

TUGAS AKHIR

ANALISIS PERHITUNGAN GAYA APUNG MESIN *OIL SKIMMER*

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammdiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

ALFI SYAHRIL

2107230043



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2026**

HALAMAN PENGESAHAN

Laporan Penelitian Tugas Akhir ini diajukan oleh:

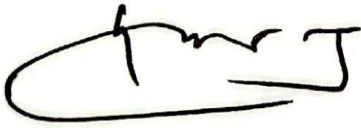
Nama : Alfi Syahril
NPM : 2107230043
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Tugas Akhir : Analisis Perhitungan Gaya Apung Mesin Oil Skimmer
Bidang Ilmu : Konversi Energi

Telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan dinyatakan lulus sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 11 Januari 2026

Mengetahuin dan Menyetujui:

Dosen Penguji I



Dr. Munawar Alfansury Siregar, S.T.,MT.

Dosen Penguji II



Chandra A Siregar, S.T., M.T

Dosen Penguji III



H. Muharnif M, S.T., M.Sc

Program Studi Teknik Mesin
Ketua,



Chandra A Siregar, S.T., M.T

PERNYATAAN

Dengan ini saya :

Nama : Anriatul Jumroh

NPM : 2104290100

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi dengan judul “efektivitas penggunaan pupuk posfat guano terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman terung ungu (*solanum melongena* L.)” adalah berdasarkan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli saya sendiri. Jika terdapat karya orang lain, saya akan mencantumkan sumber dengan jelas.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari ternyata ditemukan adanya penjiplakan (plagiarisme), maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang sudah saya peroleh. Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar tanpa paksaan dari pihak manapun.

Medan, Juni 2026

Yang Menyatakan



Anriatul Jumroh

ABSTRAK

Pencemaran minyak pada permukaan air dapat menurunkan kualitas lingkungan dan mengganggu proses pengolahan air. Oil skimmer merupakan perangkat yang digunakan untuk memisahkan minyak dari air dengan memanfaatkan prinsip gaya apung. Pada oil skimmer tipe drum roller, kedalaman roller menjadi parameter penting karena berpengaruh terhadap efektivitas pemisahan minyak. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis besar gaya apung yang bekerja pada sistem serta menentukan kedalaman roller pada variasi beban fluida sebesar 10 liter dan 15 liter. Penelitian dilakukan pada waduk uji berukuran 4×3 meter melalui pengukuran langsung terhadap kedalaman terendam pelampung, massa total sistem, gaya apung, dan gaya berat. Perhitungan gaya apung dilakukan menggunakan Hukum Archimedes untuk sistem dua fluida, yaitu minyak dan air, sedangkan kedalaman roller ditentukan berdasarkan kondisi keseimbangan gaya ($F_a = W$). Hasil penelitian menunjukkan bahwa gaya apung meningkat seiring bertambahnya beban fluida. Pada beban 10 liter diperoleh gaya apung sebesar 389,81 N dengan kedalaman roller 0,0415 m, sedangkan pada beban 15 liter nilai gaya apung meningkat menjadi 546,25 N dengan kedalaman roller 0,0476 m. Pada kedua kondisi tersebut, gaya apung yang bekerja lebih besar dibandingkan gaya berat sistem ($F_a > W$), sehingga oil skimmer dapat beroperasi secara keseimbangan. Penelitian ini menyimpulkan bahwa variasi beban fluida berpengaruh terhadap besar gaya apung dan kedalaman roller. Kedalaman roller yang efektif dicapai ketika gaya apung mencukupi untuk menopang sistem sehingga proses pemisahan minyak dari permukaan air dapat berlangsung dengan baik.

Kata kunci: Gaya Apung; Oil Skimmer; Kedalaman Roller; Pemisahan Minyak-Air.

