasi dan Geladak Penumpang KMP.Takabonerate ...	29
Gambar 4.11 Geladak Kendaraan KMP.Takabonerate.....	29
Gambar 4.12 Skema Sistem Perpipaan Air Kotor KMP.Takabonerate	31
Gambar 4.13 Tangki penampungan air kotor KMP. Takabonerate.	33
Gambar 4.14 Sketsa tangki penampungan air kotor KMP. Takabonerate.....	33
Gambar 4.15 Saringan Tunggal air kotor KMP. Takabonerate	34

Gambar 4.16 Pompa pembuangan air kotor KMP. Takabonerate	35
Gambar 4.17 Katup kupu-kupu pada sistem perpipaan air kotor KMP. Takabonerate	35
Gambar 4.18 Mesin Pengolah Limbah ACO Clarimar MF	36
Gambar 4.19 Skema Pengolahan Limbah Mesin ACO Clarimar MF	36
Gambar 4.20 Nilai hasil olahan limbah mesin ACO Clarimar MF.....	37
Gambar 4.21 Mesin Pengolah Limbah Omnipure 64	39
Gambar 4.22 Mesin Pengolah Limbah Wartsila	39
Gambar 4.23 Tampak Depan Tempat Tangki Penampungan Limbah KMP. Takabonerate	40
Gambar 4.24 Skema Sistem Perpipaan Air Kotor KMP. Takabonerate	40
Gambar 4.25 Penempatan Alat Pengolah Limbah Omnipure 6440.....	41
Gambar 4.26 Diagram Sistem Perpipaan Air Kotor KMP. Takabonerate.....	43
Gambar 4.27 Tampak Depan Perencanaan Sistem Pengolahan Limbah KMP. Takabonerate	46
Gambar 4.28 Tampak Samping Perencanaan Sistem Pengolahan Limbah KMP. Takabonerate	47
Gambar 4.29 Tampak Atas Perencanaan Sistem Pengolahan Limbah KMP. Takabonerate.....	50
Gambar 4.30 Tampak Atas Geladak Kendaraan Pada Perencanaan Sistem Pengolahan Limbah KMP. Takabonerate	51
Gambar 4.31 Tampak Depan Desain 3D Perencanaan Sistem Pengolahan Limbah Air Kotor KMP. Takabonerate.....	58

Gambar 4.32 Tampak Atas Desain 3D Perencanaan Sistem Pengolahan Limbah
Air Kotor KMP. Takabonerate 59

Gambar 4.33 Mesin Pengolah Limbah pada Perencanaan Sistem Pengolahan
Limbah Air Kotor KMP. Takabonerate..... 59

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Nilai Batas Kandungan Hasil Pengolahan Limbah.....	11
Tabel 4.1 Spesifikasi Armada PT. ASDP Indonesia Ferry (persero) cabang Selayar.....	25
Tabel 4.2 Data Penumpang PT ASDP Indonesia Ferry (Persero) cabang Selayar pada rute pelabuhan bira – pelabuhan Pamatata.	30
Tabel 4.3 produksi kotoran tahunan PT. ASDP Indonesia Ferry (Persero) cabang Selayar pada rute pelabuhan bira – pelabuhan Pamatata	31
Tabel 4.4 PersebaranPenumpang dan Kendaraan KMP.Takabonerate.....	31
Tabel 4.5 Sumber Air limbah KMP.Takabonerate	34
Tabel 4.6 Tabel Waktu Pengolahan Limbah.....	44
Tabel 4.7 Tabel Perubahan Sarat Tengah (TM) Kapal Terhadap Berat Tangki Pengolahan Limbah.....	44
Tabel 4.8 Tabel Dimensi Alat Pengolah Limbah.....	45
Tabel 4.9 Tabel Perbandingan Alat Pengolahan Limbah.....	46
Tabel 4.10 Penilaian Alat Pengolah Limbah.....	47
Tabel 4.11 Kebutuhan Komponen Sistem Perpipaan Pembuangan Limbah Air Kotor KMP. Takabonerate	56
Tabel 4.12. Perbandingan Desain sistem Perpipaan Sewage	57

