

**ANALISIS KURANG OPTIMALNYA KINERJA SCANSHIP
ADVANCE WASTEWATER PURIFICATION (AWP) SYSTEM
DALAM MENGOLAH LIMBAH DI ATAS KAPAL MV.
CORINTHIAN**



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

CHARISMATOS LABISKUN

NIS. 25.09.102.006

AHLI TEKNIKA TINGKAT I

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

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : CHARISMATOS LABISKUN

Nomor Induk Siswa : 25.09.102.006

Program Diklat : Ahli Teknika Tingkat I

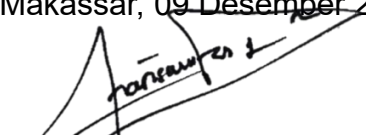
Menyatakan bahwa KIT dengan judul:

**ANALISIS KURANG OPTIMALNYA KINERJA SCANSHIP ADVANCE
WASTEWATER PURIFICATION (AWP) SYSTEM DALAM MENGOLAH
LIMBAH DI ATAS KAPAL MV. CORINTHIAN.**

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, 09 Desember 2025


CHARISMATOS LABISKUN
NIS 25.09.102.006

**PERSETUJUAN SEMINAR
KARYA ILMIAH TERAPAN**

Judul : **ANALISIS KURANG OPTIMALNYA KINERJA
SCANSHIP ADVANCE WASTEWATER
PURIFICATION (AWP) SYSTEM DALAM
MENGOLAH LIMBAH DI ATAS KAPAL MV.
CORINTHIAN**

Nama : CHARISMATOS LABISKUN

NIS : 25.09.102.006

Program Diklat: Ahli Teknika Tingkat I

Dengan ini dinyatakan telah memenuhi syarat untuk di seminarikan

Makassar, 03 Desember 2025

Persetujuan

Pembimbing I



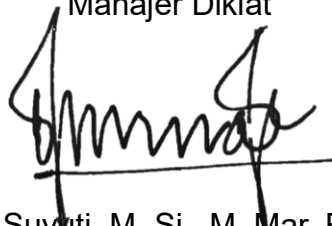
ARIFUDDIN DANDURU, S.Si.T., M.Mar.E.
NIP. 197903122023211007

Pembimbing II



SURAHMAN SULAIMAN, SE., M.Si., M.Mar. E.
NIP. -

Mengetahui,
Manajer Diklat



Ir. Suyuti, M. Si., M. Mar. E.
NIP. 196805082002121002

**ANALISIS KURANG OPTIMALNYA KINERJA SCANSHIP ADVANCE
WASTEWATER PURIFICATION (AWP) SYSTEM DALAM MENGOLAH
LIMBAH DI ATAS KAPAL MV. CORINTHIAN**

Disusun dan Diajukan Oleh:

CHARISMATOS LABISKUN

25.09.102.006


Telah dipresentasikan di depan panitia seminar Ujian KIT


Pada Tanggal 05 Desember 2025

Menyetujui,

Pembimbing I

Pembimbing II


ARIFUDDIN D., S.Si.T., M.Mar.E.
NIP. 197903122023211007


SURAHMAN S., SE., M.Si., M.Mar.E.
NIP. -

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


Capt. Faisal Saransi. M.T., M.Mar.
NIP. 197503291999031002

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas kasih, penyertaan, dan anugerah-Nya yang melimpah sehingga penulis dapat menyelesaikan Karya Ilmiah Terapan (KIT) dengan judul: “Analisis Kurang Optimalnya Kinerja *SCANSHIP Advance Wastewater Purification (AWP) System* dalam Mengolah Limbah di atas Kapal MV. *Corinthian*”

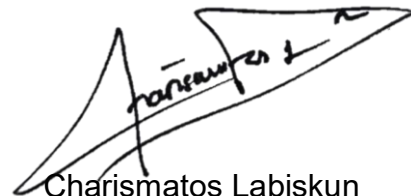
Dalam penyusunan karya ilmiah terapan ini penulis banyak mendapatkan bantuan dan dorongan yang sangat berharga dari berbagai pihak, baik secara moril maupun materil. Untuk itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada yang terhormat:

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 Arifuddin Danduru, S.Si.T., M.Mar.E selaku pembimbing I yang telah memberikan bimbingan dan arahan dengan sabar dan teliti.
4. Bapak Surahman Sulaiman., SE., M.Si., 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. Istri dan kedua anak-anak saya serta orang tua dari kedua bela pihak 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 memiliki kepentingan dalam bidang kelautan, serta dapat menjadi referensi yang bermanfaat di dunia pelayaran.

Makassar, 09 Desember 2025

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Charismatos Labiskun', written over a large, stylized, abstract shape that resembles a sail or a wing.

Charismatos Labiskun
25.09.102.006

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMBUNG	i
PERNYATAAN KEASLIAN	ii
PERSETUJUAN SEMINAR	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
 BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Batasan Masalah	4
D. Tujuan Penulisan	4
E. Manfaat Penulisan	5
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
A. Pengertian dan Tujuan sistem <i>SCANSHIP AWP</i>	7
B. Karakteristik Limbah Akomodasi dan Dapur	11
C. Standar Kualitas Effluent dan Regulasi Internasional	12
D. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kinerja <i>SCANSHIP AWP</i>	13
E. Komponen Utama Sistem AWP.....	16
F. Kerangka Pikir Penelitian	26
 BAB III METODE PENGAMBILAN DATA	
A. Observasi (Pengamatan)	27
B. Wawancara Terstruktur	28
C. Studi Pustaka	29
 BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
A. Lokasi Kejadian	30
B. Situasi dan Kondisi	31
C. Temuan	33

D. Urutan Kejadian	43
E. Pembahasan	46
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
A. Kesimpulan	56
B. Saran	57
DAFTAR PUSTAKA	59
LAMPIRAN	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
2.1 Karakteristik Limbah Akomodasi dan Dapur	11
2.2 Perbandingan Standar Kualitas Effluent <i>SCANSHIP AWP</i> dan Baku Mutu <i>IMO/MARPOL</i>	23
2.3 Standar Kualitas Effluent dan Regulasi Internasional.....	24

