



TUGAS AKHIR – BK1956402

**PERANCANGAN PROTOTIPE SISTEM PENGOLAHAN
AIR BILGA PADA KAPAL TRADISIONAL**

Oleh:
RAYNALD ATILA CHANDRA
NRP. 33312301006

Dosen Pembimbing I :
M. Musta'in, M.T.
Dosen Pembimbing II :
Muhammad Arus Samudro, M.T.

**PROGRAM STUDI DIII TEKNIK BANGUNAN KAPAL
JURUSAN TEKNOLOGI KEMARITIMAN
POLITEKNIK NEGERI MADURA SAMPANG
2026**



TUGAS AKHIR – BK1956402

**PERANCANGAN PROTOTIPE SISTEM PENGOLAHAN
AIR BILGA PADA KAPAL TRADISIONAL**

Oleh:
RAYNALD ATILA CHANDRA
NRP. 33312301006

Dosen Pembimbing I :
M. Musta'in, M.T.
Dosen Pembimbing II :
Muhammad Arus Samudro, M.T.

**PROGRAM STUDI DIII TEKNIK BANGUNAN
KAPAL JURUSAN TEKNOLOGI KEMARITIMAN
POLITEKNIK NEGERI MADURA SAMPANG
2026**

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Raynald Atila Chandra
NRP : 33312301006
Program Studi : D3 Teknik Bangunan Kapal
Jurusan : Teknologi Kemaritiman

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir saya buat dengan judul “Perancangan Prototipe Sistem Pengolahan Air Bilga pada Kapal Tradisional” adalah **original, belum pernah dibuat oleh pihak lain, dan bebas dari plagiatisme.**

Bilamana pada kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, saya bersedia dituntut dan diproses sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya dan dengan sebenarbenarnya.

Sampang, 27 Juli 2026
Yang Menyatakan,



Raynald Atila Chandra
Nrp. 33312301014

LEMBAR PENGESAHAN LAPORAN TUGAS AKHIR

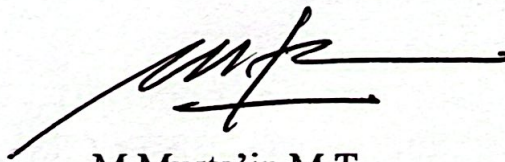
Judul Tugas Akhir : Perancangan Prototipe Sistem
Pengolahan Air Bilga pada Kapal
Tradisional
Penulis : Raynald Atila Chandra
NRP : 33312301006
Program Studi : D3 Teknik Bangunan Kapal
Jurusan : Teknologi Kemaritiman

Tugas Akhir ini telah diperiksa dan disetujui untuk
diseminarkan.

Ditandatangani di Sampang, Selasa 29 Juli 2026

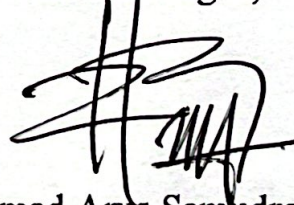
Menyetujui,

Pembimbing I,



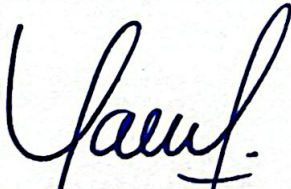
M. Musta'in, M.T.
NIP. 198201252014041001

Pembimbing II,



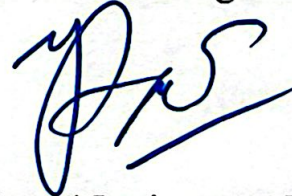
Muhammad Arus Samudro, M.T.
NIP. 199206302022031007

Ketua Jurusan
Teknologi Kemaritiman



Taufan Prasetyo, S.T., M.T.
NIP. 199002052019031021

Koordinator Program Studi
D-III Teknik Bangunan Kapal



Triyanti Irmiyana, S.T.M.T.
NIP. 198805232024212027

LEMBAR PENGESAHAN

PERANCANGAN PROTOTIPE SISTEM PENGOLAHAN AIR BILGA PADA KAPAL TRADISIONAL

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya Teknik (A.Md. T.)

Pada

Jurusan Teknologi Kemaritiman
Politeknik Negeri Madura

OLEH:

Raynald Atila Chandra
NRP. 33312301006

Tugas Akhir ini telah disidangkan pada tanggal 29 Juli 2026
dan telah sesuai dengan ketentuan

Disetujui Tim Penguji Tugas Akhir:

1. M. Musta'in, M.T. (Pembimbing 1)
2. Muhammad Arus Samudro, S.T., M.T. (Pembimbing 2)
3. Taufan Prasetyo, S. T., M. T. (Penguji 1)
4. Desta Rifky Aldara, S. T., M. T. (Penguji 2)
5. Astri Rino Okvitasari, S. S. T., M. Sc. (Penguji 3)

Sampang, 2026

PERANCANGAN PROTOTIPE SISTEM PENGOLAHAN AIR BILGA PADA KAPAL TRADISIONAL

Nama : Raynald Atila Chandra
NRP : 33312301006
Dosen Pembimbing 1 : M.Musta'in,M.T.
Dosen Pembimbing 2 : Muhammad Arus Samudro, S.T., M.T.

ABSTRAK

Air bilga merupakan limbah cair yang berasal dari ruang mesin kapal dan mengandung campuran air, minyak pelumas, serta bahan bakar yang berpotensi mencemari lingkungan laut apabila dibuang tanpa pengolahan. Pada kapal tradisional, pengelolaan air bilga masih dilakukan secara sederhana sehingga berisiko menyebabkan pencemaran perairan. Penelitian ini bertujuan merancang dan menguji prototipe sistem pengolahan air bilga yang sederhana, ekonomis, dan sesuai diterapkan pada kapal tradisional. Metode penelitian meliputi identifikasi masalah dan studi literatur, fase desain, pembuatan prototipe, pengujian dan eksperimen, analisis serta evaluasi, dan optimasi desain. Prototipe dirancang menggunakan sistem filtrasi mekanis bertingkat yang terdiri atas strainer, pompa air, dua unit filtrasi berisi batu apung, pasir silika, busa filter, dan karbon aktif, serta perpipaan PVC. Hasil pengujian menunjukkan bahwa prototipe mampu menurunkan kandungan minyak (oil content) dari 112.360 ppm menjadi 36 ppm dengan efisiensi penyisihan sebesar 99,96%. Meskipun demikian, kadar minyak hasil pengolahan masih melebihi batas maksimum 15 ppm sesuai ketentuan MARPOL Annex I, sehingga prototipe belum sepenuhnya memenuhi persyaratan pembuangan air bilga ke laut. Prototipe yang dirancang

memiliki konstruksi sederhana, biaya pembuatan yang relatif rendah, serta mudah dioperasikan, sehingga berpotensi menjadi alternatif sistem pengolahan air bilga pada kapal tradisional. Pengembangan lebih lanjut diperlukan melalui optimalisasi media filtrasi dan pengaturan debit aliran agar memenuhi standar MARPOL Annex I.

Kata kunci: Air bilga, Kapal tradisional, Pemisahan minyak dan air, Desain prototipe, MARPOL Annex I

***PROTOTYPE OF BILGE WATER TREATMENT SYSTEM
ON TRADITIONAL SHIPS***

Name : Raynald Atila Chandra
NRP : 33312301006
Supervisor 1 : M.Musta'in,M.T.
Supervisor 2 : Muhammad Arus Samudro, S.T., M.T.

ABSTRACT

Bilge water is wastewater generated in a ship's engine room that contains a mixture of water, lubricating oil, and fuel residues, which may cause marine pollution if discharged without proper treatment. On traditional vessels, bilge water management is generally carried out using simple methods, increasing the risk of environmental contamination. This study aims to design and evaluate a simple, cost-effective bilge water treatment system prototype suitable for application on traditional vessels. The research methodology consisted of problem identification and literature review, design phase, prototype fabrication, testing and experimentation, analysis and evaluation, and design optimization. The prototype was developed using a multi-stage mechanical filtration system consisting of a strainer, a water pump, two filtration units containing pumice, silica sand, filter foam, and activated carbon, as well as a PVC piping system. The test results showed that the prototype reduced the oil content from 112,360 ppm to 36 ppm, achieving an oil removal efficiency of 99.96%. However, the treated bilge water still exceeded the maximum allowable oil concentration of 15 ppm specified by MARPOL Annex I; therefore, the prototype has not yet fully complied with the discharge requirements. Nevertheless, the proposed

prototype offers a simple design, relatively low manufacturing cost, and ease of operation, making it a promising alternative bilge water treatment system for traditional vessels. Further development is required by optimizing the filtration media and flow rate to achieve compliance with MARPOL Annex I.

Keywords: *Bilge Water, Oil–Water Separation, Traditional Vessel, Prototype Design, MARPOL Annex I*

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah segala puji syukur kepada Allah Yang Maha Esa yang telah memberi kekuatan, kemampuan, dan kesabaran kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik. Tujuan penulisan tugas akhir adalah memenuhi salah satu persyaratan bagi mahasiswa untuk dapat menyelesaikan pendidikan Diploma-3 Program Studi Teknik Bangunan Kapal jurusan Teknologi Kemaritiman di Politeknik Negeri Madura.

Dalam tugas akhir ini, penulis berperan sebagai perancang dan pengembang desain prototype sistem pengolahan air bilga yang ditujukan untuk kapal tradisional. Kegiatan yang dilakukan meliputi penyusunan konsep desain, penentuan spesifikasi teknis, serta perancangan sistem pengolahan air bilga yang sederhana, efisien, dan sesuai dengan keterbatasan ruang serta sumber daya pada kapal tradisional. Berdasarkan proses perancangan tersebut, penulis menyusun laporan tugas akhir dengan judul **“Perancangan Prototipe Sistem Pengolahan Air Bilga pada Kapal Tradisional”** sebagai bentuk dokumentasi ilmiah dari tahapan perancangan, analisis, dan hasil yang diperoleh.