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Desain Sistem Perpipaan Sewage KMP. Takbonerate	63
Lampiran 2 Tampak Depan Desain Sistem Perpipaan Sewage KMP.Takabonerate	64
Lampiran 3 Tampak Atas Alas Ganda Desain Sistem Perpipaan Sewage KMP.Takabonerate	65
Lampiran 4 Tampak Samping Desain Sistem Perpipaan Sewage KMP. Takabonerate	66
Lampiran 5 Tampak Atas Geladak Kendaraan KMP.Takabonerate	67
Lampiran 6 Diagram Sistem Perpipaan Sewage KMP. Takabonerate.....	68

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

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. 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.

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*. Menurut Elizabeth Tilley (2009) “*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”. 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 pertaturan 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.

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

pengecahan 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 Pengolahan Limbah Sewage pada KMP. TAKABONERATE**”.

1.2 Rumusan Masalah

Mengingat fungsi dan pentingnya sistem pengolahan limbah diatas kapal dalam upaya mencegah pencemaran lingkungan, maka kapal-kapal harus dilengkapi dengan sistem pengolah limbah *sewage*, maka rumusan masalah penelitian ini adalah bagaimana rancangan disain sistem instalasi pengolahan limbah *sewage* pada KMP. TAKABONERATE.

1.3 Batasan Masalah

Untuk membatasi ruang lingkup penelitian ini diperlukan batasan-batasan sebagai berikut :

1. Sistem pengolahan limbah didesain untuk kapasitas sampai dengan 300 orang.
2. Pemilihan dimensi sesuai dengan ketersediaan ruang di kamar mesin.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Pemilihan *sewage treatment plant* yang sesuai dengan kapasitas pengolahan limbah dan batas ketersediaan ruang di KMP TAKABONERATE.
2. Merencanakan perancangan desain sistem *sewage treatment* di KMP. TAKABONERATE yang memenuhi ketentuan MARPOL.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Sebagai kajian bagi owner kapal untuk sistem pengelolaan *sewage* yang lebih optimal dan memenuhi standart dalam pengolahan limbah *sewage*.
2. Sebagai tambahan informasi bagi pihak galangan dalam perancangan sistem *sewage* yang memenuhi standar MARPOL.
3. Menjadi referensi dalam perancangan sistem pengelolaan *sewage* kapal yang sejenis.

1.6 Sistematika Penulisan

BAB I : PENDAHULUAN

Pada bab ini berisi konsep dasar penyusunan skripsi yang meliputi latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini memberikan penjelasan mengenai teori dasar mengenai kapal ferry, sistem perpipaan, sistem sanitary, sistem *sewage*, peraturan internasional, peraturan domestik, dan metode pengolahan *sewage*

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan diuraikan mengenai waktu dan lokasi penelitian, tahapan penelitian, data yang dibutuhkan yakni desain rencana umum KMP.Takabonerate , desain layout kamar mesin KMP.Takabonerate, desain diagram perpipaan sanitary dan *sewage* (air kotor) KMP.Takabonerate.

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Di dalam bab ini akan membahas mengenai hasil penelitian yang diperoleh dari perencanaan sistem pengolah limbah *sewage* KMP. Takabonerate yaitu kapasitas pengolah limbah, alat pengolah limbah yang digunakan dan diagram sistem perpipaan air kotor KMP. Takabonerate.

BAB V : PENUTUP

Pada bab ini akan menyajikan secara singkat kesimpulan yang diperoleh dari pembahasan dan juga memuat saran-saran bagi pihak yang berkepentingan untuk pengembangan penelitian lebih lanjut.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kapal Feri

Kapal feri adalah sebuah kapal transportasi jarak dekat, biasanya digunakan pada penyebrangan sungai, danau, teluk, dan pulau – pulau yang jaraknya berdekatan namun membutuhkan alat transportasi untuk menghubungkan kedua daratannya. Jenis kapal feri cukup beragam seperti feri ujung ganda, *hydrofoil*, *hovercraft*, katamaran, feri kabel, feri meja putar, feri kereta, dan ro-ro (*roll-on / roll off*). Dari jenis - jenis feri tersebut ro-ro merupakan jenis yang paling banyak ditemukan di berbagai benua.