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Halaman
2.1 <i>Flow Chart</i> Sistem SCANSHIP AWP di atas Kapal MV. <i>Corinthian</i>	9
2.2 <i>Vacuum Pump Unit</i> (kiri) <i>Macerator</i> (kanan)	16
2.3 <i>Collecting Tank</i> SCANSHIP AWP MV. <i>Corinthian</i>	17
2.4 <i>Mixing Tank</i> SCANSHIP AWP MV. <i>Corinthian</i>	17
2.5 <i>Transfer Pump</i>	18
2.6 <i>Plastic Screening/Pretreatment Unit</i>	18
2.7 <i>Bioreactor Unit</i> (kiri) <i>Biofilm Plastic Carrier</i> (kanan)	19
2.8 <i>Bioreactor Blowers</i>	19
2.9 <i>Defoamer/Anti Foam Dosing Unit</i>	20
2.10 <i>Coagulant Dosing Unit</i>	20
2.11 <i>Polymer Dosing Unit/mixer</i>	21
2.12 <i>Flocculator</i>	22
2.13 <i>Dispersion Unit dan Pump</i>	22
2.14 <i>DAF Unit</i> Tampak Keseluruhan (kiri), Penampakan dalam <i>DAF Unit</i> (kanan).	23
2.15 <i>Polishing Filter</i>	23
2.16 <i>Disinfection Unit (UV Chamber)</i>	24
2.17 <i>Treated water Holding Tank</i>	24
2.18 <i>Odour Removal Unit (UV) dan Blower</i>	25
2.19 <i>Control dan Monitoring Unit</i>	25
4.1 Kerusakan <i>Impeller Collecting Tank Transfer Pump</i>	33
4.2 Kerusakan <i>Impeller Mixing Tank Transfer Pump</i>	34
4.3 Kerusakan <i>Impeller Polishing Filter Cleaning Pump</i>	34

4.4 Patahnya <i>Shaft Rotating Screw</i> pada <i>Pretreatment unit</i>	34
4.5 <i>Level Sensor</i> yang Kotor dan Rusak.....	35
4.6 Grafik fluktuasi Level Tangki	35
4.7 Grease Trap Penuh Minyak (kiri) dan Grease Trap Filter Penuh limbah Organik (kanan)	36
4.8 Crew Menggunakan <i>Vacuum</i> untuk Menyedot Air Laut dari <i>Sea Chest strainer</i> (kiri) dan Air Campuran Minyak (kanan).....	36
4.9 Pecahnya Flok, Efek Dosis <i>Coagulant</i> yang tidak sesuai yang Dapat Terlihat pada <i>DAF unit</i>	37
4.10 Efek Overdosis <i>Polymer</i> yang dapat terlihat dari banyaknya busa <i>Polymer</i> pada <i>DAF unit</i>	37
4.11 <i>Pretreatment inlet filter</i> yang Kotor (kiri) serta Kotoran yang Menempel pada <i>pretreatment brush</i> (kanan).....	38
4.12 <i>UV lamp sleeve UV Chamber</i> yang kotor(kiri) <i>UV lamp sleeve Odour Removal Unit</i> yang Kotor (kanan)	38
4.13 Pembekuan <i>Coagulant</i> Akibat dari Kontaminasi (kiri) dan <i>Coagulant Dosing Pump</i> yang bermasalah (kanan)	39
4.14 <i>Wiper TSS Sensors</i> yang rusak/bengkok (kanan).....	39
4.15 <i>Filter Bioreactor Blower</i> yang Kotor.....	40
4.16 <i>DAF Unit</i> yang kotor (kiri) dan penumpukan <i>sludge</i> (kanan)	40
4.17 <i>Polishing Filter Cleaning Injector/Nozzle</i> yang Kotor/Tersumbat	41
4.18 <i>Polishing Filter Membrane</i> yang kotor (kiri) <i>Sludge Collector</i> yang tersumbat (kanan).....	41
4.19 <i>Treated Water Tank</i> yang Kotor	41
4.20 <i>pH Sensor</i> yang Kotor	42
4.21 <i>TSS Sensor</i> yang Kotor	42
4.22 <i>UV Intensity Sensor</i> yang Kotor.....	42

4.23 <i>Sample of Wastewater Disposal Log MV. Corinthian</i>	44
4.24 <i>Cairan limbah olahan yang kotor/keruh (kiri) dan yang bersih (kanan)</i>	48
4.25 <i>Penggantian Impeller Collecting Tank Transfer Pump (kiri) Mixing tank Transfer Pump (kanan) dan polishing filter cleaning tank (bawah)</i>	50
4.26 <i>Pengelasan Shaft Rotating Screw yang patah pada Pretreatment Unit</i>	51
4.27 <i>Kondisi dalam DAF yang menunjukkan dosis Coagulant dan Polymer tepat.....</i>	52
4.28 <i>Pretreatment yang Telah Dibersihkan.</i>	53
4.29 <i>UV lamp sleeve yang Telah Dibersihkan dengan menggunakan Metal Brite/UV Cleaner</i>	53
4.30 <i>Sample Effluent hasil proses (kiri) dan nilai TSS (kanan) Setelah Perbaikan dan Penanganan.....</i>	55

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Halaman
1.1 <i>Ship Particulars</i>	61
1.2 <i>Crew List</i>	62
1.3 Kapasitas Tangki.....	63
1.4 <i>International Sewage Pollution Prevention Certificate (BV)</i>	64
1.5 <i>EC-Type Examination Certificate (Modul B)</i>	66
1.6 <i>Corinthian Compliance Testing for MEPC.227(64)</i>	68
1.7 <i>Material Declaration</i>	69
1.8 <i>Declaration of Conformity</i>	70
1.9 Proses Pembersihan <i>Bioreactor</i> dan Penggantian <i>Plastic Carrier</i>)	71
1.10 Proses Pembersihan <i>Collecting</i> dan <i>Mixing Tank</i>	72
1.11 Proses Pembersihan <i>pH</i> dan <i>TSS Sensors</i>	73

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pengelolaan limbah cair di kapal merupakan faktor penting dalam mendukung pelayaran yang berkelanjutan dan ramah lingkungan. Hal ini diatur dalam ketentuan *Annex IV MARPOL 73/78* tentang *Prevention of Pollution by Sewage from Ships*. Dalam konvensi tersebut dijelaskan bahwa pembuangan limbah cair hanya diperbolehkan apabila kapal memiliki sistem pengolahan limbah yang telah disetujui atau membuang limbah yang telah dicacah dan didesinfeksi pada jarak tertentu dari daratan. Ketentuan ini menegaskan pentingnya penerapan sistem pengelolaan limbah cair yang efektif di setiap kapal guna mencegah pencemaran laut dan mendukung tercapainya standar internasional dalam perlindungan lingkungan maritim.