Laporan TA ini tidak akan selesai dengan baik tanpa bantuan, bimbingan, dan dorongan dari orang-orang yang berada di sekitar penulis. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih banyak kepada:

1. Ibu Laily Ulfiyah, S.T., MT., Direktur Politeknik Negeri Madura.
2. M. Musta'in, S.T., MT., Wakil Direktur Bidang Akademik.
3. Taufan Prasetyo, S.T., M.T., Ketua Jurusan Teknologi Kemaritiman

4. Desta Rifky Aldara, S.T., M.T., Sekretaris Jurusan Teknologi
Kemaritiman
5. Triyanti Irmiyana, S.T.M.T., Koordinator Program Studi
Teknik Bangunan Kapal
6. M. Musta'in, M.T., Pembimbing I
7. Muhammad Arus Samudro, S.T., M.T., Pembimbing II
8. Orang Tua saya

Para dosen dan tenaga kependidikan Politeknik Negeri Madura
yang telah melayani mahasiswa selama penulis menempuh
pendidikan di sini.

Instansi terkait

Keluarga

Teman-teman

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam
tugas akhir ini. Oleh sebab itu, penulis mengharapkan saran dan
kritik yang membangun untuk tugas akhir ini.

Sampang, 13 Agustus 2026

Raynald Atila Chandra
NRP. 33312301006

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN	iii
LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR.....	iv
LEMBAR PENGESAHAN.....	v
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT	viii
KATA PENGANTAR.....	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
DAFTAR SIGKATAN DAN LAMBANG.....	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan	4
1.5 Manfaat	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Penelitian Sebelumnya	6
2.2 Landasan Teori.....	7
2.2.1 Sistem Bilga	7
2.3 Komponen Pada Sistem Bilga	8
2.4 Cara Kerja OWS	10
2.5 Regulasi MARRPOL Annex 1	12
2.6 Prinsip Pemisahan Solar dan Air	13

2.7	Konsep Desain	15
2.8	Proses Desain.....	18
2.8.1	Penentuan Alur Proses Pengolahan Air Bilga	18
2.8.2	Perancangan Unit Filtrasi Mekanis	18
2.8.3	Dasar Penentuan Komposisi Media Filtrasi	18
2.8.4	Perancangan Sistem Pemompaan	19
2.8.5	Penyesuaian Desain Terhadap Keterbatasan Kapal Tradisional	19
2.8.6	Evaluasi Desain Terhadap Regulasi MARPOL Annex I.....	19
2.8.7	AutoCad	19
2.8.8	Konversi Satuan ppm ke mg/L	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		21
3.1	Tahapan Penelitian	21
3.1.1	Diagram Alir Penelitian	21
3.2	Proses Penelitian.....	22
3.2.1	Identifikasi Masalah dan Studi Literatur.....	22
3.2.2	Fase Desain.....	23
3.2.3	Pembuatan Prototype	26
3.2.4	Pengujian dan Eksperimen	26
3.2.5	Analisis dan Evaluasi	26
3.2.6	Optimasi Desain	27
3.2.7	Kesimpulan dan Rekomendasi	27
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		29
4.1	Hasil Perancangan Desain Prototype	29
4.1.1	Desain Prototipe	29

4.1.2 Pengimplementasian Desain pada General Arrangement.....	30
4.2 Tahap Pembuatan dan Perakitan Prototipe	31
4.3 Pelaksanaan Pengujian Prototipe	33
4.4 Analisis Data Pengolahan.....	35
4.4.1 Hasil Pengujian Filtrasi	35
4.4.2 Analisis Efisiensi Penyisihan Minyak	35
4.4.3 Kesesuaian dengan MARPOL Annex I.....	36
4.4.4 Analisa Kelebihan dan Keterbatasan Prototipe	36
4.5 Evaluasi	37
BAB V PENUTUP.....	39
5.1 Kesimpulan.....	39
5.2 Saran	40
DAFTAR PUSTAKA	41
LAMPIRAN	43

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Spesifikasi Teknis Kapal Nelayan Tradisional	22
Tabel 3. 2 Rencana Anggaran Biaya	25
Tabel 3. 3 Jadwal Kegiatan Penelitian	28
Tabel 4.1 Komposisi Media Filtrasi yang Digunakan pada Prototipe	32
Tabel 4. 2 Hasil Perbandingan Pengujian Sample Air	35

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Oily Water Separator	10
Gambar 2.2 Prinsip Oily Water Separator	14
Gambar 2.3 Skema Aliran Desain Prototipe Sistem Pengolahan Air Bilga	17
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian.....	21
Gambar 3. 2 Skema Aliran Pengolahan Air Bilga pada Kapal Tradisional.....	23
Gambar 3. 3 Y Strainer.....	24
Gambar 3. 4 Pompa Air.....	24
Gambar 3. 6 Ball Valve PVC.....	25
Gambar 4.1 Desain Prototipe.....	29
Gambar 4.2 General Arrangement	31
Gambar 4.3 Persiapan Alat dan bahan	32
Gambar 4.4 Perakitan Alat	33
Gambar 4.5 Uji Sistem dan Aliran Fluida	33
Gambar 4.6 Sample Air Sebelum Filterasi	34
Gambar 4.7 Sample Air Setelah Filterasi	35

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Uji Lab Sample Sebelum Filtrasi	43
Lampiran 2 Hasil Uji Lab Sample Setelah Filtrasi	44

DAFTAR SIGKATAN DAN LAMBANG

IMO	: <i>International Maritime Organization</i>
MARPOL	: <i>International Convention for the Prevention of Pollution from Ships</i>
OWS	: <i>Oily Water Separator</i>
PPM	: <i>parts per million</i>

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara kepulauan dengan karakteristik wilayah pesisir yang sangat bergantung pada sektor maritim, khususnya perikanan tangkap. Di Kecamatan Camplong, Kabupaten Sampang merupakan salah satu wilayah pesisir yang aktivitas ekonominya didominasi oleh nelayan tradisional. Armada perikanan di wilayah ini sebagian besar masih menggunakan kapal kayu berukuran kecil hingga menengah dengan teknologi sederhana. Ketergantungan masyarakat Camplong terhadap kapal tradisional menjadikan keberlanjutan operasional kapal sebagai faktor penting dalam menjaga stabilitas ekonomi dan mata pencaharian nelayan setempat.

Dalam operasional sehari-hari kapal nelayan di Camplong, pengelolaan air bilga masih belum mendapat perhatian yang memadai. Air bilga pada kapal-kapal tersebut berasal dari kebocoran lambung kayu, air laut yang masuk melalui poros baling-baling, air hujan, serta aktivitas pencucian ruang mesin. Pada kapal dengan mesin diesel, air bilga sering bercampur dengan minyak pelumas dan bahan bakar akibat rembesan sistem pelumasan dan perawatan mesin yang masih dilakukan secara manual. Kondisi ini menyebabkan air bilga berpotensi mengandung minyak dalam kadar yang cukup tinggi dan berisiko mencemari perairan pesisir Camplong apabila dibuang langsung ke laut tanpa pengolahan [1].

Pada kapal niaga dan kapal modern, pengelolaan air bilga telah dilakukan melalui pemasangan *oil water separator* (OWS) sesuai dengan ketentuan internasional. Namun, pada kapal

nelayan tradisional di Camplong, sistem tersebut umumnya tidak tersedia. Keterbatasan ruang di ruang mesin kapal kayu, minimnya pasokan daya listrik, keterbatasan biaya investasi, serta rendahnya tingkat pemahaman awak kapal terhadap sistem pengolahan limbah menjadi kendala utama penerapan teknologi pengolahan air bilga. Akibatnya, praktik pembuangan air bilga berminyak langsung ke perairan pesisir masih sering terjadi [2].

Secara regulasi, pencemaran laut akibat limbah minyak telah diatur dalam MARPOL Annex I yang menetapkan bahwa kandungan solar dalam air buangan kapal tidak boleh melebihi 15 ppm. Meskipun regulasi ini berlaku secara internasional, implementasinya pada kapal nelayan tradisional di Camplong masih sangat terbatas. Pengawasan yang minim serta belum tersedianya solusi teknis yang sesuai dengan kondisi kapal tradisional menyebabkan ketentuan tersebut sulit diterapkan secara efektif di lapangan [3].

Dampak pencemaran minyak di perairan pesisir Camplong berpotensi mengganggu ekosistem laut dan aktivitas perikanan nelayan. Minyak yang terakumulasi di perairan dangkal dapat merusak habitat biota laut, menurunkan kualitas hasil tangkapan, serta mencemari alat tangkap dan lambung kapal. Dalam jangka panjang, kondisi ini dapat menurunkan produktivitas nelayan dan mengancam keberlanjutan sumber daya perikanan yang menjadi tumpuan utama masyarakat pesisir Camplong [4].

Berbagai penelitian sebelumnya mengenai sistem pengolahan air bilga umumnya difokuskan pada kapal niaga dan kapal modern dengan kapasitas besar serta dukungan teknologi yang memadai. Teknologi pemisahan gravitasi, filtrasi, dan sistem membran telah terbukti efektif menurunkan kandungan solar dalam air bilga. Namun, sebagian besar

teknologi tersebut memerlukan biaya tinggi, perawatan intensif, dan konsumsi energi yang relatif besar, sehingga kurang sesuai untuk diterapkan pada kapal nelayan tradisional di Camplong [5].

