

**PENGOPERASIAN DAN PERAWATAN SEWAGE
TREATMENT PLANT DI ATAS KAPAL MV.MURJAN 4**



Disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan
Program Pendidikan dan Pelatihan Pelaut (DP) Tingkat I

HAMKA

NIS. 25.07.102.010

AHLI TEKNIKA TINGKAT I

**PROGRAM DIKLAT PELAUT TINGKAT I
POLITEKNIK ILMU PELAYARAN MAKASSAR
TAHUN 2025**

**PENGOPERASIAN DAN PERAWATAN SEWAGE
TREATMENT PLANT DI ATAS KAPAL MV.MURJAN 4**



Disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan
Program Pendidikan dan Pelatihan Pelaut (DP) Tingkat I

HAMKA

NIS. 25.07.102.010

AHLI TEKNIKA TINGKAT I

**PROGRAM DIKLAT PELAUT TINGKAT I
POLITEKNIK ILMU PELAYARAN MAKASSAR
TAHUN 2025**

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Hamka

Nomor Induk Siswa : 25.07.102.010

Program Diklat : Ahli Teknika Tingkat I

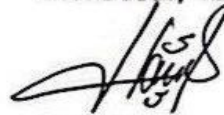
Menyatakan bahwa KIT dengan judul:

**PENGOPERASIAN DAN PERAWATAN *SEWAGE TREATMENT PLANT*
DI ATAS KAPAL MV.MURJAN 4.**

Merupakan karya asli. Seluruh ide yang ada dalam KIT tersebut, kecuali tema dan yang saya nyatakan sebagai kutipan, merupakan ide yang saya sendiri.

Jika pernyataan di atas terbukti sebaliknya, maka saya bersedia menerima sanksi yang ditetapkan oleh Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.

Makassar, 12 September 2025



Hamka

NIS 25.07.102.010

**PERSETUJUAN SEMINAR
KARYA ILMIAH TERAPAN**

Judul : **PENGOPERASIAN DAN PERAWATAN SEWAGE
TREATMENT PLANT DI ATAS KAPAL MV.MURJAN 4**
Nama Pasis : **H A M K A**
NIS : **25.07.102.010**
Program Diklat : **Ahli Teknika Tingkat I**

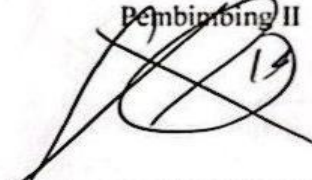
Dengan ini dinyatakan telah memenuhi syarat untuk di seminarkan
Makassar, 12 SEPTEMBER 2025

Menyetujui,

Pembimbing I

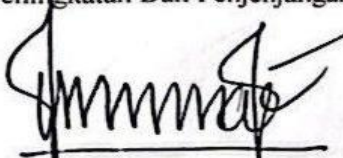

WINARNO S.Sos.M.M.,M.Mar.E
NIP. 19700116200912 1 001

Pembimbing II


AGUS SALIM S.Si.T.,M.Mar.E
NIP. 19820828 202521 1 028

Mengetahui:

Manager Diklat Teknis,
Peningkatan Dan Penjenjangan


Ir. SUYUTI M.Si., M.Mar.E
NIP. 19680508 200212 1 002

**PENGOPERASIAN DAN PERAWATAN SEWAGE
TREATMENT PLANT DI ATAS KAPAL
MV.MURJAN 4**

Disusun dan Diajukan oleh:

HAMKA
NIS. 25.07.102.010
Ahli Teknik Tingkat I

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian KIT
Pada tanggal 12 SEPTEMBER 2025

Menyetujui,

Pembimbing I

WINARNO S. Sos, M.M., M.Mar.E
NIP. 19700116 200912 1 001

Pembimbing II

AGUS SALIM, S.Si.T., M.Mar.E
NIP. 19820828 202521 1 028

Mengetahui:

a.n. Direktur
Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar
Pembantu Direktur I

Capt. FAISAL SARANSI, M.T.
NIP. 19750329 199903 1 002

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga akhirnya penulis dapat menyelesaikan karya ilmiah terapan dengan judul: :
“PENGOPERASIAN DAN PERAWATAN SEWAGE TREATMENT PLANT DI ATAS KAPAL MV.MURJAN 4”

Dalam penyusunan karya ilmiah terapan ini penulis banyak mendapatkan bantuan dan dorongan yang sangat berharga dari berbagai pihak, baik secara moril maupun materil. Untuk itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada yang terhormat :

Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada:

1. Capt. Rudy Susanto, M.Pd., selaku Direktur Politeknik Ilmu Pelayaran (PIP) Makassar.
2. Bapak Ir. Suyuti, M.Si., M.Mar.E., selaku Manager Diklat Teknis, Peningkatan, dan Penjenjangan di Politeknik Ilmu Pelayaran (PIP) Makassar.
3. Bapak Winarno, S.Sos, M.M., M.Mar.E selaku pembimbing I yang telah memberikan bimbingan dan arahan dengan sabar dan teliti.
4. Bapak Agus Salim, S.Si.T., M.Mar.E selaku pembimbing II yang juga dengan kesabaran membimbing dalam penyusunan karya ini.
5. Seluruh dosen dan staf Politeknik Ilmu Pelayaran (PIP) Makassar.
6. Orang tua dan keluarga yang senantiasa memberikan dukungan, cinta, dan doa.
7. Semua pihak yang telah membantu, namun tidak bisa disebutkan satu per satu

Penulis menyadari bahwa karya tulis ilmiah ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan demi penyempurnaan karya ini di masa mendatang. Akhir kata, penulis berharap karya ilmiah ini dapat memberikan manfaat dan wawasan bagi pembaca, khususnya yang berkecimpung di bidang kelautan, serta dapat menjadi referensi yang bermanfaat di dunia pelayaran.