Salah satu teknologi *Sewage Treatment Plant (STP)* terkini yang digunakan untuk mendukung upaya tersebut adalah *SCANSHIP Advanced Wastewater Purification (AWP) System*. Teknologi ini telah dirancang sedemikian rupa untuk mengolah limbah cair agar memenuhi standar lingkungan sesuai ketentuan internasional, termasuk *MARPOL Annex IV*, sebelum dibuang ke laut.

Kapal MV. *Corinthian* berbendera Malta, tempat penulis bertugas dalam beberapa tahun terakhir, merupakan salah satu kapal yang telah menggunakan sistem *SCANSHIP AWP* ini dalam operasionalnya. Secara teoritis, sistem ini mampu memberikan pengolahan limbah yang

lebih efisien dan ramah lingkungan. Namun, dalam praktiknya, masih ditemukan beberapa faktor gangguan seperti faktor teknis dan nonteknis selama proses pengoperasian sistem yang mengakibatkan hasil olahan limbah di kapal tersebut kurang optimal. Kondisi tersebut berpotensi menimbulkan pencemaran laut, pelanggaran terhadap regulasi internasional, serta dapat berdampak negatif terhadap reputasi serta keberlanjutan operasional kapal dan Perusahaan.

Evaluasi terhadap sistem *SCANSHIP AWP* sangat penting dilakukan untuk memastikan efektivitas pengolahan limbah di atas kapal. Dengan analisis yang komprehensif, langkah-langkah penanganan dan perbaikan dapat dilakukan secara tepat sasaran sesuai dengan prosedur yang tepat. Penanganan darurat yang menuntut ketelitian dan kemampuan berpikir kritis dari pihak yang mengoperasikan sistem tersebut juga dibutuhkan guna mencapai hasil yang optimal dan berkelanjutan. Upaya ini akan memperkuat kemampuan kapal dalam mengolah limbah secara efektif, mendukung pemenuhan standar regulasi, serta berkontribusi terhadap keberlanjutan pelayaran dan pelestarian lingkungan laut.

Kurang optimalnya kinerja sistem *SCANSHIP AWP* dari sisi teknis dapat meliputi beban organik dan debit limbah, kualitas dan komposisi limbah, dosis bahan kimia dan proses koagulasi-flokulasi, serta kinerja unit filtrasi dan desinfeksi *UV*. Sementara dari sisi nonteknis, kendala dapat berasal dari kompetensi operator dan pemeliharaan system,

ketidakpatuhan terhadap prosedur standar dan regulasi lingkungan serta manajemen perawatan dan inspeksi/pengecekan berkala.

Dari beberapa faktor yang disebutkan di atas maka penulis telah melakukan analisis mendalam dan sistematis untuk mengidentifikasi akar permasalahan secara tepat terhadap sistem tersebut. Hasil kajian ini kemudian dituangkan dalam bentuk Karya Ilmiah Terapan (KIT) dengan judul: **ANALISIS KURANG OPTIMALNYA KINERJA SCANSHIP ADVANCE WASTEWATER PURIFICATION (AWP) SYSTEM DALAM MENGOLAH LIMBAH DI ATAS KAPAL MV. CORINTHIAN.**

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka rumusan masalah adalah sebagai berikut:

1. Apa saja faktor-faktor penyebab kurang optimalnya kinerja sistem *SCANSHIP Advanced Wastewater Purification (AWP)* dalam mengolah limbah cair di atas kapal MV. *Corinthian*?
2. Bagaimana dampak dari faktor-faktor penyebab kurang optimalnya kinerja sistem *SCANSHIP Advanced Wastewater Purification (AWP)* terhadap kualitas hasil olahan limbah di atas kapal MV. *Corinthian*?
3. Bagaimana upaya penanganan/perbaikan yang dapat dilakukan untuk mengoptimalkan kinerja sistem *SCANSHIP Advanced Wastewater Purification (AWP)* sehingga memenuhi syarat hasil olahan limbah sesuai ketentuan yang berlaku?

C. Batasan Masalah

Agar pembahasan penelitian ini lebih terarah dan mencapai tujuan yang diharapkan, maka batasan masalah penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya berfokus pada sistem pengolahan limbah yang menggunakan sistem *SCANSHIP Advanced Wastewater Purification (AWP)* yang terpasang di atas kapal MV. *Corinthian*.
2. Analisis difokuskan pada faktor teknis dan nonteknis penyebab kurang optimalnya sistem, dampak dari faktor-faktor tersebut serta perbaikan/penanganan yang dilakukan untuk menjaga sistem *SCANSHIP Advanced Wastewater Purification (AWP)* diatas kapal MV. *Corinthian* tetap optimal.
3. Penelitian tidak membahas aspek biaya perawatan, penggantian peralatan secara menyeluruh, ataupun analisis ekonomis.
4. Standar pembandingan kualitas limbah mengacu pada ketentuan MARPOL Annex IV dan SOP Perusahaan/kapal.

D. Tujuan Penulisan

Tujuan dari penulisan Karya Ilmiah Terapan ini adalah:

1. Untuk mengidentifikasi dan menganalisis faktor penyebab kurang optimalnya kinerja sistem *SCANSHIP Advanced Wastewater Purification (AWP)* pada kapal MV. *Corinthian*.
2. Untuk mengevaluasi dampak yang ditimbulkan dari faktor-faktor tersebut hingga mengakibatkan kinerja sistem *SCANSHIP AWP* menjadi kurang optimal.

3. Untuk merumuskan rekomendasi perbaikan yang tepat guna meningkatkan serta mengoptimalkan kinerja sistem *SCANSHIP Advanced Wastewater Purification (AWP)*.

E. Manfaat Penulisan

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Secara Teoritis

Penelitian ini dapat menambah wawasan dan memperkaya kajian ilmiah dalam bidang teknologi pengolahan limbah kapal, khususnya terkait penerapan dan evaluasi kinerja sistem *SCANSHIP Advanced Wastewater Purification (AWP)* di kapal penumpang. Selain itu, penelitian ini dapat menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan pengelolaan limbah cair di sektor pelayaran.