Berdasarkan kondisi tersebut, diperlukan perancangan desain sistem pengolahan air bilga yang secara khusus disesuaikan dengan karakteristik kapal nelayan tradisional di Kecamatan Camplong, Kabupaten Sampang. Sistem yang dirancang harus bersifat sederhana, ekonomis, hemat energi, mudah dioperasikan, serta mampu menurunkan kandungan minyak dalam air bilga hingga memenuhi ketentuan standar yang berlaku. Perancangan desain prototipe sistem pengolahan air bilga ini diharapkan dapat menjadi solusi teknis yang aplikatif untuk mengurangi pencemaran perairan pesisir Camplong sekaligus mendukung keberlanjutan aktivitas perikanan tradisional.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana merancang prototype sistem pengolahan air bilga kapal tradisional yang mampu memisahkan solar dan air hingga kadar minyak ≤ 15 PPM sesuai standar IMO dengan teknologi sederhana dan hemat energi?
2. Apakah sistem pengolahan air bilga berbasis filtrasi mekanis dapat beroperasi secara efektif untuk debit air bilga ruang mesin kapal tradisional serta mudah dioperasikan dan dirawat oleh awak kapal?
3. Bagaimana desain sistem pengolahan air bilga dapat memenuhi ketentuan MARPOL Annex I dan mengurangi dampak pencemaran laut pada operasional kapal tradisional di perairan Indonesia?

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian ini terarah dan tidak menyimpang dari tujuan, maka batasan masalah pada penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian dibatasi pada perancangan dan evaluasi prototype sistem pengolahan air bilga skala kecil untuk kapal tradisional, dengan fokus pada pencapaian kadar minyak keluaran ≤ 15 PPM sesuai ketentuan MARPOL Annex I.
2. Sistem pengolahan yang dikaji hanya menggunakan dengan teknologi sederhana dan kebutuhan energi rendah, tanpa penerapan sistem otomatis, sensor canggih, atau teknologi pemisahan lanjutan.
3. Evaluasi kinerja sistem dibatasi pada efektivitas pemisahan solar-air, kemampuan menangani debit air bilga ruang mesin, serta kemudahan pengoperasian dan perawatan, tanpa analisis biaya ekonomi rinci dan tanpa uji lapangan jangka panjang di kapal operasional.

1.4 Tujuan

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang desain prototype sistem pengolahan air bilga kapal tradisional yang mampu memisahkan solar dan air hingga mencapai kadar minyak ≤ 15 PPM sesuai standar IMO dengan teknologi sederhana dan hemat energi.
2. Mengetahui efektivitas sistem pengolahan air bilga berbasis prinsip filtrasi mekanis dalam menangani debit air bilga ruang mesin kapal tradisional serta kemudahan pengoperasian dan pemeliharannya.
3. Mengkaji kesesuaian desain prototype sistem pengolahan air bilga terhadap ketentuan MARPOL Annex I serta perannya dalam meminimalkan

pencemaran laut pada operasional kapal tradisional di perairan Indonesia.

1.5 Manfaat

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Memberikan solusi teknologi pengolahan air bilga yang sederhana, hemat energi, dan mudah diterapkan pada kapal tradisional sehingga membantu nelayan dalam mengurangi pencemaran laut, meningkatkan kesadaran lingkungan, serta mendukung praktik pelayaran yang lebih ramah lingkungan.
2. Menjadi bahan referensi akademik dan media pembelajaran dalam bidang teknik perkapalan dan kemaritiman, serta mendorong pengembangan penelitian terapan yang relevan dengan kondisi kapal tradisional dan kebutuhan masyarakat pesisir.
3. Memberikan alternatif desain sistem pengolahan air bilga berbiaya rendah yang dapat dikembangkan atau diproduksi oleh industri galangan kapal, bengkel maritim, dan penyedia peralatan kapal tradisional untuk memenuhi tuntutan regulasi lingkungan maritim.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

1. Penelitian oleh Trismi Rimbita dkk. (2024) mengkaji pemisahan minyak dan air menggunakan hidrosiklon yang dilengkapi bubble generator dengan variasi diameter *underflow*. Prinsip pemisahan didasarkan pada perbedaan densitas fluida yang diperkuat oleh gaya sentrifugal dan bantuan gelembung udara untuk meningkatkan daya apung minyak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi diameter *underflow* dan debit udara berpengaruh signifikan terhadap pressure drop, split ratio, dan efisiensi pemisahan. Efisiensi tertinggi pemisahan minyak pada *overflow* mencapai 88,6%, menunjukkan bahwa hidrosiklon bubble generator efektif untuk pemisahan minyak–air, namun sistem ini memerlukan pompa dan kontrol aliran yang relatif kompleks serta kebutuhan energi yang lebih tinggi[1].
2. Penelitian lain dilakukan oleh Yara Ashfiya Bihamdiya Assawa dkk. (2024) yang merancang prototype oily water separator (OWS) menggunakan metode filtrasi karbon aktif dan dilengkapi sensor TDS serta sensor turbidity sebagai indikator kualitas air buangan. Sistem ini dirancang sesuai regulasi MARPOL Annex I dengan batas kandungan minyak maksimum 15 ppm. Hasil pengujian menunjukkan performa kinerja prototype sebesar 66,6%, dengan kemampuan membedakan air yang layak dibuang dan yang masih tercemar minyak. Penelitian ini menekankan aspek edukatif dan monitoring berbasis

sensor, namun ketergantungan pada komponen elektronik dan sistem kontrol menjadikan penerapannya kurang optimal untuk kapal tradisional dengan keterbatasan energi dan SDM[2].

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Sistem Bilga

Sistem bilga adalah sistem pada kapal yang berfungsi untuk mengumpulkan, mengalirkan, dan membuang air bilga dari bagian terendah kapal guna menjaga keselamatan, kebersihan, dan stabilitas kapal. Sistem ini terdiri dari saluran bilga, saringan (*strainer*), pompa bilga, pipa, dan katup yang bekerja untuk menguras air yang masuk akibat kebocoran, rembesan, kondensasi, maupun aktivitas operasional kapal. Pada kapal bermesin, sistem bilga juga berperan dalam menyalurkan air bilga ke unit pengolahan sebelum dibuang ke laut sesuai regulasi lingkungan. Secara umum ada dua sistem bilga yaitu:

1. *Clean Bilge System*

Clean Bilge System adalah sistem bilga yang dirancang untuk menangani dan membuang air yang terkumpul di ruang kapal yang tidak tercampur dengan minyak. Air ini umumnya berasal dari kebocoran air laut, rembesan, hujan, kondensasi, ataupun air sisa pencucian ruang muat yang tidak mengandung minyak. Pada sistem ini, air langsung dipompa keluar ke laut (*overboard*) melalui pompa bilga tanpa melalui proses pemisahan minyak karena kandungan minyaknya dianggap tidak signifikan atau tidak ada[3].

2. *Oily Bilge System*

Oily Bilge System adalah sistem bilga yang menangani air bilga yang bercampur dengan minyak dan zat

hidrokarbon lainnya, yang biasanya terjadi di ruang mesin kapal akibat kebocoran pipa bahan bakar, rembesan pelumas, atau oli mesin. Sistem ini memisahkan fluida campuran air–minyak melalui pemrosesan yang sesuai sebelum dibuang ke laut, misalnya melalui *oily water separator* (OWS) dan monitoring kadar minyak untuk memastikan pemenuhan batas kandungan minyak yang diizinkan (≤ 15 ppm) sesuai regulasi lingkungan maritim[3].

2.3 Komponen Pada Sistem Bilga

1. Bilge Well

Bilge well adalah ruang atau tempat penampungan dengan ukuran tertentu di bagian terendah kapal yang dirancang untuk menampung berbagai zat cair (termasuk air dan kotoran) yang berkumpul di kapal. Air bilga akan terkumpul di area ini terlebih dahulu sebelum disedot oleh pompa bilga dan dialirkan keluar kapal melalui sistem perpipaan bilga. Bilge well umumnya dibuat dari pelat baja dengan kapasitas minimal tertentu (tidak kurang dari $0,15 \text{ m}^3$) dan ditutup di bagian atas dengan *strainer* untuk menyaring partikel besar. Jumlah bilge well biasanya sepasang (kiri dan kanan) dan dapat ditambah di lokasi strategis seperti bawah ruang mesin atau tangki ballast, serta dilengkapi dengan akses melalui *manhole* untuk pembersihan dan pemeliharaan[3].

2. Perpipaan Bilga

- a) Pipa bilge utama dan pipa bilge cabang, yang berfungsi untuk memindahkan air bilge yang terkumpul di berbagai titik bilge well kapal menuju pompa bilge.

- b) Pipa bilge langsung, yaitu pipa yang menghubungkan bilge well tertentu langsung dengan pompa bilge, dengan diameter yang sama seperti jalur bilge utama.
- c) Pipa bilge darurat, yaitu saluran hisap bilge yang terhubung dengan pompa berkapasitas besar yang digunakan pada kondisi kebutuhan tinggi atau darurat.

3. Pompa Bilge

Pompa bilge adalah perangkat mekanis yang digunakan dalam sistem bilge untuk menyedot dan memindahkan air bilge dari bilge well melalui jaringan perpipaan menuju titik pembuangan atau pengolahan. Pompa ini dipasang pada jalur utama sistem bilge, biasanya setelah bilge well, dan berfungsi untuk mengeluarkan air yang terkumpul agar kapal tetap kering dan stabil. Pompa bilge bekerja bersama pipa, *strainer*, dan *valve*, serta dirancang untuk menangani aliran cairan yang mengandung partikel padat atau minyak ringan yang terikut bersama air bilge[3].

4. *Outboard*

Outboard adalah pipa dan katup yang menghubungkan sistem bilge (setelah pompa atau sistem pengolahan) dengan laut, yang memungkinkan air bilge yang telah dipompa atau diolah dibuang ke luar lambung kapal. Saluran ini dilengkapi dengan katup pembuangan untuk mencegah air masuk[3].

5. *Oil Water Separator*

Oil Water Separator adalah peralatan yang digunakan dalam sistem bilga minyak (*Oily Bilge System*) untuk memisahkan minyak yang tercampur dalam air bilga sebelum air tersebut dibuang ke laut. Pada sistem ini, minyak yang bercampur dengan air akan dipisahkan menggunakan *Oil Water Separator* sehingga kandungan minyak dalam air keluaran berkurang sesuai kebutuhan operasi kapal[3].