Makassar, September 2025

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Hamka', with a stylized, cursive script.

Hamka

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN	iii
HALAMAN PERSETUJUAN SEMINAR	iv
HALAMAN PENGESAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	2
C. Batasan Masalah.....	3
D. Tujuan Penulisan.....	4
E. Manfaat Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
A. Pengertian Dan Prinsip Kerja <i>Sewage Treatment Plant</i>	6
B. Aturan tentang <i>sewage treatment plant</i>	8
C. Komponen <i>sewage treatment plant</i>	10
D. Pengoperasian <i>sewage treatment plant (STP) di kapal</i>	14
E. Komponen dan proses kerja STP	15
F. Perawatan <i>sewage treatment plant</i>	17
G. Dampak <i>sewage treatment plant(STP)</i> yang menurun	18
H. Faktor Manusia.....	18
I. Organisasi di Atas Kapal	20
J. Faktor Kapal	24
BAB III METODE PENELITIAN	
A. Observasi (Pengamatan).....	26
B. Wawancara	27
C. Studi Pustaka	27
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
A. Lokasi Kejadian	29
B. Situasi dan Kondisi.....	29
C. Temuan	30
D. Urutan Kejadian.....	32
E. Pembahasan	32
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
A. Kesimpulan.....	34
B. Saran.....	35
DAFTAR PUSTAKA	38
LAMPIRAN	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. <i>Sewage Treatment Plant</i>	6
2. <i>Aero tank</i>	11
3. <i>Aerator/diffuser</i>	11
4. <i>Settlement Tank</i>	12
5. <i>Chloronation Tank</i>	12
6. <i>Blower</i>	13
7. <i>Dosing Pump</i>	14
6. <i>Discharge pump and Piping</i>	14

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. <i>Ship Particular</i>	39
2. <i>Crew List</i> MV.Murjan 4.....	40
3. Gambar Kapal MV.Murjan 4	41
4. <i>International Sewage Pollution Prevention Certificate</i>	42
5. Diagram Blok STP Super Triden STC01	45
6. <i>SEWAGE Treatment Plant Chemical Usage & Record</i>	46
7. <i>Daily sewage Tanks Collection & Disposal Record</i>	47

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sewage Treatment Plant (STP) adalah salah satu sistem penting yang digunakan di kapal untuk mengolah limbah domestik agar tidak mencemari lingkungan laut. Isu pencemaran laut kini menjadi perhatian global yang menuntut keterlibatan serius dari seluruh pihak, terutama sektor pelayaran. Salah satu sumber pencemar adalah limbah sewage kapal yang, apabila tidak dikelola secara tepat, dapat merusak ekosistem perairan dan mengancam keberlangsungan biota laut. Untuk mengantisipasi hal ini, kapal modern dibekali *Sewage Treatment Plant* (STP) sebagai sarana pengolahan limbah sebelum dilepaskan ke laut atau dialihkan ke fasilitas pengolahan di darat. Penerapan STP bukan hanya bentuk kepatuhan terhadap aturan lingkungan, tetapi juga langkah nyata dalam menjaga kualitas perairan (Fadholi et al., 2024).

Sebagai langkah pencegahan, setiap kapal dengan ukuran tertentu diwajibkan memiliki STP untuk memastikan limbah yang dilepas ke laut telah diolah sesuai standar internasional. Ketentuan ini diatur dalam *MARPOL Annex IV*, yang secara tegas melarang pembuangan limbah mentah ke laut. Pasal 9 menyebutkan bahwa pembuangan hanya diperbolehkan apabila limbah telah diproses oleh STP yang memenuhi standar atau dibuang pada jarak lebih dari 12 mil laut dari pantai terdekat. Selain itu, setiap kapal juga wajib memiliki *International Sewage Pollution Prevention Certificate* (ISPPC) sebagai bukti

kepatuhan. Pelanggaran terhadap regulasi ini dapat berakibat pada sanksi administratif, denda, hingga pencabutan izin berlayar.

Kapal MV. Murjan 4 dengan ukuran GRT 648 termasuk kapal yang diwajibkan memiliki STP. Sistem yang digunakan adalah *Wärtsilä Super Trident STC01*, salah satu tipe STP yang bekerja dengan prinsip kombinasi proses biologis aerobik dan filtrasi. Dalam pengoperasiannya, STP ini masih menghadapi beberapa permasalahan teknis, seperti gangguan pada aerator/blower, pompa resirkulasi lumpur, serta keterlambatan dalam pengurasan lumpur. Permasalahan tersebut dapat menurunkan kualitas efluen, menimbulkan bau menyengat, bahkan berpotensi menghasilkan gas beracun (seperti H_2S) yang berbahaya bagi kesehatan awak kapal maupun lingkungan laut.