Fleksibilitas moda transportasi laut jenis ini dalam hal pengoperasian dan fungsi membuatnya menjadi pilihan bagi badan usaha yang bergerak dibidang transportasi laut dengan kemampuannya mengangkut kendaraan, barang, dan penumpang yang lebih mudah dan murah dibanding pilihan lain untuk jalur penyebrangan. Keunggulan kapal ini sejalan dengan kondisi geografis dari indonesia yang memiliki daratan-daratan yang terpisah oleh perairan dan membutuhkan penghubung antar pulau untuk berbagai tujuan.



Gambar 2.1 Kapal Feri ro-ro.

2.2 Sistem Perpipaan Sanitary dan Sewage

Sistem perpipaan pada kapal adalah suatu komponen penting. Dalam perencanaan sistem – sistem ini akan mendukung operasional kapal. Pada kapal sistem perpipaan dibagi menjadi tiga kelompok layanan sistem perpipaan berdasarkan fungsi dan tujuannya. *General service system* meliputi : sistem bilga, sistem ballast, dan sistem pemadam kebakaran. *Main engine and auxiliary engine system* meliputi : sistem bahan bakar, sistem pelumasan, sistem *start* mesin dan sistem pendingin . *Domestic system and accomodatiom* meliputi : sistem air tawar, sistem sanitasi dan sistem *sewage*.

Perencanaan sistem perpipaan pada kapal harus mengikuti ketentuan – ketentuan dari klas yang mengatur standar – standar dalam perencanaan sistem perpipaan.

2.2.1 Sistem Sanitary

Sistem Sanitary atau bisa disebut *domestic water system* adalah sistem distribusi air bersih (*fresh water*) di dalam kapal yang digunakan oleh ABK dalam memenuhi kebutuhan akan air minum dan memasak, untuk mandi, mencuci dan lain-lain. Sedangkan untuk kebutuhan di WC (*water closed*), dengan perencanaan sistem yang sama digunakan sistem air laut (*sea water*) yang disuplai ke tiap geladak yang memiliki kamar mandi. Kedua sistem pelayanan diatas memiliki dasar kerja yang sama menggunakan pompa otomatis untuk mensuplai fluida ke tangki bertekanan (*hydropore*) yang disuplai dari sistem udara tekan. Udara tekan ini direncanakan memiliki head dan tekanan yang memadai untuk dapat mensuplai air ke tempat yang memerlukan, diantaranya kamar mandi, *laundry room*, *galley*, dan *wash basin*. Pompa dioperasikan secara otomatis dengan *swicth* tekanan yang bekerja berdasar level air yang dikehendaki [DA. Taylor].

2.2.2 Sistem Sewage

Sistem *sewage* adalah sistem penampungan ataupun pengolahan limbah yang berasal dari drainase toilet, urinal, ruang medis, ruangan hewan hidup ataupun drainase yang tercampur dengan drainase yang disebutkan sebelumnya. Pembuangan limbah *sewage* secara sembarangan dilaut tidak dibenarkan maka dari itu penampungan ataupun pengolahan limbah wajib dilakukan dan limbah

dapat dibuang kelaut pada batas wilayah perairan tertentu yang telah ditetapkan. Pada sistem *sewage* terdapat tangki penampungan ataupun tangki pengolahan limbah air kotor. Limbah yang ditampung akan dibawa ke pelabuhan dan disalurkan ke fasilitas penerimaan pelabuhan atau limbah diolah dengan alat pengolah limbah lalu akan dibuang ke laut melalui *overboard*.