Gambar 2.1 Oily Water Separator

Sumber (<https://www.rwo.de/products/ows-com/>)

2.4 Cara Kerja OWS

Oil Water Separator (OWS) bekerja dengan memanfaatkan perbedaan massa jenis antara minyak dan air untuk memisahkan kandungan minyak dari air bilga sebelum dibuang ke laut. Campuran air bilga pertama kali masuk ke separator unit, tempat minyak yang memiliki massa jenis lebih rendah akan naik ke permukaan dan terkumpul pada ruang penampung minyak, sedangkan air beserta sisa campuran mengalir ke ruang pengendapan. Selanjutnya, fluida memasuki

filter unit yang terdiri atas tahap penyaringan dan koalesensi. Pada tahap ini, partikel padat dipisahkan melalui filter, sedangkan butiran minyak berukuran kecil digabungkan menjadi butiran yang lebih besar sehingga lebih mudah terpisah dari air. Setelah proses pemisahan selesai, air dialirkan menuju *Oil Content Monitor* untuk mengukur kadar minyak secara terus-menerus. Apabila kandungan minyak pada air hasil olahan kurang dari 15 ppm, air diperbolehkan dibuang ke laut sesuai ketentuan MARPOL Annex I. Namun, apabila kadar minyak melebihi batas tersebut, katup pengalih (*three-way valve*) akan secara otomatis mengembalikan aliran ke tangki sludge atau tangki penampung untuk diproses kembali hingga memenuhi persyaratan pembuangan[4].

OWS dapat diklasifikasikan menurut prinsip kerja dan mekanisme pemisahan yang digunakan

1. *Gravity Oily Water Separator*

OWS tipe *gravity* memanfaatkan perbedaan densitas antara minyak (lebih ringan) dan air (lebih berat) untuk memisahkan kedua fase secara alami. Air bilge masuk ke ruang pemisahan dan didiamkan sehingga minyak mengapung ke permukaan, kemudian minyak dipisahkan dari air oleh pelat atau ruang pemisahan khusus. Tipe ini sering disebut *gravity plate separator* dan merupakan jenis yang umum digunakan dalam sistem kapal sederhana yang tidak memerlukan komponen bergerak besar[4].

2. *Centrifugal Oily Water Separator*

OWS tipe *centrifugal* menggunakan gaya sentrifugal untuk mempercepat pemisahan fase minyak dan air berdasarkan perbedaan densitasnya. Campuran diputar dengan kecepatan tinggi sehingga air (lebih berat) terdorong keluar ke dinding separator, sementara minyak

(lebih ringan) berkumpul di bagian tengah. Tipe ini lebih efektif dalam memisahkan tetesan minyak yang halus dibandingkan tipe gravitasi[1].

3. OWS dengan Media Filtrasi / Koalescer

Selain dua prinsip dasar di atas, beberapa OWS dilengkapi media filter atau koalescer (misalnya karbon aktif atau media khusus) untuk meningkatkan efektivitas pemisahan dengan menangkap partikel minyak halus dan menggabungkannya menjadi tetesan yang lebih besar sebelum proses gravitasi atau sentrifugal. Media ini bekerja sebagai tahap lanjutan untuk mencapai kualitas air buangan yang lebih bersih di bawah batas 15 ppm[5].

2.5 Regulasi MARRPOL Annex 1

MARPOL Annex I merupakan bagian dari International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MARPOL 73/78) yang mengatur pencegahan pencemaran laut oleh minyak yang berasal dari kegiatan operasional kapal. Regulasi ini diberlakukan untuk mengendalikan pembuangan minyak dan campuran minyak–air, termasuk air bilga dari ruang mesin, agar tidak mencemari lingkungan laut[6].

Berdasarkan ketentuan MARPOL Annex I, air bilga yang berasal dari ruang mesin dan mengandung campuran minyak tidak diperbolehkan dibuang langsung ke laut tanpa melalui proses pengolahan. Air bilga harus terlebih dahulu diolah menggunakan *oil filtering equipment* atau *Oil Water Separator* (OWS) yang telah memenuhi persyaratan regulasi. Peralatan tersebut berfungsi untuk memisahkan minyak dari air sehingga kandungan minyak pada air hasil pengolahan berada dalam batas yang diizinkan sebelum dibuang ke laut[6].

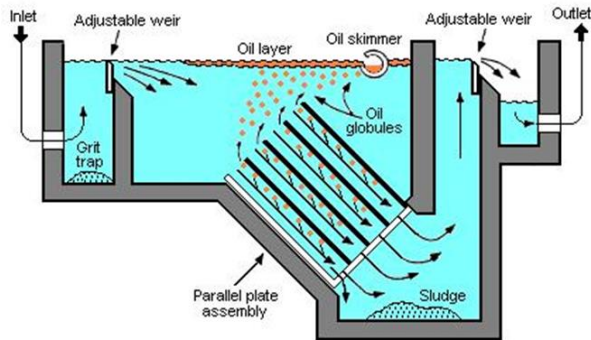
MARPOL Annex I juga menetapkan bahwa pembuangan air bilga dari ruang mesin hanya dapat dilakukan apabila sistem

oil filtering equipment beroperasi dengan baik dan kandungan minyak pada air buangan tidak melebihi 15 *parts per million* (15 ppm). Untuk memastikan kepatuhan terhadap batas tersebut, sistem harus dilengkapi dengan 15 ppm bilge alarm yang mampu memantau kandungan minyak secara terus-menerus. Apabila konsentrasi minyak melebihi 15 ppm, sistem harus secara otomatis menghentikan pembuangan atau mengalihkan aliran kembali ke tangki penampungan agar diproses kembali hingga memenuhi persyaratan[6].

Selain itu, MARPOL Annex I mewajibkan minyak hasil pemisahan dan residu (sludge) untuk ditampung di dalam kapal dan tidak dibuang ke laut. Residu tersebut harus diserahkan ke *port reception facilities* yang tersedia di pelabuhan untuk penanganan lebih lanjut sesuai ketentuan yang berlaku. Dengan demikian, penerapan sistem pengolahan air bilga berdasarkan MARPOL Annex I bertujuan mencegah pencemaran laut akibat pembuangan minyak dari kapal sekaligus memastikan bahwa setiap pembuangan air bilga telah memenuhi standar perlindungan lingkungan internasional[6].

2.6 Prinsip Pemisahan Solar dan Air

Pemisahan Solar dan air pada sistem pengolahan air bilga didasarkan pada perbedaan sifat fisik kedua fluida tersebut serta kondisi aliran di dalam sistem. Efektivitas proses pemisahan sangat dipengaruhi oleh beberapa parameter utama, yaitu perbedaan densitas, ukuran partikel minyak, debit aliran, serta penggunaan media filter. Parameter-parameter ini saling berkaitan dan menentukan tingkat keberhasilan pemisahan minyak dari air[1].



Gambar 2.2 Prinsip Oily Water Separator
Sumber (Wikipedia.com)

1. Perbedaan Densitas Minyak dan Air

Prinsip dasar pemisahan minyak dan air adalah perbedaan densitas (massa jenis) antara minyak dan air. Air memiliki densitas yang lebih besar dibandingkan minyak, sehingga dalam kondisi aliran tertentu air akan cenderung bergerak ke bawah sedangkan minyak akan naik ke permukaan. Mekanisme ini dimanfaatkan dalam proses pemisahan berbasis gravitasi, di mana fluida dengan densitas lebih besar akan terpisah dari fluida yang lebih ringan [1], [7]. Semakin besar perbedaan densitas kedua fluida, maka proses pemisahan akan berlangsung lebih efektif.

2. Waktu Tinggal (*Retention Time*)

Waktu tinggal (*retention time*) merupakan lama waktu campuran minyak dan air berada di dalam ruang pemisahan. Waktu tinggal yang cukup memungkinkan minyak untuk bergerak naik dan terpisah dari air secara optimal. Apabila waktu tinggal terlalu singkat, proses pemisahan tidak berlangsung sempurna karena minyak belum sempat terpisah sepenuhnya dari air. Oleh karena itu, volume ruang

pemisahan dan kecepatan aliran harus dirancang sedemikian rupa agar memberikan waktu tinggal yang memadai [1], [8].

3. Pengaruh Media Filter

Media filter digunakan sebagai tahap lanjutan untuk meningkatkan kualitas air hasil pemisahan. Media seperti karbon aktif atau material berpori lainnya berfungsi untuk menangkap partikel minyak yang tidak terpisah pada tahap awal pemisahan. Karbon aktif memiliki luas permukaan yang besar sehingga efektif dalam mengadsorpsi minyak dan senyawa organik terlarut. Penggunaan media filter dapat meningkatkan efisiensi pemisahan, namun perlu dirancang dan dirawat dengan baik agar tidak menimbulkan hambatan aliran atau penurunan kinerja sistem [1].

2.7 Konsep Desain

Konsep desain prototipe sistem pengolahan air bilga pada kapal tradisional disusun berdasarkan alur proses pengolahan air bilga secara bertahap, mulai dari penampungan hingga pembuangan, dengan mengutamakan kesederhanaan sistem, efisiensi pemisahan, serta kepatuhan terhadap regulasi MARPOL Annex I.

1. Air Bilga pada *Bilge Well*

Air bilga yang berasal dari ruang mesin dikumpulkan terlebih dahulu pada bilge well sebagai tempat penampungan awal sebelum dialirkan ke sistem pengolahan. *Bilge well* berfungsi sebagai titik akumulasi air bilga agar proses pemompaan dan pengolahan dapat berlangsung terkontrol [3].

2. Penyaringan Awal Menggunakan Strainer

Dari *bilge well*, air bilga dialirkan melalui strainer untuk menyaring kotoran kasar seperti lumpur, pasir, dan serpihan logam. Penyaringan awal ini bertujuan melindungi

pompa dan unit pemisahan dari kerusakan serta meningkatkan keandalan sistem [3][4].