Berdasarkan kondisi tersebut, penulis memandang perlu adanya kajian lebih mendalam mengenai pengoperasian dan perawatan STP di atas kapal MV. Murjan 4. Kajian ini diharapkan dapat memberikan gambaran nyata mengenai kendala yang sering dihadapi di lapangan sekaligus solusi perawatannya. Hasil kajian kemudian dituangkan dalam bentuk Karya Ilmiah Terapan (KIT) dengan judul: "**PENGOPERASIAN DAN PERAWATAN SEWAGE TREATMENT PLANT DI ATAS KAPAL MV.MURJAN 4**".

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka rumusan masalah adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana prosedur pengoperasian STP di atas kapal MV. Murjan 4 agar sesuai standar dan berjalan optimal?
2. Apa saja faktor penyebab timbulnya bau menyengat serta penurunan kualitas efluen pada STP?
3. Bagaimana upaya perawatan yang tepat untuk menjaga kinerja STP agar tetap memenuhi standar lingkungan dan keselamatan?
4. Bagaimana langkah pencegahan kerusakan pada komponen vital (blower, pompa resirkulasi, dan tangki lumpur) agar umur pakai STP lebih panjang?.

C. Batasan Masalah

Agar pembahasan lebih terarah dan tidak melebar, penelitian ini dibatasi pada hal-hal berikut:

1. Kajian dilakukan hanya pada sistem *Sewage Treatment Plant* (STP) Wärtsilä STC01 Super Trident di kapal MV. Murjan 4.
2. Fokus penelitian mencakup pengoperasian, perawatan, serta permasalahan teknis yang memicu bau menyengat, penurunan kualitas efluen, dan gangguan pada komponen utama (*blower*, pompa resirkulasi, dan tangki lumpur).
3. Tidak membahas sistem pengolahan limbah lain di kapal seperti *Oily Water Separator* (OWS) atau *incinerator*.
4. Tidak membahas aspek manajemen kru maupun perhitungan biaya operasional, sehingga kajian difokuskan pada aspek teknis.

D. Tujuan Penulisan

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Menjelaskan prosedur pengoperasian *Sewage Treatment Plant* di kapal MV. Murjan 4.
2. Menganalisis faktor penyebab bau menyengat dan penurunan kualitas efluen pada STP.
3. Memberikan solusi perawatan yang tepat agar STP berfungsi optimal dan sesuai standar *MARPOL Annex IV*.
4. Memberikan rekomendasi langkah-langkah preventif maupun korektif dalam pengoperasian STP.
5. Mendukung tercapainya operasi kapal yang ramah lingkungan dan sesuai regulasi internasional..

E. Manfaat Penulisan

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Bagi Penulis
 - a. Menambah wawasan dan pengalaman praktis dalam pengoperasian serta perawatan STP di kapal.
 - b. Melatih kemampuan analisis terhadap permasalahan teknis di lapangan.
2. Bagi Awak Kapal dan Praktisi Maritim
 - a. Memberikan panduan praktis untuk menjaga kinerja STP tetap optimal.
 - b. Menjadi referensi dalam mengatasi bau menyengat, penumpukan lumpur, serta gangguan pada komponen utama.

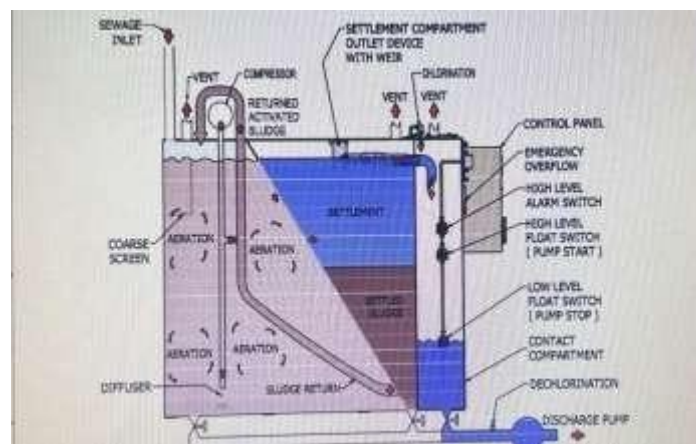
- c. Meningkatkan keselamatan kerja dengan memahami potensi bahaya gas beracun yang dapat timbul dari sistem STP.
- 3. Bagi Institusi Pendidikan
 - a. Menjadi tambahan literatur di Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar dalam bidang teknik permesinan kapal.
 - b. Menyediakan contoh kasus nyata sebagai bahan ajar maupun penelitian lanjutan.
- 4. Bagi Dunia Pelayaran dan Lingkungan
 - a. Mendukung kepatuhan terhadap regulasi internasional tentang pencegahan pencemaran laut.
 - b. Mendorong pengelolaan limbah kapal yang ramah lingkungan demi menjaga kelestarian ekosistem laut.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Pengoperasian dan perawatan *Sewage Treatment Plant* (STP) di kapal adalah aspek penting untuk menjaga agar limbah cair dari kapal dapat diolah dengan baik sebelum dibuang ke laut, sehingga mencegah pencemaran lingkungan laut dan menjaga kenyamanan serta kesehatan kru kapal.