2. Secara Praktis

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat langsung bagi pihak-pihak terkait, antara lain:

a. Bagi Operator dan Awak Kapal

Sebagai acuan dalam meningkatkan keterampilan pengoperasian dan pemeliharaan sistem *SCANSHIP Advanced Wastewater Purification (AWP)*, sehingga gangguan teknis dapat diminimalisir dan kualitas hasil olahan limbah dapat memenuhi standar.

b. Bagi Perusahaan Pelayaran

Sebagai dasar dalam pengambilan keputusan terkait peningkatan kinerja operasional kapal, ketidakpatuhan regulasi lingkungan, serta menjaga reputasi perusahaan dalam praktik pelayaran berkelanjutan.

c. Bagi Regulator dan Stakeholder Maritim

Sebagai data pendukung dalam pengawasan dan evaluasi implementasi kebijakan perlindungan lingkungan laut.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Pengertian dan Tujuan Sistem *SCANSHIP Advanced Wastewater Purification (AWP)*.

1. Pengertian Sistem *SCANSHIP Advanced Wastewater Purification (AWP)*.

SCANSHIP adalah perusahaan Norwegia yang menyediakan solusi maritim dengan menggunakan teknologi berkelas dunia untuk membantu menjaga kebersihan laut, terutama untuk kapal pesiar dan feri, serta aplikasi darat. Perusahaan ini dikenal dengan sistem pemurnian air limbah canggihnya yakni *SCANSHIP Advance Wastewater Purification System*. Teknologi yang dikembangkan mampu mengubah limbah makanan, air limbah, serta sampah padat menjadi energi bersih dan material yang dapat digunakan kembali, sehingga mendukung penerapan prinsip ekonomi sirkular dan pengurangan jejak limbah terhadap lingkungan dalam industri pelayaran (Vow ASA, n.d.).

Dalam buku pedoman pengoperasian *SCANSHIP Advanced Wastewater Purification (AWP) System* dijelaskan bahwa sistem ini merupakan sistem pengolahan air limbah terkini yang dirancang untuk mengolah seluruh aliran air limbah yang dihasilkan di atas kapal. Cai et al (2022) mengungkapkan bahwa teknologi pengolahan limbah kapal modern sering menggabungkan proses

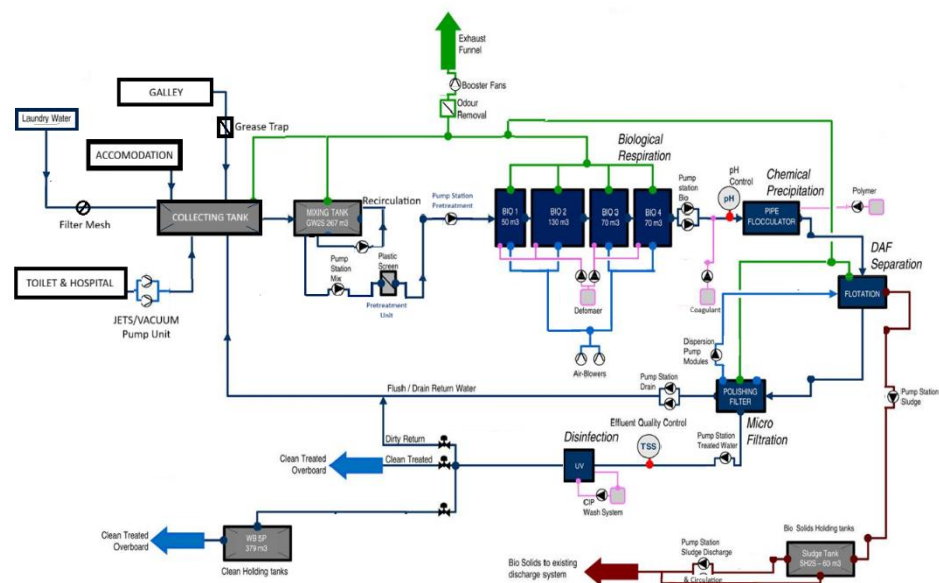
biologis, kimia, dan fisika untuk mencapai effluent yang memenuhi standar lingkungan laut sebelum dibuang ke laut. Contohnya, sistem gabungan aktivasi biologis + biofilm + membran menunjukkan efisiensi tinggi dalam penghilangan COD (*Chemical Oxygen Demand*) dan nitrogen pada limbah kapal. Menurut Vikainen (2012), AWP merupakan penyempurnaan dari *Sewage Treatment Plant* (STP) konvensional dengan kemampuan tambahan dalam menghilangkan nutrisi *Nitrogen* dan *Phosphorus* (N dan P), BOD (*Biochemical Oxygen Demand*), COD (*Chemical Oxygen Demand*) serta *Total Suspended Solids* (TSS) hingga di bawah 35 mg/L.

Sistem AWP mengintegrasikan beberapa tahapan proses, yaitu proses biologis (*bioreactor*), proses kimia flokulasi dan koagulasi menggunakan bahan kimia yang dianjurkan/disetujui oleh *SCANSHIP*, proses flotasi dengan polimer untuk memisahkan partikel halus, serta sistem filtrasi bertingkat yang mencakup penyaringan awal (*plastic screener*) dan penyaringan akhir (*polishing filter*). Selain itu, tahap akhir proses mencakup desinfeksi atau sterilisasi dengan sinar ultraviolet (*UV*) untuk memastikan bahwa *effluent* yang dihasilkan memenuhi baku mutu sebelum dibuang ke laut (Vow ASA, n.d.). Unit reaktor biologis pada sistem ini menerapkan prinsip *Moving Bed Biofilm Reactor* (MBBR), di mana mikroorganisme tumbuh pada media plastik terapung (*carrier media*) yang memungkinkan degradasi polutan organik dan

senyawa nitrogen secara efisien (DryFiciency, n.d.). Keunggulan utama sistem ini adalah kemampuannya dalam mempertahankan populasi mikroba yang stabil sekalipun pada volume limbah yang berfluktuasi. Namun demikian, performa optimal sistem AWP sangat bergantung pada berbagai parameter operasional, seperti laju aliran dan beban organik limbah, tingkat kontaminasi oleh bahan kimia atau air laut yang berlebih yang dapat mengganggu aktivitas mikroorganisme, suhu limbah yang diproses, dosis bahan kimia yang digunakan, serta kompetensi operator dalam mengelola sistem secara keseluruhan (MarineLink, 2019).