3. Pengaliran Menggunakan Pompa Bilga Berdaya Rendah

Pompa bilga digunakan untuk mengalirkan air bilga menuju unit pemisahan. Pompa dipilih dengan kapasitas dan daya rendah agar debit aliran tetap stabil dan tidak menimbulkan turbulensi yang dapat mengganggu proses pemisahan minyak dan air [3][5]. Pompa yang dibutuhkan dihitung berdasarkan menggunakan persamaan berikut[9]:

- (1) Untuk menghitung volume air yang mengalir selama waktu tertentu

$$Q = \frac{V}{t}$$

Q : Kecepatan aliran (m^3/min)

V : Volume (m^3)

t : Waktu (min)

- (2) Untuk menghitung daya pompa

$$P_w = \gamma QH$$

P_w : Daya Pompa (kW)

γ : satuan berat jenis air per volume (kgf/l)

Q : Kapasitas (m^3/min)

H : Head total pompa

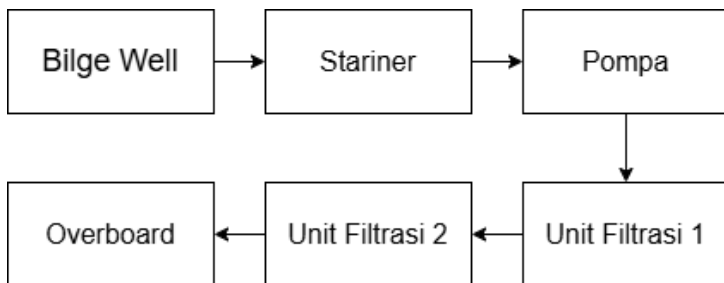
4. Penyaringan Lanjutan dengan Filtrasi Mekanis Bertingkat

Air hasil pemisahan secara gravitasi selanjutnya dialirkan ke unit filtrasi mekanis bertingkat yang terdiri atas media filter halus, kerikil, pasir, dan karbon aktif. Tahap ini berfungsi sebagai proses pemolesan akhir (*polishing*) untuk menyisihkan sisa partikel minyak berukuran halus serta meningkatkan kualitas air hasil pengolahan sebelum dibuang ke lingkungan[8]. Adapun fungsi masing-masing media filtrasi yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Filter halus digunakan untuk menyaring partikel kasar pada air.
- Kerikil berfungsi sebagai media penyaring awal untuk menahan partikel berukuran besar serta sebagai lapisan penyangga yang menjaga kestabilan media filtrasi dan membantu pemerataan aliran air[10].
- Pasir silica berfungsi sebagai media filtrasi yang menyaring partikel tersuspensi dan sisa minyak berukuran halus, sehingga meningkatkan kejernihan serta kualitas air hasil pengolahan[10].
- Karbon aktif berfungsi sebagai media adsorben yang menyerap sisa minyak, senyawa organik, bau, dan zat pencemar terlarut sehingga meningkatkan kualitas air hasil filtrasi[10].

5. Pembuangan Melalui *Overboard*

Air bilga yang telah memenuhi batas kandungan minyak maksimum 15 ppm sesuai MARPOL Annex I dialirkan ke laut melalui saluran overboard. Apabila kandungan Solar masih melebihi ambang batas, air bilga tidak diperkenankan untuk dibuang dan harus diproses ulang atau ditampung [11].



Gambar 2.3 Skema Aliran Desain Prototipe Sistem Pengolahan Air Bilga

2.8 Proses Desain

Proses desain prototipe sistem pengolahan air bilga pada kapal tradisional dilakukan secara bertahap dan sistematis dengan mempertimbangkan kondisi operasional kapal, keterbatasan ruang, serta ketentuan regulasi lingkungan maritim. Tahapan proses desain dimulai dari identifikasi kebutuhan hingga penyusunan desain akhir sistem.

2.8.1 Penentuan Alur Proses Pengolahan Air Bilga

Alur proses dirancang mengikuti urutan penampungan, pemompaan, pemisahan, filtrasi, dan pembuangan. Penyusunan alur ini bertujuan memastikan setiap tahap pengolahan berjalan berurutan dan saling mendukung untuk mencapai efisiensi pemisahan minyak dan air yang optimal.

2.8.2 Perancangan Unit Filtrasi Mekanis

Unit filtrasi mekanis bertingkat digunakan sebagai proses pemolesan akhir. Pemilihan media filter mempertimbangkan efektivitas penyaringan, ketersediaan material, serta kemudahan perawatan.

2.8.3 Dasar Penentuan Komposisi Media Filtrasi

Pemilihan komposisi media filtrasi pada prototipe didasarkan pada penelitian terdahulu yang menunjukkan bahwa susunan dan proporsi media dapat memengaruhi kinerja proses filtrasi. Nasution et al. [12] melakukan penelitian mengenai penggunaan karbon aktif, zeolit, dan pasir silika dengan beberapa variasi ketebalan media. Variasi yang digunakan adalah 0 cm : 10 cm : 10 cm, 5 cm : 10 cm : 10 cm, 10 cm : 10 cm : 10 cm, dan 15 cm : 10 cm : 10 cm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposisi 15 cm karbon aktif, 10 cm zeolit, dan 10 cm pasir silika menghasilkan kualitas air terbaik dibandingkan variasi lainnya. Hasil tersebut menunjukkan

bahwa peningkatan jumlah atau ketebalan media tertentu dapat meningkatkan kemampuan penyisihan kontaminan.

2.8.4 Perancangan Sistem Pemompaan

Pompa dipilih dengan kapasitas yang sesuai untuk menjaga aliran tetap stabil. Pada tahap ini juga ditentukan posisi katup dan jalur perpipaan untuk memudahkan pengoperasian dan pemeliharaan sistem.

2.8.5 Penyesuaian Desain Terhadap Keterbatasan Kapal Tradisional

Dimensi sistem disesuaikan dengan ruang mesin kapal, serta penggunaan material diarahkan pada bahan yang ringan, tahan korosi, dan mudah diperoleh. Sistem dirancang agar mudah dirakit, dibongkar, dan diperbaiki oleh awak kapal.

2.8.6 Evaluasi Desain Terhadap Regulasi MARPOL

Annex I

Desain sistem dievaluasi untuk memastikan bahwa air hasil pengolahan memiliki kandungan minyak tidak melebihi 15 ppm sebelum dibuang ke laut melalui overboard. Evaluasi ini menjadi dasar penetapan desain akhir prototipe sistem pengolahan air bilga[6].

2.8.7 AutoCad

AutoCAD adalah perangkat lunak *Computer-Aided Design* (CAD) dari Autodesk yang digunakan untuk membuat gambar teknik 2D dan model 3D yang presisi, menjadi standar industri untuk berbagai profesi seperti arsitek, insinyur, dan desainer. Aplikasi ini memungkinkan pembuatan desain, anotasi, dan dokumentasi objek dengan akurat melalui alat menggambar dan memodifikasi.

2.8.8 Konversi Satuan ppm ke mg/L

Konsentrasi minyak pada air hasil pengolahan dinyatakan dalam satuan *parts per million* (ppm). Pada larutan berair dengan konsentrasi rendah, seperti air bilga, nilai 1 ppm secara numerik setara dengan 1 mg/L karena massa jenis air mendekati 1 kg/L, sehingga satu liter air memiliki massa sekitar satu juta miligram. Oleh karena itu, satuan ppm dan mg/L dapat digunakan secara bergantian dalam pengukuran kualitas air[13].

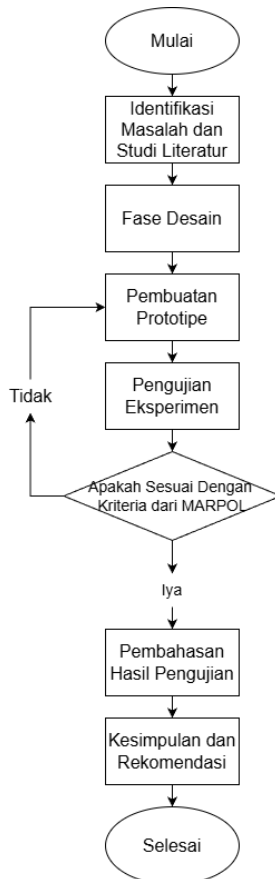
BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian berisi garis besar semua prosedur kerja atau alur penelitian yang dilaksanakan.

3.1.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Proses Penelitian

Langkah – langkah dan metode yang digunakan dalam penyelesaian penelitian ini adalah sebagai berikut:

3.2.1 Identifikasi Masalah dan Studi Literatur

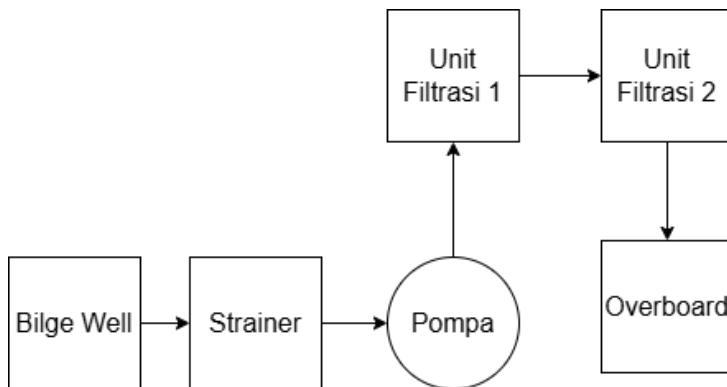
Tahap awal penelitian dimulai dengan identifikasi permasalahan yang berkaitan dengan pengelolaan air bilga pada kapal tradisional, khususnya keterbatasan sistem pengolahan yang tersedia dan potensi pencemaran laut akibat pembuangan air bilga berminyak. Untuk memberikan gambaran awal mengenai karakteristik kapal yang menjadi objek penelitian, dikumpulkan data hasil dari wawancara nelayan tradisional yang mencakup dimensi utama dan volume tangki bilga sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 3.1. Data tersebut menunjukkan bahwa kapal memiliki ruang dan kapasitas yang terbatas, sehingga sistem bilga yang digunakan masih bersifat konvensional dan belum dilengkapi dengan sistem pemisahan minyak dan air yang memadai. Selanjutnya dilakukan studi literatur melalui jurnal ilmiah, standar internasional, serta penelitian terdahulu yang membahas sistem bilga, teknologi pemisahan minyak dan air, dan regulasi MARPOL Annex I sebagai landasan teoritis dan teknis dalam perancangan desain prototype sistem pengolahan air bilga yang sesuai dengan karakteristik kapal tradisional.