ABSTRACT

Oil contamination on water surfaces can reduce environmental quality and disrupt water treatment processes. An oil skimmer is a device used to separate oil from water by utilizing the principle of buoyancy. In drum-roller-type oil skimmers, roller depth is an important parameter because it affects the effectiveness of oil separation. This study aims to analyze the magnitude of the buoyant force acting on the system and to determine the roller depth at fluid load variations of 10 liters and 15 liters. The research was conducted in a 4 × 3 meter test tank through direct measurements of the submerged depth of the float, total system mass, buoyant force, and system weight. The buoyant force was calculated using Archimedes' principle for a two-fluid system, namely oil and water, while the roller depth was determined based on the force equilibrium condition ($F_a = W$). The results show that the buoyant force increases with increasing fluid load. At a load of 10 liters, a buoyant force of 389.81 N was obtained with a roller depth of 0.0415 m, while at a load of 15 liters the buoyant force increased to 546.25 N with a roller depth of 0.0476 m. Under both conditions, the buoyant force acting on the system was greater than the system weight ($F_a > W$), indicating that the oil skimmer can operate in a state of equilibrium. This study concludes that variations in fluid load affect the magnitude of the buoyant force and the roller depth. An effective roller depth is achieved when the buoyant force is sufficient to support the system, allowing the oil separation process from the water surface to operate properly.

Keywords: Buoyancy; Oil Skimmer; Roller Depth; Oil–Water Separation.

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Esa, Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulisan panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Proposal Tugas Akhir ini dengan judul’’ Analisis Perhitungan Gaya Apung Oil Skimmer’’. Proposal Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Dalam penyusunan Proposal Tugas Akhir ini, penulis menyadari bahwa keberhasilan penyelesaian laporan ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, dan dukungan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak H Muharnif, S.T., M.sc selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan, arahan dan masukan kepada penulis selama penyusunan Proposal Tugas Akhir ini.
2. Bapak Ir. Ade Faisal, S.T., M.Sc.,Ph.D selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Chandra A Siregar, S.T., M.T selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin dan Bapak Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T selaku Sekretaris Program Studi Teknik Mesin.
4. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan selama masa perkuliahan.
5. Orang Tua Penulis: Azhari dan Ida Safitri, yang senantiasa memberikan doa, dukungan, serta motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan Proposal Tugas Akhir ini.
6. Bapak/Ibu Staf Administrasi di biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Rekan Tugas Akhir Penulis: Adinda Fadia Putri, Febri kurniawan Tanjung, Rama Afrian ,Team Oil Skimmer serta teman-teman kelas A3 Malam yang telah memberikan dukungan dan semangat kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa Proposal Tugas Akhir ini masih memiliki keterbatasan dan kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi penyempurnaan karya ini di masa mendatang.

Medan, 11 Januari 2026

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Alfi Syahril', written in a cursive style. The signature is positioned above the printed name.

Alfi Syahril

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	ii
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR NOTASI	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumus Masalah	3
1.3 Ruang Lingkup	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Pengertian <i>Oil Skimmer</i>	4
2.2 Jenis Jenis <i>Oil Skimmer</i>	4
2.3 Prinsip Kerja Daya Angkat Minyak Terhadap <i>Oil Skimmer</i>	8
2.4 Cara Kerja Drum <i>Roller Oil skimmer</i> Dalam Mengangkat Minyak	9
2.5 Faktor Faktor yang Mempengaruhi Gaya Apung Terhadap kedalaman <i>Roller Oil Skimmer</i>	10
2.6 Pengaruh Gaya Apung Terhadap Kinerja <i>Oil Skimmer</i> Berdasarkan Kedalaman <i>Roller</i>	12
2.7 Prinsip Gaya Apung	13
2.8 Ketebalan Lapisan Minyak Pada Permukaan Air	15
2.9 Luas Penampang Pelampung Efektif	16
2.10 Rasio Minyak dan Air	17
2.11 Massa dan Volume Fluida	18
2.12 Penurunan Rumus Kedalaman <i>Roller</i>	19
2.13 Sifat Sifat Fluida	21
BAB 3 METODE PENELITIAN	
3.1 Tempat dan Waktu	23
3.1.1 Tempat Penelitian	23
3.1.2 Waktu Penelitian	23
3.2 Bahan dan Alat	24
3.2.1 Bahan Penelitian	24
3.2.2 Alat Penelitian	25
3.3 Diagram Alir Penelitian	28
3.4 Rancangan Mesin <i>Oil Skimmer</i> Tipe Drum <i>Roller</i> Kapasitas 15 Liter Perjam	30