Untuk ketentuan sistem *sewage* lebih lanjut dijelaskan pada regulasi Biro Klasifikasi Indonesia dalam *Rules Volume III Rules for Machinery Installations* pada *section 11* sebagai berikut.

Sistem Pembuangan Limbah

1. Umum

1.1 Kapal 400 GT ke atas dan kapal kurang dari 400 GT yang disertifikasi untuk mengangkut lebih dari 15 orang harus dilengkapi dengan peralatan berikut:

1. instalasi pengolahan limbah yang disetujui menurut Resolusi MEPC. 159(55) atau
2. sistem pembuangan limbah dan desinfektan (fasilitas untuk penyimpanan sementara limbah bila kapal berjarak kurang dari 3 mil laut dari daratan terdekat, harus disediakan), atau
3. tangki pengumpul limbah .

1.2 Saluran pipa pembuangan limbah ke fasilitas penerimaan harus diatur. Pipa harus dilengkapi dengan sambungan pelepasan standar.

1.3 Tangki penampung harus memiliki sarana untuk menunjukkan isinya secara visual. Sebuah pipa terdengar saja tidak memenuhi persyaratan di atas.

2. Pengaturan

2.1 Untuk scupper dan pelepasan ke laut lihat Peraturan Lambung Kapal (Pt 1, Vol.II) Sec.21.E.

2.2 Ketebalan dinding minimum sanitasi yang pipa mengarah langsung ke luar di bawah papan bebas dan geladak sekat ditentukan dalam Tabel 11.20a dan 11.20b.

2.3 Untuk saluran pembuangan di atas geladak lambung timbul/ geladak sekat, pipa berikut dapat digunakan:

1. pipa baja menurut Tabel 11.6, Kelompok N
2. pipa dengan ketebalan lebih kecil bila secara khusus dilindungi terhadap korosi, dengan persetujuan
3. khusus jenis pipa khusus menurut untuk diakui standar yang, misalnya pipa soket, dengan persetujuan khusus.

2.4 Untuk saluran pembuangan sanitasi di bawah geladak lambung timbul/dek sekat di dalam kompartemen kedap air, yang berakhir di tangki limbah atau disanitasi instalasi pengolahan, pipa menurut 2.3 dapat digunakan.

2.5 Penetrasi pipa dengan ketebalan lebih kecil, pipa tipe khusus dan pipa plastik melalui sekat tipe A harus tipe yang disetujui oleh BKI.

2.6 Jika pipa pembuangan sanitasi dialirkan melalui ruang pipa tersebut muat, harus dilindungi dari kerusakan akibat muatan.

2.7 Tangki limbah dan sistem pengolahan limbah.

2.7.1 Tangki limbah harus dilengkapi dengan pipa udara yang menuju ke dek terbuka. Untuk alat penutup pipa udara lihat R.1.3.

2.7.2 Tangki air limbah harus dilengkapi dengan pengisian sambungan, sambungan pembilasan dan alarm ketinggian.

2.7.3 Saluran pembuangan tangki limbah dan tangki pengolahan limbah harus dipasang di sisi kapal dengan katup non-balik yang dapat disekrup. Ketika katup tidak diatur secara langsung di kapal, sisi ketebalan pipa harus sesuai dengan Tabel 11.20b, kolom B.

2.7.4 Sarana kedua proteksi aliran balik harus dipasang pada saluran isap atau saluran pengiriman pompa air limbah dari tangki limbah atau instalasi pengolahan limbah jika, dalam hal kemiringan 5° ke port atau kanan, bukaan internal terendah dari sistem pembuangan kurang dari 200 mm di atas garis beban musim panas¹¹.

Sarana kedua proteksi aliran balik dapat berupa lingkaran pipa yang memiliki ketinggian luapan di atas garis beban musim panas sekurang-kurangnya 200 mm pada tumpukan 5°. Pipa Loopharus dilengkapi dengan alat ventilasi otomatis yang terletak pada 45° di bawah puncak loop.