Tabel 3. 1 Spesifikasi Teknis Kapal Nelayan Tradisional

Parameter	Nilai
Panjang Keseluruhan (LOA)	17 m
Lebar (B)	4,7 m
Tinggi (H)	3,5 m
Volume Tangki Bilga	3,3 m ³

3.2.2 Fase Desain

Pada fase desain, dilakukan perancangan menyeluruh terhadap prototipe sistem pengolahan air bilga yang akan dikembangkan. Tahapan ini mengacu pada alur penelitian sebagaimana ditunjukkan pada diagram alir, yang dimulai dari penentuan konsep sistem berdasarkan permasalahan yang telah dirumuskan dan ketentuan standar MARPOL. Pada fase ini ditetapkan rancangan sistem meliputi skema aliran, konfigurasi komponen utama, pemilihan material, serta dimensi dan kapasitas masing-masing komponen yang disesuaikan dengan kondisi operasional kapal. Selain itu, pada fase desain juga disusun spesifikasi komponen yang digunakan, yang mencakup jenis, fungsi, dan karakteristik teknis setiap komponen pendukung prototipe. Hasil dari fase desain ini menjadi dasar dalam proses pembuatan prototipe dan pelaksanaan pengujian eksperimen pada tahap selanjutnya.



Gambar 3. 2 Skema Aliran Pengolahan Air Bilga pada Kapal Tradisional

Komponen utama sistem pengolahan air bilga beserta spesifikasi pada prototipe meliputi:

1. *Strainer*: Y *strainer* berbahan PVC digunakan untuk menyari kotoran yang besar agar tidak merusak pompa.



Gambar 3. 3 Y Strainer

Sumber (<https://murada.co.id>)

2. Untuk kebutuhan pompa yang akan digunakan, berdasarkan persamaan (1) dan (2) adalah sebagai berikut:

$$1) \frac{2,98}{20} = 0,149m^3/min$$

$$2) 1025 \times 0,149 \times 1,5 = 2,25kW$$

Maka daya pompa yang akan digunakan adalah 2,25kW.



Gambar 3. 4 Pompa Air

Sumber (<https://www.monotaro.id/p107925802.html>)

3. Unit filtrasi 1 dan 2: filtrasi menggunakan media karbon aktif, busa, krikil dan pasir silica yang dimasukan ke dalam pipa PVC
4. Katup pengatur aliran: ball valve PVC untuk mengatur debit aliran dan memudahkan proses pengujian.



Gambar 3. 5 Ball Vallve PVC

Sumber (<https://unnu.com>)

Rencana Anggaran Biaya (RAB) ditampilkan pada Tabel

3.3 sebagai dasar perencanaan biaya penelitian.

Tabel 3. 2 Rencana Anggaran Biaya

No	Komponen	Spesifikasi	Jumlah	Satuan	Harga Satuan (Rp)
1.	Tangki Drum	Drum besi 20 Liter	1	Pcs	200.000
2.	Pompa Air	1600 liter/H	1	Pcs	80.000
3.	Pasir Moza	Pasir Silica 0,5-1 mm	1	Pcs	18.000
4.	Batu Zeolid	Perlit 1-5 mm	1	Pack	30.000
5.	Filter Halus	Filter mat 2 lapis	3	Pcs	30.000
6.	Pipa Bening	PVC transparan 1/2 inchi	5	Pcs	50.000
7.	Valve	Ball valve PVC plastik	1	Pcs	20.000

		1/2 inci			
8.	Pipa	Pipa pralon PVC D 5 inci	1	Pcs	184.000
9.	Karbon Aktif	Granular (GAC)	2	Pcs	22.000
10.	Elbow	Elbow PVC diameter 0.31 inci	10	Pcs	20.000
11.	Lem pipa	Isarplas 40g	1	Pcs	10.000
12.	Siku Wall Engle	Siku L 2x2, P 3m, T 0.35mm	2	Pcs	100.000
13.	Tutup pipa	Pralon PVC 5 inci	5	Pcs	60.000
				Total	824.000

3.2.3 Pembuatan Prototype

Tahapan ini meliputi proses manufaktur atau fabrikasi komponen sesuai desain yang telah ditentukan, diikuti dengan perakitan seluruh komponen menjadi satu kesatuan sistem prototipe.

3.2.4 Pengujian dan Eksperimen

Pengujian prototipe dilakukan untuk mengetahui performa sistem dalam memisahkan minyak dan air bilga. Pengujian dilakukan pada kondisi operasional, seperti variasi debit aliran dan konsentrasi minyak. Parameter utama yang diukur adalah efisiensi pemisahan dan kandungan minyak dalam air hasil pengolahan (dalam satuan ppm). Hasil pengujian kemudian dibandingkan dengan standar MARPOL Annex I, yaitu batas maksimum 15 ppm.

3.2.5 Analisis dan Evaluasi

Data hasil pengujian dianalisis untuk menilai efektivitas sistem pengolahan air bilga yang dirancang. Analisis dilakukan untuk mengidentifikasi tingkat keberhasilan sistem dalam

memenuhi standar yang ditetapkan serta mengetahui faktor-faktor yang memengaruhi kinerja sistem. Pada tahap ini dilakukan evaluasi terhadap kekurangan atau kendala yang muncul selama pengujian sebagai dasar pengambilan keputusan apakah sistem telah memenuhi kriteria atau masih memerlukan perbaikan.

3.2.6 Optimasi Desain

Apabila hasil evaluasi menunjukkan bahwa kinerja sistem belum optimal, dilakukan proses optimasi desain. Optimasi dapat berupa penyesuaian dimensi komponen, perubahan konfigurasi media filtrasi, atau pengaturan ulang parameter operasional seperti debit aliran. Setelah dilakukan modifikasi, sistem diuji kembali untuk memastikan adanya peningkatan performa.

3.2.7 Kesimpulan dan Rekomendasi

Tahap akhir penelitian adalah penarikan kesimpulan berdasarkan seluruh hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan. Kesimpulan mencerminkan pencapaian tujuan penelitian serta tingkat keberhasilan prototipe sistem pengolahan air bilga. Selain itu, disusun rekomendasi yang berkaitan dengan penerapan sistem pada kapal tradisional serta saran pengembangan lebih lanjut untuk penelitian berikutnya. Seluruh hasil penelitian kemudian didokumentasikan dalam bentuk laporan[1].

Tabel 3. 3 Jadwal Kegiatan Penelitian

No	Kegiatan	Bulan ke					
		1	2	3	4	5	6
1	Identifikasi Masalah dan Studi Literatur						
2	Fase Desain						
3	Pengembangan Prototype						
4	Pengujian dan Eksperimen						
5	Analisis dan Evaluasi						
6	Optimasi Desain						
7	Kesimpulan dan Rekomendasi						

BAB IV

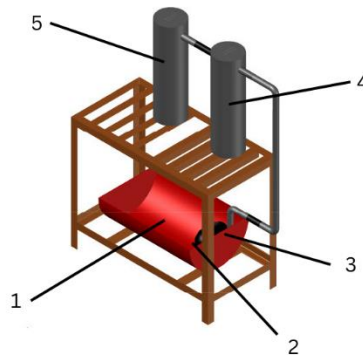
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Perancangan Desain Prototipe

Pada subbab ini dibahas hasil perancangan sistem pengolahan air bilga, mulai dari desain prototipe dan komponen yang digunakan hingga penerapan desain pada General Arrangement (GA) kapal.

4.1.1 Desain Prototipe

Dalam perancangan ini berisikan gambar spesifikasi prototipe sistem pengolahan air bilga pada kapal tradisional.



Gambar 4.1 Desain Prototipe

1. Drum Tangki
Sebelum dilakukan proses filtrasi, air bilga ditampung menggunakan drum tangki dengan kapasitas 10 liter.
2. Strainer
Strainer digunakan untuk menyaring partikel padat agar tidak merusak pompa.
3. Pipa $\frac{1}{2}$ Inch tipe D
Pipa yang digunakan total panjang $1 \frac{1}{2}$ m

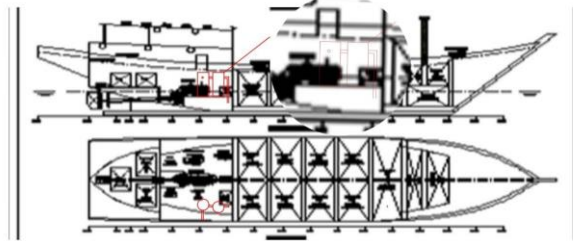
4. Elbow
Elbow yang digunakan ada 4 pcs
5. Pompa DC
Selanjutnya air dialirkan menggunakan pompa air menuju sistem filtrasi dengan debit air 1600 liter/jam
6. Unit Filtrasi 1
Wadah untuk Filtrasi menggunakan pipa 5 inch dengan tipe D. Didalam unit filterasi 1 ini terdapat media batu apung, pasir silica, busa filter dan karbon aktif. Filter ini menggunakan system *upflow filter*, yang dimana aliran air dimulai dari bawah dan keluar melalui outlet yang diatas.
7. Unit Filtrasi 2
Masih sama dengan Unit Filtrasi 1 hanya saja system alirannya dimulai dari atas.