3.5	Prosedur Penelitian	32
3.6	Variabel Penelitian	34
3.6.1	Variabel bebas	34
3.6.2	Variabel Terikat	35
3.6.3	Varibel Kontrol	36
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		
4.1	Data dan Parameter Penelitian	37
4.2	Ketebalan Lapisan Minyak	37
4.3	Luas Penampang Pelampung	38
4.4	Rasio Komposisi Minyak dan Air	39
4.4.1	Rasio Komposisi Pada Kapasitas 10 L	39
4.4.2	Rasio Komposisi Pada Kapasitas 15 L	41
4.5	Komposisi Volume Fluida dalam Wada Penampung	43
4.5.1	Komposisi volume Fluida dalam Wada Penampung 10 L	43
4.5.2	Komposisi volume Fluida dalam Wada Penampung 15 L	44
4.6	Perhitungan Massa Fluida	45
4.6.1	Menentukan Massa Fluida pada Wada Penampung 10 L	45
4.6.2	Menentukan Massa Fluida pada Wada Penampung 15 L	46
4.7	Kedalaman Roller Perbeban	47
4.7.1	Kedalaman Roller Pada Wada Penampung 10 L	47
4.7.2	Kedalaman Roller Pada Wada Penampung 15 L	48
4.8	Analisis Gaya Apung Terhadap Variasi Beban Fluida	49
4.8.1	Analisis Gaya Apung Pada Wada Penampung 15 L	49
4.8.2	Analisis Gaya Apung Pada Wada Penampung 15 L	50
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		
5.1	Kesimpulan	53
5.2	Saran	54
DAFTAR PUSTAKA		55
Lampiran 1. Hasil Penelitian		
Lampiran 2. SK Pembimbing		
Lampiran 3. Lembar Asistensi		
Lampiran 4 Berita Acara Seminar Hasil Penelitian		
Lampiran 5 Daftar Riwayat Hidup		

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Rencana Jadwal Penelitian	23
Tabel 4.1 Hasil Analisis Gaya Apung dan Kedalaman Roller Pada Variasi Beban	50

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Belt Oil Skimmer</i>	4
Gambar 2.2 <i>Disc Oil Skimmer</i>	5
Gambar 2.3 <i>Drum Oil Skimmer</i>	6
Gambar 2.4 <i>Weir Oil Skimmer</i>	6
Gambar 2.5 <i>Brush Oil Skimmer</i>	7
Gambar 2.6 <i>Rope Mop Oil Skimmer</i>	8
Gambar 3.1 Waduk Buatan	24
Gambar 3.2 Waduk Tercemar Oil	24
Gambar 3.3 Mesin <i>Oil Skimmer</i> Tipe <i>Drum Roller</i>	25
Gambar 3.4 Timbangan	25
Gambar 3.5 Gelas Ukur	26
Gambar 3.6 Pita Ukur	26
Gambar 3.7 Pelampung <i>Oil Skimmer</i>	27
Gambar 3.8 Diagram Alir Penelitian	28
Gambar 3.9 Rancangan Mesin <i>Oil Skimmer</i> Tipe <i>Drum Roller</i>	29
Gambar 4.1 Campuran Fluida Minyak dan Air Pada Gelas Ukur 500 MI Reprentasi Kapasitas 10 L	39
Gambar 4.2 Campuran Fluida Minyak dan Air Pada Gelas Ukur 500 MI Reprentasi Kapasitas 15 L	41

DAFTAR NOTASI

F_a	=	Gaya apung	N
ρ_f	=	Massa jenis fluida	kg/m^3
ρ_a	=	Massa jenis air	kg/m^3
ρ_o	=	Massa jenis minyak	kg/m^3
g	=	Percepatan gravitasi	m/s^2
V_t	=	Volume fluida yang dipindahkan	m^3
w	=	Berat benda	N
V_{air}	=	Volume air	m^3
V_{oil}	=	Volume minyak	m^3
h_o	=	Tebal lapisan minyak	m
h_{sub}	=	Kedalaman total pelampung terendam	m
A_p	=	Luas penampang pelampung	m^2
A_{waduk}	=	Luas permukaan waduk	m^2
$m_{skimmer}$	=	Massa total sistem skimmer	kg
p_{oil}	=	Persentase komposisi oil terhadap total volume fluida	%
p_{air}	=	Persentase komposisi air terhadap total volume fluida	%
m	=	Massa fluida	kg
V	=	Volume fluida	m^3
h	=	Kedalaman roller	m
m_{total}	=	Massa total	kg