2.7.5 Dimana pada kemiringan kapal 5° di pelabuhan atau kanan, bukaan bagian dalam terendah dari pembuangan sistem terletak pada garis muat musim panas atau di bawahnya, garis pembuangan tangki pengumpul limbah harus dipasang sebagai tambahan aliran balik yang diperlukan perangkat proteksi menurut 2.7.4 dengan katup gerbang langsung pada pelapisan cangkang. Dalam hal ini gawai proteksi aliran balik tidak perlu dari tipe ulir.

2.7.6 Pompa ballast dan bilga tidak boleh digunakan untuk mengosongkan tangki limbah.

3. Aturan tambahan untuk kapal dengan Karakter Klasifikasi atau T

3.1 Pengaturan sanitasi dan saluran pembuangannya harus ditempatkan sedemikian rupa sehingga jika terjadi kerusakan pada satu kompartemen tidak ada kompartemen lain yang dapat dibanjiri.

3.2 Jika kondisi ini tidak dapat dipenuhi, misalnya bila:

1. kompartemen ke atas air dihubungkan satu sama lain melalui bukaan internal saluran pembuangan sanitasi, atau

2. saluran pembuangan sanitasi dari beberapa kompartemen ke atas air dialirkan ke tangki pembuangan umum, atau

3. Bagian dari sistem pembuangan sanitasi terletak di dalam zona kerusakan (lihat D.9.) dan ini terhubung ke kompartemen lain melalui bukaan internal, ke atas air harus dipastikan dengan menggunakan perangkat penutup yang dikendalikan dari jarak jauh pada sekat ke atas air.

Pengoperasian perangkat penutup harus dimungkinkan dari posisi yang selalu dapat diakses di atas geladak kepala curah pada kapal penumpang dan di atas saluran air bocor yang tidak sesuai pada kapal lain. Posisi perangkat pemutus harus dipantau pada posisi remote control.

3.3 Jika bukaan bagian dalam terendah dari sistem pembuangan saniter berada di bawah geladak sekat, katup non-balik yang dapat disekrup dan perangkat proteksi aliran balik kedua harus dipasang pada saluran pembuangan dari pengaturan pengolahan air saniter. Dalam hal ini, saluran pembuangan tangki pengumpul sanitasi harus dilengkapi dengan katup gerbang dan dua perangkat proteksi aliran balik. Mengenai gawai pemutus dan gawai proteksi aliran balik, 2.7.3, 2.7.4 dan 2.7.5 harus diterapkan.

2.3 Peraturan dan Regulasi

Annex IV memuat ketentuan untuk mengendalikan pencemaran laut yang disebabkan oleh limbah, pembuangan limbah ke laut dilarang, kecuali jika kapal telah mengoperasikan pabrik pengolahan limbah yang disetujui. MARPOL Annex IV 73/78 (versi pertama dari annex IV) direvisi oleh oleh Marine Environment Protection Committee of the Organization karena dianggap tidak sesuai dengan kondisi dunia perkapalan saat itu sehingga menghasilkan Resolution MEPC 115(51) yang menghasilkan ketentuan MARPOL Annex IV yang berlaku sampai hari ini.

Menurut Kobojević dan Kurtela (2011) secara garis besar Annex IV memuat ketentuan-ketentuan sebagai berikut :

- a) Larangan atau pembatasan pembuangan,
- b) Menerbitkan sertifikat dan inspeksi,
- c) Peralatan dan pengawasan pembuangan,
- d) Fasilitas penampungan limbah dipelabuhan.