A. Pengertian Dan Prinsip Kerja *Sewage Treatment Plant*



Gambar 1. *Sewage Treatment Plant*

Sewage Treatment Plant (STP) adalah peralatan penting di kapal yang berfungsi mengolah limbah manusia sebelum dibuang ke laut agar tidak menimbulkan pencemaran lingkungan, seperti kekeruhan air maupun penyebaran penyakit. Umumnya, STP dioperasikan ketika kapal berada di pelabuhan atau berlabuh jangkar, sehingga berperan dalam menjaga kualitas lingkungan laut sekitar dermaga sekaligus mengurangi risiko penyebaran bakteri dan virus yang berasal dari tinja, urine, maupun limbah cair lainnya (Suyuti & Samsul bahri, 2023).

Proses pengolahan limbah dalam STP sangat bergantung pada keberlangsungan hidup bakteri aerob, yang membutuhkan pasokan oksigen secara terus-menerus. Tanpa proses treatment, pembuangan limbah secara langsung dapat menurunkan kualitas ekosistem laut, menimbulkan bau tidak sedap, kekeruhan, perubahan warna air, hingga penyebaran penyakit. Oleh karena itu, pengolahan limbah secara berkala dengan suplai oksigen yang memadai, diperlukan agar limbah aman dibuang ke laut sesuai peraturan pemerintah dan standar internasional (Wiguna, 2021).

Sesuai *MARPOL 73/78 Annex IV*, kapal wajib dilengkapi STP sebagai bagian dari persyaratan pencegahan pencemaran laut. Peraturan ini berlaku untuk kapal baru maupun kapal lama dengan GT tertentu serta jumlah penumpang di atas 15 orang, khususnya yang beroperasi dalam pelayaran internasional. Selain itu, setiap kapal yang memiliki STP wajib memiliki *International Sewage Pollution Prevention Certificate* (ISPP) yang dikeluarkan oleh otoritas berwenang (Suyuti & Samsul bahri, 2023).

Secara umum, STP terdiri dari empat kompartemen utama, yaitu *Collecting Tank*, *Disinfection Tank*, *Aeration/Compressor System*, dan *Sewage Pump*. Proses pengolahan dimulai dari pengumpulan limbah dalam *Collecting Tank*, kemudian dialirkan ke tangki aerasi untuk diproses oleh bakteri aerob dengan bantuan udara bertekanan dari *blower*. Selanjutnya, limbah masuk ke tangki disinfeksi untuk

dinetralkan dengan chlorine tablet, lalu menuju settling tank sebelum akhirnya dibuang ke laut melalui discharge pump.

Untuk memastikan kinerja optimal, perawatan berkala diperlukan pada seluruh bagian, termasuk pembersihan tangki, pengecekan blower aerasi, pemeriksaan pompa pembuangan, dan penggantian chlorine tablet. Perawatan yang baik akan menjaga umur pakai STP lebih lama serta memastikan pembuangan limbah berlangsung sesuai fungsi utama STP, yaitu melindungi lingkungan laut dari pencemaran .

B. Aturan Tentang Sewage Treatment Plant

Sesuai dengan aturan *International Maritime Organization* (IMO) tahun 1973 tentang *International Convention for the Prevention of Pollution from Ships* yang kemudian dimodifikasi melalui Protokol 1978, lahirlah regulasi yang lebih dikenal sebagai MARPOL 73/78. Konvensi ini mengatur berbagai aspek pencegahan pencemaran dari kapal, termasuk pengolahan limbah manusia (*sewage*). Ketentuan mengenai pengoperasian dan pembuangan limbah kapal diatur secara khusus dalam *Annex IV MARPOL 73/78*, yang mewajibkan kapal tertentu dilengkapi dengan *Sewage Treatment Plant* (STP). Kapal yang masuk klasifikasi wajib memiliki STP juga harus mengantongi *International Sewage Pollution Prevention Certificate* (ISPP 73/78), yang membuktikan bahwa kapal mampu menampung dan mengolah limbah manusia, hewan, sisa makanan, maupun limbah cair non-beracun sesuai regulasi internasional (Samudra et al., 2025).

Di Indonesia, aturan ini diperkuat dengan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 19 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran dan Perusakan Laut. Beberapa pasal relevan menegaskan pentingnya pencegahan pencemaran oleh kapal, antara lain (Presiden RI, 1999):

1. Pasal 1 ayat (1): pelayaran adalah satu sistem yang meliputi angkutan perairan, kepelabuhanan, keselamatan, keamanan, dan perlindungan lingkungan maritim.
2. Pasal 1 ayat (57): perlindungan lingkungan maritim mencakup segala upaya pencegahan dan penanggulangan pencemaran dari aktivitas pelayaran.
3. Pasal 226 ayat (1–2): penyelenggaraan perlindungan lingkungan maritim merupakan tanggung jawab pemerintah.
4. Pasal 229 ayat (1): setiap kapal dilarang membuang limbah, air balas, sampah, maupun bahan kimia berbahaya ke perairan.