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pencemaran air akibat limbah cair yang mengandung minyak masih menjadi permasalahan lingkungan yang serius, khususnya di kawasan industri. Pada industri pengolahan kelapa sawit, misalnya, sering ditemukan lapisan minyak yang mengapung di permukaan waduk atau kolam penampungan limbah. Kondisi ini menunjukkan bahwa proses pemisahan minyak dan air belum berlangsung secara optimal sehingga sisa minyak dari proses produksi masih bercampur dengan air limbah. Apabila tidak dikelola dengan baik, keberadaan minyak tersebut dapat menurunkan kualitas air, mengganggu keseimbangan ekosistem perairan, serta memberikan dampak negatif terhadap lingkungan dan organisme akuatik.

Limbah minyak umumnya berasal dari berbagai tahapan aktivitas industri, seperti proses pengolahan, pencucian peralatan, kebocoran sistem perpipaan, hingga proses pembuangan limbah cair. Karena minyak memiliki massa jenis yang lebih rendah dibandingkan air, minyak akan membentuk lapisan di permukaan. Lapisan ini dapat menghambat penetrasi cahaya dan pertukaran oksigen di dalam air, sehingga memperburuk kondisi perairan. Oleh karena itu, diperlukan teknologi pemisahan minyak dari air yang efektif dan efisien untuk mengendalikan tingkat pencemaran.

Salah satu teknologi yang banyak digunakan untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah *oil skimmer*, yaitu alat yang dirancang untuk mengangkat lapisan minyak dari permukaan air secara selektif. Teknologi ini telah banyak diterapkan dalam penanganan limbah industri maupun tumpahan minyak dan terbukti mampu meningkatkan efisiensi proses pemulihan minyak, khususnya pada tipe drum oleofilik yang memiliki kapasitas pengambilan relatif tinggi (Dawood & Algawi, 2017).

Oil skimmer bekerja berdasarkan perbedaan sifat fisik antara minyak dan air, terutama perbedaan massa jenis serta kemampuan minyak untuk melekat pada permukaan tertentu. Berbagai tipe *oil skimmer* telah dikembangkan, seperti tipe weir, belt, disc, brush, dan drum. Salah satu tipe yang banyak digunakan dalam

aplikasi industri adalah *oil skimmer* tipe drum *roller*. Pada sistem ini, sebuah drum berputar dengan sebagian permukaannya terendam di dalam fluida. Minyak yang berada di lapisan atas akan menempel pada permukaan drum akibat sifat *adhesi*, kemudian dipisahkan menggunakan *scraper* dan dialirkan menuju tangki penampungan (Supriyono & Nurrohman, 2020).

Meskipun memiliki konstruksi yang relatif sederhana dan fleksibel dalam pengoperasian, kinerja *oil skimmer* tipe drum *roller* sangat dipengaruhi oleh parameter teknis tertentu, salah satunya adalah kedalaman perendaman *roller* terhadap permukaan air. Kedalaman *roller* menentukan luas kontak antara permukaan drum dan lapisan minyak. Jika *roller* terlalu dangkal, jumlah minyak yang terambil menjadi tidak maksimal. Sebaliknya, jika *roller* terendam terlalu dalam, maka air dapat ikut terbawa bersama minyak sehingga menurunkan efisiensi pemisahan.

Pengaturan kedalaman *roller* berkaitan erat dengan keseimbangan gaya yang bekerja pada sistem, khususnya gaya berat dan gaya apung. Gaya apung merupakan gaya ke atas yang timbul akibat adanya fluida yang dipindahkan oleh bagian *roller* yang terendam. Besarnya gaya apung ini menentukan posisi vertikal *roller* terhadap permukaan fluida. Agar proses pemisahan berlangsung optimal, posisi *roller* harus berada tepat pada zona lapisan minyak, bukan terlalu dalam hingga memasuki lapisan air secara dominan.