2.3.1 Annex IV Regulasi 1

Dalam MARPOL Annex IV yang dimaksud *sewage* menurut Regulation 1 poin ke 3 adalah sebagai berikut :

1. Drainase dan segala jenis limbah lainnya yang berasal dari toilet dan urinal;
2. Drainase tempat medis (apotek, bangsal, rumah sakit, dll). Melalui wastafel, bak cuci dan scuppers yang terletak ditempat tersebut;
3. Drainas ruangan dengan hewan hidup; atau

4. Limbah lainnya bila tercampur dengan saluran pembuangan yang ditentukan diatas.

2.3.2 Annex IV Regulasi 2

Pelarangan atau pembatasan pembuangan *sewage* menurut regulasi 1 diberlakukan untuk kapal-kapal dengan ketentuan pada Regulation 2 berisi ketentuan sebagai berikut :

1. Kapal baru dengan tonase kotor 400 dan lebih; dan
2. Kapal baru dengan berat kurang dari 400 gross tonnage bersertifikat untuk mengangkut lebih banyak kapal dari 15 orang; dan
3. Kapal yang ada dengan tonase kotor 400 dan lebih dari lima tahun sejak tanggal masuk mulai berlakunya lampiran ini; dan
4. Kapal yang ada kurang dari 400 tonase kotor bersertifikat untuk mengangkut lebih banyak kapal dari 15 orang, lima tahun setelah berlakunya Annex ini.

Sebagaimana yang disebutkan pada bab sebelumnya bahwa melalui Perpres nomor 29 tahun 2012 indonesia meratifikasi hasil konvensi MARPOL. Sebagai tindakan lebih lanjut untuk pengadopsian hasil konvensi MARPOL dan pengadaptasian peraturan pemerintah tentang perpres maka melalui peraturan menteri perhubungan republik Indonesia nomor pm 29 tahun 2014 tentang pencegahan pencemaran lingkungan maritim pada paragraf 4 pasal 23 diputuskan bahwa :

1. Setiap kapal dengan tonase kotor GT 400 (empat ratus Gross Tonnage) atau lebih dan/atau kapal dengan tonase kotor kurang dari GT 400 (empat ratus Gross Tonnage) dengan jumlah pelayar 15 (lima belas) orang atau lebih yang berlayar di perairan internasional wajib memenuhi ketentuan dalam Annex IV MARPOL 73/78.
2. Setiap kapal dengan tonase kotor GT 400 (empat ratus *Gross Tonnage*) atau lebih dan/atau kapal dengan tonase kotor kurang dari GT 400 (empat ratus *Gross Tonnage*) dengan jumlah pelayar 15 (lima belas) orang atau

lebih yang berlayar di perairan Indonesia wajib memenuhi ketentuan dalam Peraturan Menteri ini.

3. Setiap kapal dengan tonase kotor GT 100 (seratus *Gross Tonnage*) sampai dengan GT 399 (tiga ratus sembilan puluh sembilan *Gross Tonnage*) dengan jumlah pelayar kurang dari 14 (empat belas) orang yang berlayar di perairan Indonesia dan di perairan internasional wajib memenuhi ketentuan dalam Peraturan Menteri ini.
4. Kapal yang dinyatakan telah memenuhi ketentuan sebagaimana dimaksud pada ayat (1), ayat (2), dan ayat (3) diterbitkan sertifikat pencegahan pencemaran oleh kotoran oleh Direktur Jenderal.

2.3.3 Annex IV Regulation 9

Pada Regulation 9 diatur tentang perlengkapan yang harus dimiliki oleh kapal untuk mengatasi masalah *sewage* diatas kapal. Pada regulation 9 kapal harus memiliki salah satu dari tiga sistem *sewage* berikut :

1. Instalasi pengolahan limbah yang harus dari jenis yang disetujui oleh Administrasi, dengan mempertimbangkan standar dan metode pengujian yang dikembangkan oleh Organisasi¹, atau
2. Sistem penghalusan dan desinfeksi limbah yang disetujui oleh Administrasi Sistem tersebut harus dilengkapi dengan fasilitas yang sesuai dengan ketentuan Administrasi, untuk penyimpanan sementara limbah ketika kapal kurang dari 3 mil laut dari daratan terdekat, atau
3. Tangki penampung dengan kapasitas yang sesuai dengan Administrasi untuk tangki penampungan semua limbah, dengan memperhatikan pengoperasian kapal, jumlah orang di atas kapal dan faktor-faktor relevan lainnya. Tangki penampungan harus dibangun sesuai dengan ketentuan Administrasi dan harus mempunyai sarana untuk menunjukkan secara visual jumlah isinya.