Adapun aturan pembuangan limbah (*sewage*) yang ditetapkan dalam *Annex IV MARPOL 73/78* adalah (Kusuma et al., 2023):

1. Limbah yang telah dihancurkan dan bebas bakteri dapat dibuang ke laut melalui sistem STP resmi pada jarak lebih dari 4 mil laut dari daratan terdekat.
2. Limbah yang belum bebas bakteri hanya boleh dibuang pada jarak lebih dari 12 mil laut, dengan syarat disimpan terlebih dahulu dalam tangki penampung dan dibuang secara bertahap ketika kapal berlayar dengan kecepatan minimal 4 knot.

3. Pembuangan tidak boleh menghasilkan padatan terapung, bau, maupun perubahan warna perairan.
4. Saat kapal berada di pelabuhan, limbah wajib dibuang ke Reception Facility, yaitu fasilitas penerima di darat yang juga digunakan menampung sisa minyak, cairan beracun, dan sampah kapal.
5. Jika kapal beroperasi dalam wilayah hukum suatu negara, pembuangan limbah harus mengikuti regulasi yang berlaku di negara tersebut.

C. Komponen *Sewage Treatment Plant*

Komponen dari *Sewage Treatment Plant* adalah suatu alat pendukung dari *Sewage Treatment Plant* sendiri yang nantinya memiliki fungsi dan kegunaan yang berbeda yang bertujuan mengurangi pencemaran di laut dan jika salah satu komponen ini ada yang rusak pastinya akan mengurangi kinerja dari *Sewage Treatment Plant* itu sendiri maka dari itu kita akan mengenal bagian-bagian dari *Sewage Treatment Plant* agar nantinya dalam melakukan perbaikan dapat mengetahui komponen mana saja yang dapat di cek antara lain (Hafaiz, 2022).

1. *Aero Tank*

Aero tank atau tangki aerasi adalah salah satu bagian utama dari sistem *Sewage Treatment Plant* (STP) yang berfungsi untuk mengolah limbah cair di kapal dengan proses biologis menggunakan mikroorganisme.



Gambar 2. Aero tank

2. Aerator / Diffuser

Aerator atau *diffuser* merupakan komponen penting dalam aerotank (tangki aerasi) yang berfungsi memasukkan udara atau oksigen ke dalam air limbah, sehingga bakteri aerobik dapat hidup dan menguraikan bahan organik



Gambar 3. Aerator/diffuser

3. *Settlement Tank*

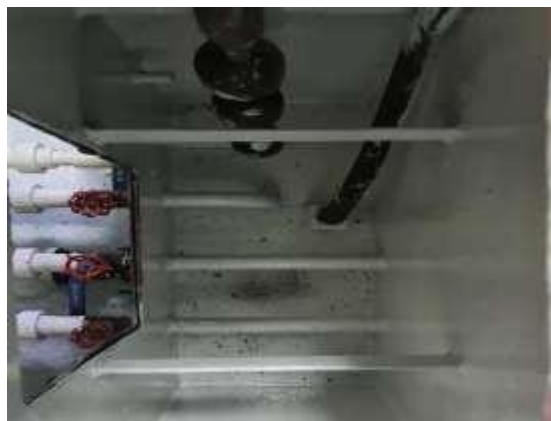
Settlement Tank adalah tanki khusus pada sistem *sewage treatment plant* (STP) yang digunakan untuk menampung lumpur (*sludge*) hasil proses pengolahan limbah dari tanki aerasi.



Gambar 4. *Settlement Tank*

4. *Chloronation Tank*

Chloronation Tank adalah tangki terakhir dalam *sewage treatment plant* (STP) yang berfungsi untuk membunuh bakteri patogen yang masih tersisah setelah proses pengolahan biologis dan pengendapan.



Gambar 5. *Chloronation Tank*

5. *Blower*

Blower pada *sewage treatment plant* (STP) berfungsi untuk menghasilkan udara bertekanan untuk menyuplai oksigen ke dalam *aero tank* (tangi aerasi) . peran blower sangat penting karena proses penguraian limbah STP mengandalkan aerobik yang bisa hidup bila cukup oksigen



Gambar 6. *Blower*

6. *Dosing Pump*

Dosing pump pada STP berfungsi untuk menyuntikkan bahan kimia dalam jumlah tertentu ke dalam sistem STP.



Gambar 7. *Dosing Pump*

7. *Discharge pump* dan Piping

Discharge pump berfungsi untuk memompa keluar hasil olahan dari *sewage treatment plant* yang sudah memenuhi standar



Gambar 8. *Discharge pump* and Piping

D. Pengoperasian *Sewage Treatment Plant* (STP) di Kapal

Sewage Treatment Plant (STP) beroperasi secara berkelanjutan selama pelayaran, namun perlu prosedur *start* dan *stop* yang tepat agar sistem dapat berjalan optimal dan meminimalkan kerusakan. Prosedur start melibatkan beberapa langkah penting, seperti:

1. Memastikan semua bagian yang terbuka pada sistem sudah tertutup dan *chamber sewage* diisi dengan air tawar.
2. Penambahan *bio pack* untuk mempercepat proses aktivasi bakteri aerobik sehingga STP bisa berfungsi optimal dalam 24 jam (tanpa *bio pack* memerlukan 5-7 hari).
3. Pengoperasian kompresor udara untuk menyediakan oksigen dengan tekanan sesuai manual (umumnya 0,3-0,4 bar).
4. Pengaturan katup *overboard* dan holding tank sesuai kondisi perairan untuk mencegah pencemaran.