Secara umum *Flow Chart* sistem *SCANSHIP AWP* di kapal *MV. Corinthian* sesuai instalasinya dapat dilihat dari gambar di bawah ini:

Gambar 2.1 *Flow Chart* sistem *SCANSHIP AWP* di atas kapal *MV. Corinthian*



Sumber: Dokumentasi Instalasi *SCANSHIP AWP* di atas kapal *MV. Corinthian* (2018)

Berdasarkan sumber-sumber diatas maka dapat disimpulkan bahwa sistem *SCANSHIP Advanced Wastewater Purification* (AWP) merupakan teknologi pengolahan air limbah kapal yang modern dan terintegrasi dalam mengolah seluruh jenis limbah di atas kapal seperti limbah toilet, dapur, laundry, dan akomodasi. Dengan menggabungkan proses biologis, kimia, dan fisika, seperti bioreaktor dengan prinsip *Moving Bed Biofilm Reactor* (MBBR), flokulasi-koagulasi, flotasi, filtrasi bertingkat, serta desinfeksi ultraviolet (*UV*) guna memenuhi standar lingkungan internasional berdasarkan ketentuan *MARPOL MEPC.227(64)* sebelum limbah hasil olahan tersebut dibuang ke laut.

2. Tujuan Sistem *SCANSHIP Advanced Wastewater Purification* (AWP).

Tujuan utama *SCANSHIP Advanced Wastewater Purification* (AWP) adalah untuk memastikan bahwa air buangan kapal telah memenuhi standar yang ditetapkan serta tidak menimbulkan pencemaran laut sejalan dengan regulasi *MARPOL 73/78 Annex IV* yang mengatur tentang pembuangan limbah domestik kapal (*MARPOL, 1997*). Dengan pengalaman yang lebih dari 20 tahun serta lebih dari 400 sistem yang telah dipasang pada 175 kapal pesiar terkemuka di seluruh dunia, *SCANSHIP AWP* terbukti menjadi solusi yang efektif dan tepercaya dalam mendukung praktik ekonomi sirkular serta pengurangan dampak lingkungan dari industri pelayaran (Vow ASA, n.d.).

B. Karakteristik Limbah di Atas Kapal

Dalam buku pedoman pengoperasian *SCHANSHIP AWP system* di atas kapal MV. *Corinthian* dijelaskan bahwa pengelompokan aliran air limbah diatas kapal mencakup air limbah dari akomodasi dan kegiatan laundry (*grey water*), air limbah dapur (*galley water*), serta air limbah toilet (*black water*). Hal ini juga senada dengan penjelasan Choi et al. (2019) bahwa aliran limbah kapal dibedakan menjadi *black water* (dari toilet, urinoir, rumah sakit) dan *grey/galley water* (dari akomodasi, laundry, dan dapur). Buitendijk (2021) menjelaskan bahwa *Grey/galley water* memiliki karakteristik beban organik, lemak/minyak, deterjen, dan nutrien yang sering lebih besar dibandingkan *black water*, sehingga membutuhkan sistem pengolahan khusus yang mampu mengelola seluruh aliran limbah rumah tangga di atas kapal. Tabel berikut juga mendukung serta menunjukkan bahwa *galley water* (limbah dapur) memiliki konsentrasi BOD dan TSS paling tinggi, sehingga memiliki dampak terbesar terhadap beban sistem biologis:

Tabel 2.1 Karakteristik Limbah Akomodasi dan Dapur

Sumber Limbah	Karakteristik Utama	Dampak ke Sistem AWP
Akomodasi (shower, laundry)	BOD rendah	Dapat digunakan untuk dilusi beban
Galley (dapur)	BOD & TSS sangat tinggi, banyak minyak & lemak (FOG)	Menyebabkan penyumbatan dan foaming dalam bioreaktor
Black Water (toilet)	Kaya nitrogen & mikroba	Membantu start-up biologis

Sumber: Vikainen (2012)

C. Standar Kualitas Effluent dan Regulasi Internasional

Standar kualitas effluent dan regulasi internasional adalah nilai yang menjadi acuan dalam pengolahan limbah yang dilakukan di atas kapal. Di bawah ini dapat dilihat beberapa gabungan data standar yang diambil buku pedoman *SCANSHIP AWP System, Environmental Expert*, dan dokumen resmi IMO MEPC.227(64) (2012).

Tabel 2.2 Perbandingan Standar Kualitas *Effluent SCANSHIP AWP* dan Baku Mutu *IMO/MARPOL*

Parameter Kualitas Air Limbah	Standar <i>SCANSHIP AWP System</i>	Batas Maksimum IMO / MARPOL MEPC.227(64)	Keterangan
BOD (Biochemical Oxygen Demand)	≤ 25 mg/L	≤ 25 mg/L	Menunjukkan tingkat pencemaran organik biologis
COD (Chemical Oxygen Demand)	≤ 125 mg/L	Tidak ditentukan secara spesifik*	Indikator beban pencemar kimia; AWP memiliki efisiensi tinggi
TSS (Total Suspended Solids)	≤ 35 mg/L	≤ 35 mg/L	Batas padatan tersuspensi dalam effluent
pH	6.5 – 8.5	6.0 – 8.5	Kestabilan pH penting bagi kehidupan laut
Ammonia Nitrogen (NH ₄ -N)	≤ 10 mg/L	≤ 10 mg/L (untuk kapal yang beroperasi di area sensitif) **	Mengukur kandungan nitrogen amonia
Total Nitrogen (TN)	≤ 20 mg/L	≤ 20 mg/L (jika diwajibkan)	Untuk mengontrol eutrofikasi laut
Total Phosphorus (TP)	≤ 1.0 mg/L	≤ 1.0 mg/L (jika diwajibkan)	Mencegah pertumbuhan alga berlebih
Fecal Coliform	≤ 100 CFU/100 mL	≤ 100 CFU/100 mL	Indikator keberhasilan desinfeksi biologis
Residual Chlorine	≤ 0.5 mg/L	≤ 0.5 mg/L	Untuk mencegah toksisitas terhadap biota laut
Minyak & Lemak (Oil and Grease)	≤ 10 mg/L	≤ 15 mg/L	Sumber utama kontaminan permukaan laut

* IMO tidak menetapkan nilai baku COD secara eksplisit, namun nilai BOD dan TSS dijadikan acuan utama.