¹ Mengacu pada rekomendasi *Interntional Effluent Standards and Guidelines for Performance Test for Sewage Treatment Plants*.

2.3.4 Survei & Serifikasi Sistem Instalasi Pengolah Sewage

Instalasi *sewage* yang telah dipasang dikapal harus disurvei untuk mendapatkan setifikasi dari pihak terkait. Survei dilakukan untuk mengetahui kandungan *output* dari *sewage* yang telah di-*treatment* terlebih dahulu.

Kandungan *output* dari instalasi *sewage* telah diatur melalui 2012 *Guidelines On Implentation Of Effluent Standards And Performance Tests For Sewage Treatment Plants* (Resolution MEPC.227(64)) yang berkaitan dengan desain instalasi,kinerja, dan pengujian instalasi pengolahan *sewage* sesuai dengan regulasi 9.1.1 dan 9.2.1 dari MARPOL annex IV. Untuk *output* instalasi *sewage* yang harus persyaratan survei yang belaku mulai tanggal 1 januari 2016 berdasarkan aturan MARPOL nilai tiap standar tidak boleh melebihi nilai yang tertera pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Nilai Batas Kandungan Hasil Pengolahan Limbah

Thermotolerant Coliform	Total Suspended Solids	Biochemichal Oxygen Demand (BOD5)	Chemical Oxygen Demand (COD)	pH
/ 100 ml	mg/l	mg/l	mg/l	
100	35	25	125	6 - 8,5

Selain dari kandungan hasil pengolahan *sewage*, alat pengolah limbah harus tetap dapat beroperasi pada kemiringan 22,5° dari kondisi normal. Selanjutnya jika telah disurvei dan memenuhi standar MARPOL kapal akan mendapatkan *International Sewage Pollution Prevention Certificate* yang berlaku maksimal 5 tahun sejak sertifikat diterbitkan menurut regulation 8 pada annex IV.

2.4 Metode Pengolahan Sewage

Metode pengolahan limbah *sewage* dikapal umumnya hampir sama dengan metode pengolahan limbah didarat seperti limbah hotel, kantor, rumah makan, dan lain-lain karena objek yang akan diolah sama. Menurut Koboević dan Kurtela (2011) *sewage* dapat diproses dengan tiga metode : mekanik, kimia, dan biologi.

Pengolahan limbah *sewage* biasanya merupakan kombinasi dari tiga metode seperti mekanik-kimia, mekanik biologi, dan kimia biologi. Metode pengolahan yang dikombinasi harus menghasilkan air limbah yang sesuai dengan ketentuan pada tabel 2.1 dan tampak visual air limbah tidak boleh menghasilkan padatan mengambang yang terlihat atau mengubah warna air disekitarnya.



Gambar 2.2 Mesin Pengolah Limbah pada kapal

Dalam sebuah *Sewage Treatment Plant* terdapat beberapa tangki yang akan memproses limbah *sewage*. *Pertama* tangki penampungan yang akan menampung dan memisahkan sampah seperti tisu atau pembalut dengan *sewage* dan menghancurkan padatan limbah *sewage*. *Kedua* tangki aeration, ditangki ini dilakukan proses oksidasi limbah. *Ketiga* tangki filtrasi yang akan memisahkan partikel lumpur dengan air limbah. Keempat tangki diinfeksi yang akan memurnikan air hasil filtrasi.

Menurut Koboević dan Kurtela (2011) limbah *sewage* dikapal diolah dengan tahapan sebagai berikut :

1. Penampungan Air Limbah

Air limbah (black water & grey water) dikumpulkan didalam tangki penampungan. Di dalam tangki penampungan limbah dipisahkan dari bahan lain seperti tissu ataupun pembalut lalu dihancurkan secara mekanik. Pengolahan limbah *sewage* secara mekanik bertujuan untuk mengahaluskan padatan-padatan limbah *sewage*. Padatan limbah diolah menjadi partikel yang lebih kecil pada tahap awal pengolahan limbah. Pengolahan mekanik mereduksi maksimal 50% padatan dari limbah *sewage* dan sisanya akan dioksidasi secara kimia maupun biologi.