5. Monitoring aliran dan pengambilan sample limbah untuk pengecekan kandungan bahan yang sulit terurai dan klorida.

E. **Komponen dan Proses Kerja STP**

Secara umum, STP terdiri dari beberapa bagian utama seperti *collecting tank*, *disinfection tank*, *compressor*, *sewage pump*, dan *chlorine tablet tank*. Limbah dari toilet dan saluran lain masuk ke *collecting tank*, kemudian diproses dalam beberapa tahapan:

1. *Collecting Tank* (Tangki Pengumpulan Limbah)

- a. Fungsi: Ini adalah tempat limbah cair (dari toilet, wastafel, shower, dll.) dikumpulkan sementara sebelum diproses lebih lanjut. *Collecting tank* bertugas menampung seluruh limbah yang berasal dari berbagai saluran pembuangan kapal.
- b. Proses Kerja: Limbah yang masuk ke tangki ini akan dipompakan ke proses pengolahan berikutnya. Biasanya, pompa limbah otomatis akan mengalirkan limbah ke tangki aerasi atau proses awal lainnya.

2. *Sewage Pump* (Pompa Limbah)

- a. Fungsi: Memindahkan limbah dari *collecting tank* ke sistem pengolahan lainnya, seperti tangki aerasi dan *settling tank*.
- b. Proses Kerja: Pompa ini bekerja otomatis berdasarkan aliran atau level cairan dalam *collecting tank*. Dengan tekanan tertentu, pompa akan memastikan aliran limbah yang konsisten ke sistem pengolahan.

3. *Blower* (Kompresor Udara untuk Aerasi)

- a. Fungsi: Blower udara menyediakan oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri aerobik untuk mengurai bahan organik dalam limbah. Oksigen yang disalurkan membantu proses biologis yang sangat penting dalam pengolahan limbah.
- b. Proses Kerja: Blower mengalirkan udara terkompresi ke dalam tangki aerasi, yang akan mencampur oksigen dengan limbah cair. Bakteri aerobik di dalam tangki mengonsumsi bahan organik limbah sebagai sumber makanan, mengubahnya menjadi senyawa yang lebih sederhana dan lebih ramah lingkungan.

4. *Aeration Tank* (Tangki Aerasi)

- a. Fungsi: Tangki aerasi adalah tahap pertama dalam pengolahan limbah. Di sini, limbah dicampur dengan udara yang disuplai oleh blower untuk mendukung proses biologis oleh bakteri aerobik.
- b. Proses Kerja: Limbah diproses dalam tangki aerasi, di mana oksigen membantu bakteri aerobik menguraikan bahan organik seperti tinja, minyak, dan lemak. Proses ini mengurangi BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) dan COD (*Chemical Oxygen Demand*) dalam limbah.

5. *Settling Tank* (Tangki Pengendapan)

- a. Fungsi: Setelah proses aerasi, limbah cair akan dipindahkan ke *settling tank* untuk mengendapkan partikel padat yang belum terurai.

- b. Proses Kerja: Partikel padat, seperti kotoran dan bahan organik yang lebih berat, akan mengendap di dasar tangki. Air yang lebih bersih akan terangkat ke bagian atas dan siap diproses lebih lanjut. Proses ini juga dikenal dengan sedimentasi, yang memisahkan limbah padat dari air yang lebih jernih.

F. Perawatan *Sewage Treatment Plant*

Perawatan berkala sangat penting untuk menjaga kinerja dan mencegah kerusakan. Komponen seperti saluran pembuangan tinja, aeration blower, pompa limbah, dan tangki chlorine harus dicek dan dibersihkan secara rutin. Gangguan umum yang sering terjadi adalah:

1. Kurangnya suplai udara yang menyebabkan proses aerasi tidak efektif.
2. Tersumbatnya saluran dan pompa akibat pengendapan atau partikel padat.
3. Kerusakan mechanical seal dan bearing pada pompa.
4. Penggunaan *chlorine* tablet yang tidak sesuai takaran menyebabkan proses disinfeksi tidak optimal

G. Dampak Kinerja *Sewage Treatment Plant* (STP) yang Menurun

Sewage Treatment Plant (STP) yang tidak berfungsi optimal dapat menyebabkan bau tidak sedap, pencemaran laut, dan gangguan kesehatan bagi kru kapal. Oleh sebab itu, pengoperasian harus sesuai *Standard Operating Procedure* (SOP) dengan pengawasan ketat serta perawatan dan pengecekan secara berkala agar sistem tetap optimal dan memenuhi persyaratan lingkungan

Pengoperasian dan perawatan STP di kapal harus dilakukan dengan prosedur yang benar dan rutin untuk menjaga performa pengolahan limbah kapal. Hal ini melibatkan pemahaman komponen sistem, langkah tepat saat start-stop, serta perawatan komponen inti seperti *aeration blower* dan pompa limbah. Pelaksanaan ini efektif mencegah pencemaran laut dan menjaga kondisi kebersihan dan kenyamanan kapal. Pengoperasian dan perawatan yang baik akan menjaga STP berfungsi optimal, mencegah pencemaran laut, dan mendukung kesehatan serta kenyamanan kru kapal selama pelayaran.