4.1.2 Pengimplementasian Desain pada General

Arrangement

Hasil desain prototipe selanjutnya diimplementasikan pada *General Arrangement* (GA) kapal untuk mengetahui posisi dan kemungkinan penerapan sistem pengolahan air bilga pada kondisi kapal sebenarnya. Pengimplementasian dilakukan dengan menentukan area penempatan komponen sistem pada ruang kapal dengan mempertimbangkan ketersediaan ruang, kemudahan pengoperasian, serta kemudahan dalam melakukan perawatan.

Pada *General Arrangement*, garis-garis merah menunjukkan area rencana penempatan sistem pengolahan air bilga. Penempatan sistem berada pada area ruang mesin, karena air bilga yang akan diolah berasal dari area tersebut. Posisi ini juga memungkinkan jalur perpipaan antara sumber air bilga, tangki penampungan, pompa, dan unit filtrasi dibuat lebih sederhana dan tidak terlalu panjang.



Gambar 4.2 General Arrangement

4.2 Tahap Pembuatan dan Perakitan Prototipe

Dalam tahap ini merupakan pelaksanaan proses pelaksanaan pembuatan prototipe sistem pengolahan air *ballast*.

1. Persiapan alat dan bahan

Tahap awal sebelum pelaksanaan perakitan adalah mempersiapkan seluruh komponen alat dan bahan yang dibutuhkan dalam proses pembuatan prototipe. Dalam persiapan ini ada beberapa alat dan bahan yang digunakan seperti pompa air, tangki drum, strainer, Unit Filtrasi 1 dan 2, pipa PVC dan sambungan, tangki drum, valve, rangka penyangga, lem pipa.



Gambar 4.3 Persiapan Alat dan bahan

Tabel 4.1 Komposisi Media Filtrasi yang Digunakan pada Prototipe

no	Media Filtrasi	Jumlah	Satuan
1	Pasir Silika	1/2	Kg
2	Batu Ziloid	1/2	Kg
3	Karbon Aktif	2	pcs
4	Filter Halus	3	pcs

2. Perakitan komponen

Setelah seluruh komponen dan bahan selesai dipersiapkan, tahap selanjutnya adalah proses perakitan komponen prototipe sistem pengolahan air bilga. Perakitan diawali dengan pembuatan meja atau rangka sebagai dudukan utama untuk menopang seluruh komponen sistem. Selanjutnya dilakukan pemasangan tangki drum, pompa air, strainer, unit filtrasi 1 dan 2, serta pipa PVC beserta sambungannya sesuai dengan rancangan aliran yang telah ditentukan. Pada tahap ini juga dilakukan pemasangan valve dan penyusunan jalur perpipaan agar aliran air dapat berjalan dengan baik dari proses awal hingga akhir pengolahan. Setiap sambungan diperiksa dan direkatkan menggunakan lem pipa untuk mengurangi risiko kebocoran saat pengoperasian prototipe.



Gambar 4.4 Perakitan Alat

4.3 Pelaksanaan Pengujian Prototipe

Proses pengujian prototipe sistem pengolahan air bilga dilaksanakan dalam beberapa tahapan untuk mengetahui kemampuan kerja sistem yang telah dirancang. Pengujian dilakukan terhadap aliran sistem maupun kualitas air hasil pengolahan guna memperoleh data performa prototipe secara menyeluruh. Adapun tahapan pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Pengujian Sistem dan Aliran Fluida

Tahap ini dilakukan untuk memastikan setiap komponen pada sistem pengolahan dapat bekerja dengan baik dan saling terhubung sesuai rancangan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa aliran air bilga dari inlet menuju unit pemisahan hingga keluar melalui outlet dapat berjalan dengan lancar dan stabil.



Gambar 4.5 Uji Sistem dan Aliran Fluida

2. Pengujian Kinerja Pengolahan

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kemampuan sistem dalam mengolah air bilga melalui proses

pemisahan dan filtrasi. Evaluasi dilakukan dengan membandingkan kondisi air sebelum diproses dan setelah melewati seluruh rangkaian pengolahan pada prototipe.

3. Pengujian Sampel Air Awal

Sampel air bilga diuji sebelum memasuki sistem pengolahan untuk mengetahui kondisi awal kandungan pencemar pada air. Data hasil pengujian awal digunakan sebagai parameter pembanding dalam analisis efektivitas sistem pengolahan yang dirancang.



Gambar 4.6 Sample Air Sebelum Filterasi

4. Pengujian Sampel Air Hasil Pengolahan

Pengujian dilakukan terhadap air keluaran dari sistem untuk mengetahui perubahan kualitas setelah melalui proses pengolahan. Dari hasil pengujian tersebut dapat diketahui tingkat keberhasilan prototipe dalam mengurangi kandungan minyak dan meningkatkan kualitas air bilga sebelum dibuang melalui saluran outlet.



Gambar 4.7 Sample Air Setelah Filtrasi

4.4 Analisis Data Pengolahan

Analisis data hasil pengujian dilakukan untuk mengevaluasi performa prototipe sistem pengolahan air bilga dalam proses pemisahan dan pengolahan air. Tahap ini difokuskan pada pengamatan perubahan kualitas air antara kondisi awal sebelum pengolahan dan kondisi akhir setelah melewati seluruh rangkaian sistem, sehingga dapat diketahui tingkat keberhasilan dan efektivitas kerja prototipe yang telah dirancang.

4.4.1 Hasil Pengujian Filtrasi

Tabel 4. 2 Hasil Perbandingan Pengujian Sample Air

No.	Keterangan Sample Uji	<i>Oil Content</i> (ppm)	Status
1	Sebelum dilakukan filtrasi	112.360	Belum memenuhi
2	Setelah dilakukan filtrasi	36	Belum memenuhi

Sumber: Uji Laboratorium Teknik Lingkungan ITS

4.4.2 Analisis Efisiensi Penyisihan Minyak

Efisiensi penyisihan minyak merupakan parameter utama yang digunakan untuk mengevaluasi kinerja prototipe sistem pengolahan air bilga yang telah dirancang. Nilai efisiensi diperoleh dengan membandingkan kandungan minyak (*oil content*) pada air bilga sebelum proses pengolahan dengan

kandungan minyak setelah melewati seluruh tahapan filtrasi. Semakin besar penurunan kadar minyak yang terjadi, maka semakin tinggi efisiensi penyisihan yang dihasilkan oleh sistem.

Efisiensi penyisihan minyak dihitung menggunakan persamaan berikut [14]:

$$\eta = \frac{C_{awal} - C_{akhir}}{C_{awal} - C_{standart}} \times 100\%$$

Melalui persamaan diatas maka diketahui nilai persentase performa kinerja *prototype* sebesar 99,83%

4.4.3 Kesesuaian dengan MARPOL Annex I

Berdasarkan hasil pengujian, prototipe sistem pengolahan air bilga mampu menurunkan kadar minyak (*oil content*) dari 112.360 ppm menjadi 36 ppm dengan efisiensi penyisihan sebesar 99,83%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem yang dirancang telah bekerja secara efektif dalam mengurangi kandungan minyak pada air bilga, namun kadar minyak hasil pengolahan masih berada di atas batas maksimum 15 ppm yang dipersyaratkan dalam MARPOL Annex I untuk pembuangan air bilga ke laut. Dengan demikian, prototipe ini belum sepenuhnya memenuhi ketentuan MARPOL Annex I dan masih memerlukan pengembangan lebih lanjut, seperti optimalisasi media filtrasi, pengaturan debit aliran, dan penyempurnaan desain sistem agar kadar minyak pada air keluaran dapat mencapai atau berada di bawah batas yang telah ditetapkan.

4.4.4 Analisa Kelebihan dan Keterbatasan Prototipe

Salah satu kelebihan prototipe sistem pengolahan air bilga yang dirancang adalah penggunaan komponen yang sederhana, mudah diperoleh di pasaran, dan memiliki biaya pembuatan yang relatif rendah. Komponen seperti pompa air, pipa PVC, serta media filtrasi berupa pasir silika, batu apung, busa filter, dan karbon aktif dipilih karena mudah didapatkan

dan tidak memerlukan proses pemasangan yang rumit. Dengan demikian, prototipe ini berpotensi menjadi solusi yang ekonomis dan mudah diterapkan pada kapal tradisional yang memiliki keterbatasan biaya serta fasilitas operasional.

Di sisi lain, prototipe yang dirancang masih berada pada tahap awal pengembangan sehingga masih memiliki beberapa keterbatasan. Selama proses pengujian masih ditemukan beberapa kendala, seperti adanya kebocoran pada beberapa sambungan, proses filtrasi yang belum bekerja secara optimal, serta belum dilengkapinya sistem dengan alat pemantau kandungan minyak (*oil content monitor*) secara otomatis. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan lebih lanjut melalui penyempurnaan desain, peningkatan kualitas komponen, serta pengujian secara langsung di lapangan agar kinerja prototipe dapat menjadi lebih optimal dan sesuai dengan kebutuhan operasional kapal tradisional.

4.5 Evaluasi

Berdasarkan hasil pengujian, prototipe sistem pengolahan air bilga yang dirancang mampu menurunkan kandungan minyak (*oil content*) dari 112.360 ppm menjadi 36 ppm dengan efisiensi penyisihan sebesar 99,83%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kombinasi pemisahan secara gravitasi dan filtrasi mekanis menggunakan media pasir silika, batu apung, busa filter, dan karbon aktif telah bekerja secara efektif dalam mengurangi kandungan minyak pada air bilga. Meskipun demikian, kadar minyak pada air hasil pengolahan masih berada di atas batas maksimum 15 ppm sesuai ketentuan MARPOL Annex I, sehingga prototipe belum dapat dinyatakan memenuhi persyaratan pembuangan air bilga ke laut.