** Standar nitrogen dan fosfor hanya berlaku untuk kapal yang beroperasi di *Special Areas* (misalnya Laut Baltik).

Sumber: Buku pedoman pengoperasian sistem SCANSHIP AWP

Dengan memperhatikan tabel di atas kita juga dapat menggunakan data tersebut sebagai pembandingan dengan table standar kualitas yang dibuat oleh Vikainen (2012) yang menggunakan batas standar *HELCOM* (Baltic) dan Juga batas standar Alaska.

Tabel 2.2 Standar Kualitas Effluent dan Regulasi Internasional

Parameter	Batas IMO MARPOL Annex IV	Batas HELCOM (Baltic)	Batas Alaska
BOD ₅	≤ 25 mg/L	≤ 20 mg/L	≤ 30 mg/L
TSS	≤ 35 mg/L	≤ 25 mg/L	≤ 60 mg/L
TN	Tidak diatur	≤ 20 mg/L (atau 70% reduksi)	20 mg/L
TP	Tidak diatur	≤ 1 mg/L (atau 80% reduksi)	2 mg/L
Fecal coliform	≤ 100/100 mL	≤ 100/100 mL	≤ 43/100
pH	6 – 8.5		

Sumber: Vikainen (2012)

Sistem *SCANSHIP AWP* pada kapal MV. *Corinthian* telah dirancang untuk memenuhi standar ini. Namun, berdasarkan hasil operasional, diduga bahwa sebagian parameter khususnya pH dan *TSS* yang tidak stabil dan sering didapati di bawah ambang batas karena kombinasi faktor-faktor teknis dan nonteknis seperti yang disebutkan sebelumnya di atas.

D. Faktor Teknis dan Nonteknis yang Mempengaruhi Kinerja Sistem *SCANSHIP AWP*.

Kinerja sistem *SCANSHIP Advanced Wastewater Purification* (AWP) dalam pengolahan air limbah kapal sangat bergantung pada kombinasi faktor teknis dan nonteknis seperti berikut:

1. Faktor Teknis

Beberapa faktor teknis utama yang mempengaruhi efektivitas sistem meliputi:

a. Kerusakan komponen pada sistem *SCANSHIP AWP*.

Kerusakan komponen sistem (misalnya pompa, *blower*, agitator) merupakan salah satu faktor teknis utama yang memengaruhi efektivitas sistem pengolahan air limbah kapal seperti *SCANSHIP AWP* (Cai et al., 2022).

b. Beban organik dan debit limbah

Variasi laju aliran (*flow rate*) dan beban organik (organik *loading rate*) dapat menyebabkan ketidakseimbangan dalam proses biologis, terutama pada sistem *Moving Bed Biofilm Reactor* (MBBR) yang bergantung pada aktivitas mikroorganisme. Beban yang terlalu tinggi dapat menurunkan efisiensi degradasi senyawa organik (Cai et al., 2022).

c. Kualitas dan komposisi limbah

Adanya campuran limbah kimia, minyak, atau air laut berlebih dapat mengganggu aktivitas mikroba pada bioreaktor. Ion garam dalam air laut dapat menurunkan kemampuan mikroorganisme dalam memecah senyawa organik dan nutrisi (Vikainen, 2012).

d. Dosis bahan kimia dan proses koagulasi-flokulasi.

Penggunaan bahan kimia (koagulan, polimer) yang tidak sesuai dosis anjuran dapat menghambat proses pemisahan partikel halus dan mengganggu stabilitas sistem filtrasi (Environmental Expert, n.d.).

e. Kinerja unit filtrasi dan desinfeksi *UV*

Penyumbatan (*clogging*) pada saringan awal/*Pretreatment* (*plastic screener*) atau penurunan intensitas *UV* akibat kekeruhan air dapat menurunkan efisiensi penyisihan padatan dan bakteri (Vow ASA, n.d.).

2. Faktor Nonteknis

Selain faktor teknis, terdapat pula beberapa faktor nonteknis yang berpengaruh, antara lain:

a. Kompetensi operator dan pemeliharaan system

Kinerja optimal AWP sangat bergantung pada keterampilan operator dalam memantau parameter operasi, melakukan kalibrasi sensor, dan menjaga kebersihan unit reaktor. Kurangnya pelatihan dan kesadaran operator bisa menyebabkan kesalahan operasional serta penurunan kualitas *effluent* (MarineLink, 2019).

b. Ketidapatuhan terhadap prosedur standar dan regulasi lingkungan

Ketidapatuhan terhadap pedoman pengoperasian serta standar lingkungan maritim seperti *MARPOL Annex IV* dan *MEPC.227(64)* dapat menyebabkan sistem tidak berfungsi sesuai desain dan menurunkan kualitas hasil pengolahan (IMO, 2012).

c. Manajemen perawatan dan inspeksi/pengecekan berkala

Ketidakteraturan dalam perawatan mekanis seperti pembersihan media biofilm, penggantian filter, atau pengecekan lampu *UV* dapat menyebabkan penurunan efisiensi proses secara keseluruhan (DryFiciency, n.d.).

Secara keseluruhan, faktor-faktor tersebut diatas menunjukkan bahwa optimalisasi kedua faktor tersebut penting untuk memastikan *effluent* yang dihasilkan tetap memenuhi standar lingkungan laut internasional.

E. Komponen Utama Sistem *SCANSHIP AWP*

Berikut ini adalah komponen-komponen utama sistem *SCANSHIP AWP* yang ada di atas kapal MV. *Corinthian* beserta fungsinya:

1. *Vacuum Pump (Jets)*

Vacuum pump (Jets) ini berfungsi untuk menyedot cairan limbah dari semua toilet serta Rumah Sakit (*Hospital*) di atas kapal. Pompa ini juga memiliki *Macerator* yang berfungsi menghancurkan padatan sebelum di tampung pada *Collecting Tank*.