2. Oksidasi Air limbah

Oksidasi air limbah *sewage* dapat dioksidasi secara kimia maupun secara biologi. Oksidasi air limbah *sewage* bertujuan untuk. Oksidasi secara kimia menggunakan bahan kimia seperti ozone, chlorine, dan hidrogen peroksida yang dicampurkan kedalam limbah. Sedangkan secara biologi limbah diolah menggunakan mikroorganismenya memakan kotoran yang mampu mereduksi BOD dikisaran 80 - 95 % dan Fosfor 20-40%, namun pengolahan secara biologi sangat tergantung pada kondisi hidup dari micro organismenya dan memakan waktu yang cukup lama dalam pengoksidasiannya.

3. Filtrasi Air Limbah

Setelah dioksidasi air limbah *sewage* akan dipisahkan dengan lumpur limbah *sewage*. Lumpur limbah akan dikembalikan ketangki sebelumnya untuk diproses kembali. Pemisahan air dan lumpur biasanya menggunakan filter membran dan dissolved air flotation (DAF). Dissolved air flotation menggunakan gelembung udara mikroskopis untuk mendorong partikel padat kepermukaan tangki.

4. Disinfeksi Air Limbah

Setelah tahapan filtrasi air limbah memasuki tahapan akhir dari

pemurnian yaitu tahapan disinfeksi. Metode disinfeksi bergantung pada metode pada tahapan sebelumnya dan kondisi air limbah yang telah difiltrasi. Jika hasil air limbah dari tahap filtrasi tidak keruh maka metode yang digunakan pada tahapan ini adalah dengan menggunakan sinar *ultra violet* sebaliknya jika air hasil filtrasi keruh maka digunakan metode lain seperti pencampuran klorin atau ozon.

5. Pengolahan Padatan Sisa

Setelah tahapan diinfeksi air limbah sudah dapat dibuang dilaut dalam jarak yang telah diatur namun pada proses panjang pengolahan limbah menyisakan residu yang berbentuk padatan yang tidak dapat dibuang ke laut dan harus ditampung sebelum dipindahkan ke daratan.

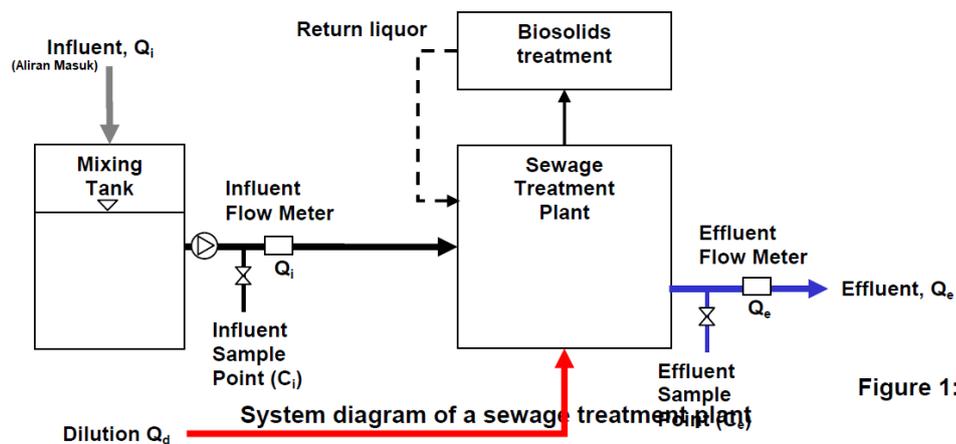


Figure 1:

Gambar 2.3 Sistem Diagram *Sewage Treatment* (Resolution MEPC.227(64))