Belum tercapainya standar tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor. Pertama, waktu tinggal (*retention time*) air di

dalam unit filtrasi masih relatif singkat akibat debit aliran pompa yang cukup tinggi, sehingga kontak antara air bilga dengan media filtrasi belum berlangsung secara optimal. Kedua, kapasitas dan ketebalan media filtrasi yang digunakan masih terbatas karena menyesuaikan dimensi prototipe skala laboratorium, sehingga kemampuan media dalam mengadsorpsi sisa minyak belum maksimal. Ketiga, ukuran butiran minyak yang masih sangat halus menyebabkan sebagian minyak tetap lolos melewati media filtrasi. Selain itu, sistem yang dirancang belum dilengkapi unit koalesensi maupun *Oil Content Monitor* sebagaimana pada *Oily Water Separator* standar, sehingga proses pemisahan minyak halus dan pengendalian kualitas air keluaran belum dapat dilakukan secara optimal.

Selain itu, salah satu faktor yang diduga menyebabkan kadar minyak hasil pengolahan masih belum memenuhi batas 15 ppm adalah belum optimalnya kinerja media karbon aktif. Karbon aktif berfungsi mengadsorpsi sisa minyak dan senyawa organik yang masih terbawa setelah proses pemisahan dan filtrasi. Pada penelitian ini, kemampuan adsorpsi karbon aktif diduga belum maksimal karena waktu kontak air dengan media relatif singkat, kapasitas media terbatas, serta tingginya konsentrasi minyak pada air bilga sebelum pengolahan. Kondisi tersebut menyebabkan sebagian minyak masih lolos bersama air keluaran sehingga kadar minyak hasil pengolahan masih berada di atas batas yang dipersyaratkan oleh MARPOL Annex I.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai perancangan prototipe sistem pengolahan air bilga pada kapal tradisional, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Prototipe sistem pengolahan air bilga berhasil dirancang menggunakan komponen yang sederhana, yaitu tangki drum, strainer, pompa air, 2 unit filtrasi yang berisi batu apung, pasir silika, busa filter, dan karbon aktif, serta sistem perpipaan PVC. Prototipe ini memiliki konstruksi yang sederhana, mudah dirakit, dan menggunakan komponen yang mudah diperoleh dengan biaya pembuatan yang relatif terjangkau, sehingga berpotensi diterapkan pada kapal tradisional.
2. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh komponen prototipe dapat beroperasi sesuai dengan rancangan, dengan aliran air yang berjalan stabil dari tangki penampungan hingga outlet. Sistem filtrasi mampu menurunkan kandungan minyak pada air bilga dari 112.360 ppm menjadi 36 ppm dengan efisiensi penyisihan sebesar 99,83%, sehingga menunjukkan bahwa prototipe memiliki kemampuan yang baik dalam mengurangi kandungan minyak pada air bilga.
3. Berdasarkan evaluasi terhadap MARPOL Annex I, air hasil pengolahan masih memiliki kandungan minyak sebesar 36 ppm, sehingga belum memenuhi persyaratan maksimum 15 ppm untuk dibuang ke laut. Oleh karena itu, prototipe masih memerlukan pengembangan lebih lanjut melalui optimalisasi media filtrasi, pengaturan debit aliran dan

penyempurnaan desain agar dapat memenuhi ketentuan MARPOL Annex I dan diterapkan secara optimal pada kapal tradisional.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka terdapat beberapa saran yang dapat diberikan, yaitu:

1. Prototipe sistem pengolahan air bilga perlu dikembangkan lebih lanjut dengan mengoptimalkan susunan dan ketebalan media filtrasi, mengatur debit aliran, sehingga kadar minyak pada air hasil pengolahan dapat memenuhi batas maksimum 15 ppm sesuai ketentuan MARPOL Annex I.
2. Penelitian selanjutnya disarankan melakukan pengujian pada kondisi operasional yang lebih beragam, seperti variasi konsentrasi minyak, debit aliran, dan waktu pengoperasian yang lebih lama, sehingga kinerja prototipe dapat dievaluasi secara lebih menyeluruh.
3. Prototipe perlu diuji secara langsung pada kapal tradisional yang beroperasi di lapangan untuk mengetahui keandalan, kemudahan pengoperasian, serta efektivitas sistem dalam kondisi operasional yang sebenarnya.
4. Penelitian berikutnya disarankan menambahkan alat pemantau kandungan minyak (*Oil Content Monitor*) pada sistem sehingga kualitas air hasil pengolahan dapat dipantau secara langsung sebelum dibuang ke laut sesuai dengan ketentuan MARPOL Annex I.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. Rimbita, I. Catrawedarma, E. Novita Sari, M. A. Wahid, and A. Fiveriati, “Studi Eksperimental Pemisah Minyak-Air Menggunakan Hidrosiklon-Bubble Generator berdasarkan Variasi Diameter Underflow,” *J. Rekayasa Mesin*, vol. 24, no. 2, pp. 51–55, 2024, doi: 10.36706/jrm.v24i2.555.
- [2] Y. A. Bihamdiya Assawa, I. E. Wati Br Purba, A. K. Yusim, and A. Windyandari, “Prototype Oily Water Separator Menggunakan Indikator Sensor Tds (Total Dissolved Solids),” *J. Rekayasa Mesin*, vol. 19, no. 1, pp. 45–52, 2024, doi: 10.32497/jrm.v19i1.4785.
- [3] H. J. Pradana, “ANALISIS PENYEBAB KEBOCORAN FORE BILGE Scanned by CamScanner,” 2019.
- [4] Marine Insight, “Oily Water Separator: Construction and Working.” 2017.
- [5] saVRee, “Oily Water Separator (OWS) Explained.” 2024.
- [6] IMO, “Annex I,” in *International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MARPOL)*, 1983.
- [7] & T. F. Wastoyo, D. A. Mardiana, R. Setiati, “Hydrocyclone Optimisation to Separate Oil and Water,” 2021.
- [8] & G. F. Xiaobo Zeng, Le Zhao, “Experimental Investigation on a New Axial Separator for Oil–Water with Small Density Difference,” 2021.
- [9] A. Yani, “Analisis Karakteristik Pompa Air Type Sentrifugal Kapasitas 34 Liter / Menit Dengan Daya Pompa 125 Watt,” vol. 5, no. 1, pp. 1–7, 2022.
- [10] K. N, T. Z. A, L. J, Z. Y, and Z. B, “Integrated sand and activated carbon-based filtration for decanted oily wastewater treatment during offshore oil spill response,” *Mar. Environ. Res.*, vol. 204, 2024.
- [11] CAB Makassar, “MARPOL Annex I: Cara Mencegah Polusi Minyak di Laut.” 2024.

- [12] N. N, D. A.H, and S. P.R.A, “Penerapan filter air berbasis zeolit dan pasir silika dengan penambahan karbon aktif biji salak untuk meningkatkan kualitas air sumur gali,” *EINSTEIN (e-Journal)*, vol. 10, 2022.
- [13] J. . Peirce, R. . Weiner, and P. . Vesilind, “Environmental Pollution and Control,” 1998.
- [14] T. G, S. H.D, T. R, and B. F, “Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery,” *McGraw-Hill Educ.*, vol. 5th ed, 2014.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Uji Lab Sample Sebelum Filtrasi



**LABORATORIUM MANAJEMEN KUALITAS LINGKUNGAN
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**

**KAMPUS ITS SUKOLILO SURABAYA
TELEPON (031)5948886 FAX. (031)5938387**

DATA ANALISA CUPLIKAN

Pengirim : Sdr. Raynald Atila Chandra & M. Yusuf Bahtiar
Dikirim Tanggal : 23 Juni 2026
Sampel : Air Laut di di Kapal Nelayan, Pelabuhan Tanglok, Sampang

Paramter	Satuan	Hasil Analisa	Metoda Analisa
Minyak & Lemak	mg/L	112.360,00	Gravimetri

Surabaya, 30 Juni 2026
Laboratorium Manajemen Kualitas Lingkungan
Departemen Teknik Lingkungan FTSPK ITS
Kepala,

Ervin Murhayati, ST., MT., PhD
NIP. 1980201712041

Catatan :
Laporan ini dibuat untuk cuplikan yang
diterima laboratorium kami

Lampiran 2 Hasil Uji Lab Sample Setelah Filtrasi



**LABORATORIUM MANAJEMEN KUALITAS LINGKUNGAN
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**

**KAMPUS ITS SUKOLILO SURABAYA
TELEPON (031)5948886 FAX. (031)5938387**

DATA ANALISA CUPLIKAN

Pengirim : Sdr. Raynald Atila Chandra & M. Yusuf Bahtiar
Dikirim Tanggal : 02 Juli 2026
Sampel : Air

Paramter	Satuan	Hasil Analisa	Metoda Analisa
Minyak & Lemak	mg/L	36,00	Gravimetri

Surabaya, 06 Juli 2026
Laboratorium Manajemen Kualitas Lingkungan
Departemen Teknik Lingkungan FTSPK ITS
Kepala,

Erwin Nuchayati, ST., MT., PhD
NIP. 4980201712041

Catatan :
Laporan ini dibuat untuk cuplikan yang
diterima laboratorium kami

BIODATA PENULIS

Penulis bernama Raynald Atila Chandra, lahir di Wonogiri, pada 20 Novehember 2004. Penulis merupakan mahasiswa Program Studi Diploma III Teknik Bangunan Kapal, Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Negeri Madura. Selama menempuh pendidikan, penulis mempelajari berbagai bidang

yang berkaitan dengan teknik bangunan kapal, seperti perancangan kapal, konstruksi kapal, sistem perpipaan, serta pemeriksaan dan pengujian kapal.

Penulis memiliki ketertarikan pada bidang perancangan dan teknologi pengolahan lingkungan pada kapal. Dalam penyusunan Tugas Akhir, penulis mengambil judul “Perancangan Desain Prototype Sistem Pengolahan Air Bilga pada Kapal Tradisional” sebagai salah satu bentuk penerapan ilmu yang telah diperoleh selama perkuliahan.

Penulis berharap Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat dan menjadi referensi dalam pengembangan sistem pengolahan air bilga yang sederhana dan sesuai untuk diterapkan pada kapal tradisional.