H. Faktor Manusia

Faktor manusia merupakan aspek penting dalam operasional kapal yang sangat berpengaruh terhadap keselamatan dan keberhasilan operasional. Pengetahuan dan keterampilan kru yang diperoleh dari pelatihan dan pengalaman sangat menentukan kemampuan mereka dalam mengelola dan mengoperasikan peralatan kapal, termasuk *Sewage Treatment Plant*. Selain itu, kondisi mental dan emosional kru, termasuk tingkat stres dan kelelahan fisik, juga berdampak besar pada pengambilan keputusan dan reaksi mereka saat menghadapi masalah atau kegagalan. Aktivitas yang dilakukan sebelum kejadian serta jam kerja yang panjang dapat memicu kelelahan yang menurunkan kewaspadaan kru, sehingga meningkatkan risiko kecelakaan. Perilaku kru saat terjadinya kegagalan, seperti kepanikan atau kelalaian, juga menjadi faktor penting dalam menentukan outcome kejadian.

Menurut *MARPOL Annex IV*, setiap awak kapal yang bertanggung jawab terhadap sistem pengolahan limbah wajib memiliki keterampilan teknis yang memadai untuk menjamin kepatuhan terhadap standar lingkungan internasional. Ketentuan ini berlaku bagi kapal dengan ukuran ≥ 400 GT, maupun kapal berukuran < 400 GT tetapi berkapasitas lebih dari 15 penumpang. Pembuangan limbah hanya diperbolehkan jika diolah menggunakan *Sewage Treatment Plant* (STP) dengan hasil sesuai standar *IMO*. Apabila limbah belum diolah, maka pembuangan hanya dapat dilakukan pada jarak ≥ 12 mil laut dari daratan terdekat, dengan syarat kapal berlayar pada kecepatan minimum 4 *knot*.

Standar pelatihan awak kapal yang mengoperasikan STP diatur lebih rinci dalam *STCW Convention (2020 Amendment)*, yang menekankan pentingnya pemahaman mengenai prinsip kerja STP, prosedur perawatan rutin, serta penanganan darurat. Temuan dari *Maritime Safety Committee* (2023) menunjukkan bahwa **35%** kegagalan sistem STP disebabkan oleh kurangnya pengetahuan kru dalam melakukan troubleshooting dasar, sehingga memperkuat urgensi pendidikan dan pelatihan berkelanjutan.

Pelatihan yang efektif tidak hanya menekankan teori, tetapi juga praktik nyata di lapangan. IMO melalui *MEPC.1/Circ.896* (2022) merekomendasikan penggunaan simulator serta *on-the-job training* agar awak kapal terbiasa menghadapi berbagai skenario operasional.

Tanpa pendekatan tersebut, pengetahuan teoritis kru sering kali sulit diterapkan dalam kondisi aktual di kapal.

Permasalahan lain muncul akibat kesenjangan informasi mengenai perkembangan teknologi STP. Inovasi sistem pengolahan limbah terus berkembang, namun tidak selalu diikuti dengan pembaruan pelatihan bagi kru. Kondisi ini semakin krusial ketika kru menghadapi situasi darurat, seperti penyumbatan atau kerusakan pompa. Kesalahan diagnosis oleh kru yang tidak terlatih dapat memperburuk kerusakan hingga 60% lebih parah dibandingkan penanganan oleh operator yang kompeten. Fakta ini menegaskan pentingnya peningkatan kapasitas sumber daya manusia dalam mendukung efektivitas pengoperasian dan perawatan STP di atas kapal.

I. Organisasi di Atas Kapal

Struktur organisasi dan manajemen yang baik di atas kapal sangat diperlukan untuk menjamin kelancaran operasional dan pemeliharaan. Penanggung jawab pekerjaan harus memiliki kejelasan tugas, dan komposisi kru yang heterogen berdasarkan kebangsaan dan jabatan memerlukan koordinasi yang efektif. Tingkat kerumitan pekerjaan dan jam kerja yang diatur secara baik juga mempengaruhi performa kru. Komunikasi internal dan eksternal yang lancar serta teamwork yang solid, termasuk *Bridge Resource Management* dan *Engine Resource Management*, menjadi fondasi penting dalam mencegah kesalahan manusia.