Gambar 2.2 *Vacuum Pump Unit* (kiri) *Macerator* (kanan)



Sumber: Dokumentasi MV. *Corinthian* (2023)

2. *Collecting Tank*

Berfungsi sebagai penampungan awal semua limbah dari Akomodasi (Drain, Toilet dan *Hospital*), Laundry, serta *Galley*, sebelum ditransfer ke *mixing tank*.

Gambar 2.3 *Collecting Tank SCANSHIP AWP MV. Corinthian*



Sumber: Dokumentasi MV. *Corinthian* (2023)

3. *Mixing Tank*

Mixing tank berfungsi mencampurkan semua limbah yang di transfer dari *Collecting tank* menggunakan *Circulation Pump* sehingga tidak ada endapan sebelum ditransfer ke *Screening Unit/Pretreatment*.

Gambar 2.4 *Mixing Tank SCANSHIP AWP MV. Corinthian*.

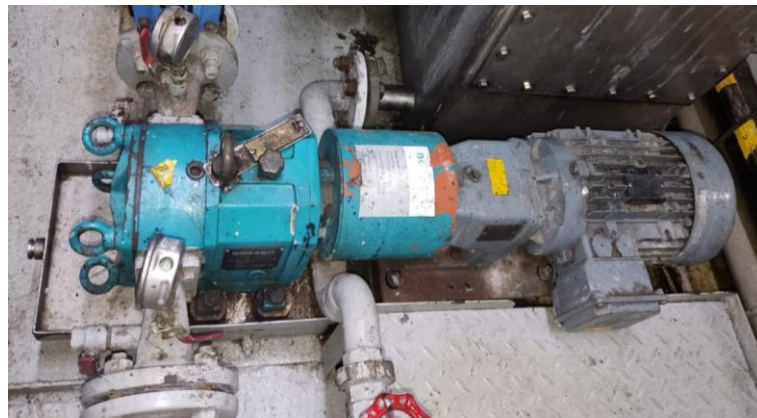


Sumber: Dokumentasi MV. *Corinthian* (2024)

4. *Transfer Pump*

Transfer Pump yang digunakan dalam sistem ini berfungsi mentransfer/memindahkan cairan dari tangki ke tangki maupun dari satu unit ke unit lainnya yang ada dalam sistem SCANSHIP AWP di atas kapal MV. Corinthian.

Gambar 2.5 *Transfer Pump*



Sumber: Dokumentasi MV. Corinthian (2025)

5. *Plastic Screening/Pretreatment Unit*

Unit ini berfungsi memisahkan cairan limbah dari padatan besar dan plastic menggunakan filter yang berukuran 3mm serta poros spiral yang berputar (*Rotating Screw*) sebelum cairan limbah masuk ke *Bioreaktor*.

Gambar 2.6 *Screening/Pretreatment Unit*



Sumber: Dokumentasi MV. Corinthian (2025)

6. *Bioreactor, Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR)*

Tempat aktivitas biologis utama terjadi; menggunakan mikroorganisme *aerobic* yang tinggal dan berkembang biak pada *Biofilm Plastic Carrier* (Plastic berongga) yang berguna untuk menguraikan bahan organik pada limbah.

Gambar 2.7 *Bioreactor Unit* (kiri) *Biofilm Plastic Carrier* (kanan)



Sumber: Dokumentasi MV. *Corinthian* (2024)

7. *Bioreactor Blower sebagai Aeration System*

Menyediakan oksigen bagi mikroorganisme dan menjaga sirkulasi *Biofilm Plastic Carriers* di dalam *Bioreactor*.

Gambar 2.8 *Bioreactor Blowers*



Sumber: Dokumentasi MV. *Corinthian* (2025)

8. Defoamer/Anti Foam Dosing Unit

Berfungsi untuk mengontrol/menghilangkan busa yang timbul akibat aktivitas mikroba serta proses aerasi dalam *Bioreactor*.

Gambar 2.9 *Defoamer/Anti Foam Dosing Unit*.



Sumber: Dokumentasi MV. *Corinthian* (2025)

9. Coagulant Dosing Unit

Berfungsi Mengontrol pH, membantu proses koagulasi dalam memproduksi partikel-partikel mikro (*microfloc*) untuk selanjutnya menjadi partikel-partikel yang lebih besar setelah proses flokulasi di dalam flokulator.

Gambar 2.10 *Coagulant Dosing Unit*.

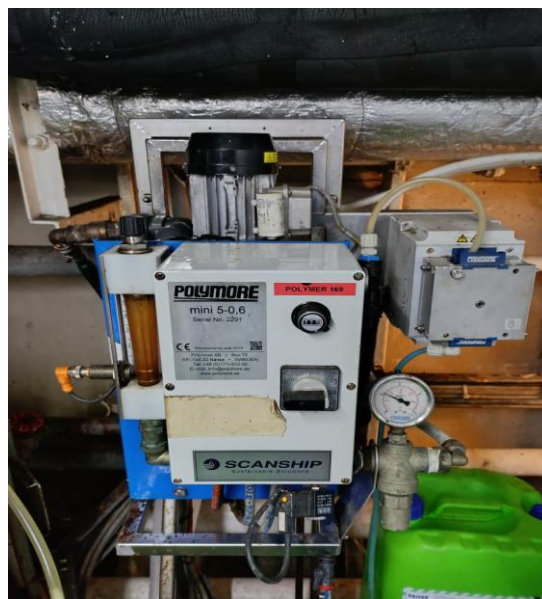


Sumber: Dokumentasi MV. *Corinthian* (2025)

10. *Polimer Dosing Unit/mixer*

Berfungsi sebagai *Dosing Pump* dan *Mixer* untuk *Wet Polymer* yang dicampurkan Bersama air sebelum diinjeksikan kedalam *flocculator* sebagai pengikat/perekat partikel-partikel yang terbentuk dalam *flocculator* dengan partikel udara mikro (micro bubbles) yang dihasilkan oleh Dispersion Unit/Pump sehingga memudahkan proses flotasi di dalam *DAF Unit*.