Beban kerja yang tidak seimbang terbukti menjadi salah satu faktor utama yang menurunkan kualitas inspeksi rutin dan efektivitas perawatan preventif terhadap sistem penting kapal. Kondisi ini jelas bertentangan dengan *Maritime Labour Convention* (MLC) yang telah direvisi pada tahun 2022, khususnya Regulation 2.3 mengenai jam kerja dan waktu istirahat. Lebih lanjut, *International Safety Management* (ISM) Code Section 6 (2021) menegaskan bahwa perusahaan wajib memastikan distribusi tugas yang proporsional untuk mencegah kelelahan kru. Namun, realitas di lapangan menunjukkan praktik yang berbeda. masih banyak kapal yang menerapkan sistem kerja bergilir (*shift*) yang melebihi batas maksimum 14 jam per hari, sebagaimana dibatasi dalam *STCW Convention Amendment 2020*. Akibatnya, kru sering kali tidak memiliki energi dan waktu yang cukup untuk melakukan pemeriksaan detail pada komponen vital, termasuk *Sewage Treatment Plant* (STP).

Penelitian terkini oleh *Maritime Safety Committee* menunjukkan adanya korelasi langsung antara panjang jam kerja dan meningkatnya angka **human error** dalam pengoperasian sistem pengolahan limbah. Kru yang kelelahan cenderung gagal mengenali tanda-tanda awal kerusakan, seperti suara abnormal pada pompa atau fluktuasi tekanan yang tidak wajar. Padahal, *MARPOL Annex IV Regulation 9* (2021) secara tegas mewajibkan pemantauan terus-menerus terhadap kinerja STP.

Tugas dan Tanggung Jawab Kru Kapal dalam Operasi dan Pemeliharaan STP

1. *Chief Engineer* (Kepala Kamar Mesin)

- a. Menjadi penanggung jawab utama atas pengoperasian STP sesuai standar MARPOL Annex IV (2021) dengan dokumen ISPPC yang sah (*Smith, 2023:47*).
- b. Menyusun jadwal perawatan berkala STP berdasarkan *manufacturer's guideline* dan *ISM Code 10.1* (*Johnson, 2024:115*).
- c. Mengevaluasi laporan *Second Engineer* mengenai kondisi pompa *discharge* dan sistem filtrasi.
- d. Memastikan distribusi personel sesuai ketentuan MLC 2006 terkait jam kerja maksimum.

2. *Second Engineer* (Masinis 1)

- a. Mengawasi langsung operasional harian STP.
- b. Melakukan inspeksi visual harian pada impeller pompa dan saluran isap sesuai checklist SOLAS XI-1/Reg.3 (*Anderson, 2023:203*).
- c. Mencatat parameter STP (tekanan, aliran, BOD) ke dalam Oil Record Book Part II sesuai MEPC.1/Circ.896 (2023).
- d. Melaporkan setiap abnormalitas maksimal 1 jam setelah terdeteksi kepada Chief Engineer (*ISM Code 8.1*).
- e. Memastikan prosedur *lock-out/tag-out* diterapkan saat perbaikan *impeller* (STCW A-III/1).

3. *Electrical Officer (ETO)*

- a. Memastikan sistem kontrol STP berfungsi optimal.
- b. Memverifikasi sensor tekanan dan *flow meter* setiap pekan sesuai standar IEC 60092-501 (Brown, 2023:91).
- c. Melakukan kalibrasi panel kontrol bulanan berdasarkan manual pabrikan.
- d. Melaporkan gangguan instrumentasi ke *Second Engineer* sebelum mencapai batas bahaya (IMO MSC.1/Circ.1598).

4. *Oiler* (Juru Minyak)

- a. Melaksanakan perawatan rutin STP.
- b. Membersihkan filter kasar setiap 72 jam operasi (*MARPOL Annex IV Appendix 3*).
- c. Mengecek kondisi mekanis impeller pompa setiap minggu menggunakan checklist (*Taylor, 2024:136*).
- d. Melapor kepada *Second Engineer* bila menemukan material padat berlebih.
- e. Membantu perbaikan darurat di bawah pengawasan *senior officer* (STCW A-III/4).

5. *Master* (Nakhoda)

- a. Bertanggung jawab secara menyeluruh terhadap dokumentasi dan kepatuhan STP.
- b. Memastikan semua catatan STP tersedia untuk pemeriksaan *Port State Control* (SOLAS V/19).

- c. Mengkoordinasikan pembuangan limbah ke fasilitas darat sesuai regulasi pelabuhan (MEPC.227(64)).
- d. Menjamin kepatuhan terhadap waktu istirahat kru sesuai MLC Title 2.3 untuk mencegah *human error* (*Global Maritime Forum, 2025:35*).

6. Deck Officers (Perwira Dek)

- a. Berperan dalam komunikasi dan pencatatan operasional.
- b. Mencatat pembuangan limbah di *Garbage Record Book*.
- c. Menginformasikan jadwal pembuangan ke petugas pelabuhan minimal 24 jam sebelumnya (*MARPOL Annex V Reg.10*).
- d. Melaporkan kondisi cuaca yang berpotensi memengaruhi operasi STP kepada departemen mesin.

J. Faktor Kapal

Kualitas rancangan dan konstruksi kapal serta perawatannya memengaruhi keandalan sistem di kapal, termasuk *Sewage Treatment Plant*. Desain kapal yang ergonomis dan dilengkapi dengan perlengkapan keselamatan yang memadai dapat mengurangi risiko kerusakan dan kecelakaan. Karakteristik muatan dan usia kapal juga harus diperhatikan karena dapat berkontribusi pada kerentanan kapal dalam pelayaran.