Gambar 2.11 *Polymer Dosing Unit/mixer*



Sumber: Dokumentasi MV. *Corinthian* (2025)

11. *Flocculator*

Flocculator adalah tempat dimana proses flokulasi terjadi setelah bahan kimia seperti *Coagulant* diinjeksikan kedalam cairan limbah yang telah melalui *Bioractor*. Pada tahap akhir *Flocculator*, polimer akan di injeksikan untuk membantu pengikatan partikel-partikel besar bersama dengan partikel udara mikro (*microbubbles*) proses flotasi pada *DAF Unit*.

Gambar 2.12 *Flocculator*

Sumber: Dokumentasi MV. *Corinthian* (2025)

12. *Dispersion Unit/Pump*

Pompa atau unit dispersi digunakan untuk menghasilkan gelembung udara mikro (*microbubbles*) yang melalui air flow meter/rotameter yang telah diatur untuk memenuhi supply gelembung udara mikro yang diperlukan dalam proses DAF (*Dissolved Air Flotation*).

Gambar 2.13 *Dispersion Unit & Pump (kiri), Airflow meter/Rotameter (Kanan)*

Sumber: Dokumentasi MV. *Corinthian* (2025)

13. DAF (*Dissolved Air Flotation*) unit

Unit ini adalah tempat dimana proses flotasi berlangsung setelah gelembung mikro (*microbubbles*) dari *Dispersant Unit* di injeksikan kedalam DAF Unit dan bercampur dengan air limbah yang telah melalui proses flokulasi dari penginjeksian *Coagulant* serta *Polymer* pada unit *Flocculator*.

Gambar 2.14 *DAF Unit* Tampak Keseluruhan (kiri), Penampakan dalam *DAF Unit* (kanan)

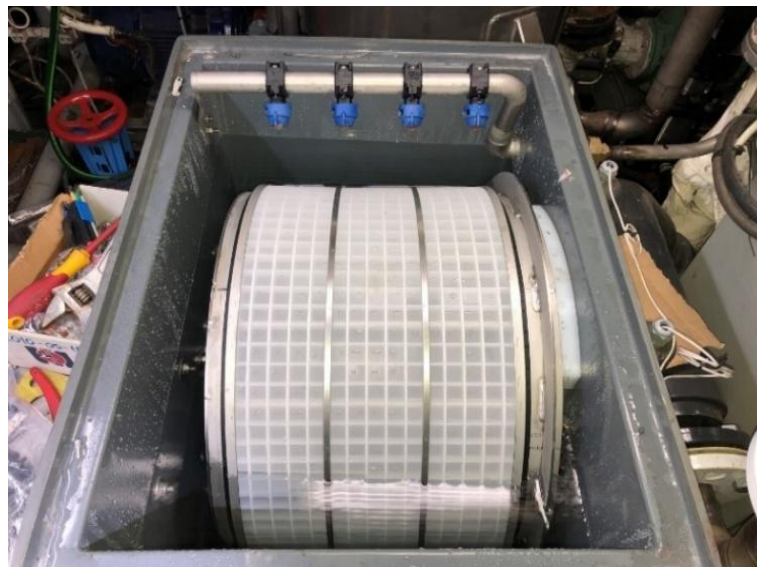


Sumber: Dokumentasi MV. *Corinthian* (2025)

14. *Polishing Filter*

Berfungsi untuk penyaringan akhir atau disebut juga sebagai filter pemoles sebelum cairan proses pengolahan ditampung di treated water tank dan sebelum melalui *treatment UV* sebelum dibuang ke laut atau di tamping dalam treated water holding tank.

Gambar 2.15 *Polishing Filter*



Sumber: Dokumentasi MV. *Corinthian* (2018)

15. *Disinfection Unit (UV Chamber)*

Unit ini berfungsi membunuh bakteri-bakteri patogen yang ikut bersama cairan hasil proses sebelum cairan tersebut ditampung di dalam *Treated Water Holding Tank* atau di buang ke laut.

Gambar 2.16 *Disinfection Unit (UV Chamber)*



Sumber: Dokumentasi MV. *Corinthian* (2025)

16. *Treated Water Holding Tank*

Tanki ini berfungsi untuk menampung cairan hasil proses/treatment yang telah didesinfeksi/disterilisasi sebelum nantinya bisa di buang ke laut.

Gambar 2.17 *Treated water Holding Tank*



Sumber: Dokumentasi MV. *Corinthian* (2024)

17. Odour Removal Unit (UV)

Berfungsi sebagai desinfektan/sterilisasi untuk udara/gas yang disedot/dibuang dari tanki-tanki penampungan serta unit-unit yang berpotensi mengandung bakteri/mikroorganisme.

Gambar 2.18 Odour Removal Unit (UV) & Blower

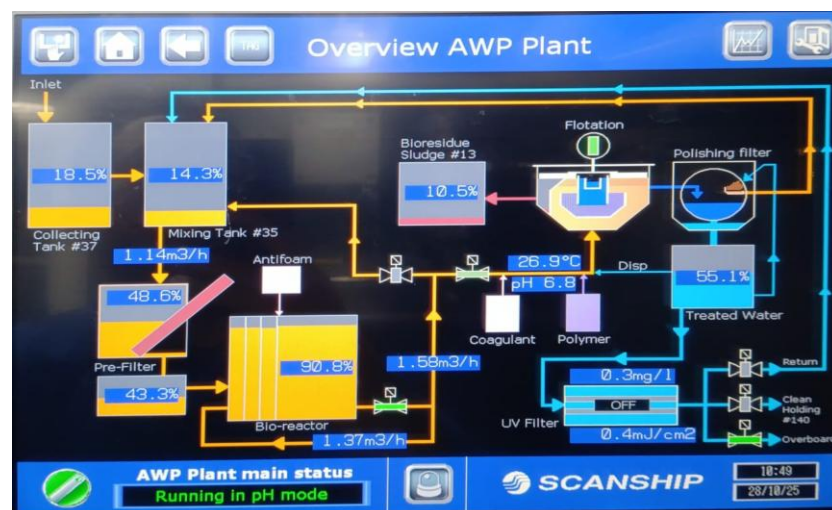


Sumber: Dokumentasi MV. *Corinthian* (2025)

18. Control & Monitoring Unit

Berfungsi mengontrol, Mengatur, dan juga memonitor keseluruhan proses yang terjadi dalam sistem.

Gambar 2.19 Control & Monitoring Unit.



Sumber: Dokumentasi MV. *Corinthian* (2025)

F. KERANGKA PIKIR PENELITIAN