Selain faktor kedalaman, karakteristik minyak seperti viskositas dan tingkat pencampuran dengan air juga mempengaruhi efektivitas proses pemisahan. Minyak dengan viskositas tinggi cenderung lebih mudah melekat pada permukaan *roller*, namun dapat memperlambat proses pengaliran menuju tangki penampungan. Sementara itu, kondisi permukaan air yang tidak stabil, seperti adanya arus atau gelombang pada kolam limbah, dapat mempengaruhi kestabilan posisi kerja *oil skimmer*.

Berdasarkan uraian tersebut, dapat disimpulkan bahwa analisis mengenai gaya apung dan kedalaman *roller* menjadi aspek penting dalam meningkatkan kinerja *oil skimmer* tipe drum *roller*. Pemahaman yang tepat terhadap hubungan kedua parameter tersebut diharapkan dapat menghasilkan pengaturan sistem yang

lebih optimal, sehingga proses pemisahan minyak dari air pada waduk limbah industri kelapa sawit dapat berlangsung lebih efektif dan efisien.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka rumusan masalah penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh gaya apung terhadap kinerja *oil skimmer* tipe drum *roller*?
2. Faktor-faktor apa saja yang memengaruhi besar gaya apung pada *oil skimmer*?
3. Bagaimana perhitungan dan analisis gaya apung dilakukan pada *oil skimmer*?

1.3 Ruang Lingkup

Penelitian ini memiliki batasan sebagai berikut:

1. Menganalisis pengaruh gaya apung terhadap kinerja *oil skimmer* tipe drum *roller*.
2. Menganalisis gaya apung yang dihasilkan oleh drum *roller* sebagai elemen pelampung.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini :

1. Menentukan besar gaya apung yang bekerja pada mesin *oil skimmer* tipe drum *roller*
2. Menentukan jumlah dan jenis drum yang digunakan sebagai elemen gaya apung.
3. Menganalisis pengaruh gaya apung terhadap beban sistem *oil skimmer*.
4. Menentukan kedalaman drum *roller* yang optimal terhadap permukaan fluida.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Mendukung upaya perlindungan lingkungan melalui peningkatan efektivitas pembersihan minyak pada perairan seperti laut, sungai, danau, dan waduk.
2. Memberikan kontribusi dalam peningkatan efektivitas pemisahan minyak dan air dengan mempertimbangkan pengaruh gaya apung.
3. Menjadi referensi teknis dalam menentukan kedalaman terendam roller pada kondisi tangki kosong dan tangki berisi lapisan minyak.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian *Oil Skimmer*

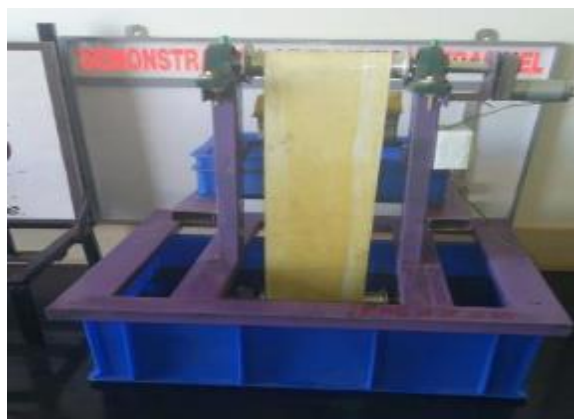
Oil skimmer adalah suatu perangkat yang digunakan untuk memisahkan atau menghilangkan minyak yang tercampur dengan air atau fluida lainnya. Alat ini bekerja dengan memanfaatkan perbedaan sifat fisik antara minyak dan air, khususnya perbedaan massa jenis, sehingga minyak yang mengapung di permukaan air dapat ditarik dan dipisahkan dari fluida utama.

Proses pemisahan tersebut bertujuan untuk mengurangi kandungan minyak dalam air sehingga kualitas air menjadi lebih baik dan aman dari pencemaran. *Oil skimmer* banyak digunakan pada berbagai sektor, antara lain industri pengolahan air limbah, penanganan tumpahan minyak di laut, sungai, waduk serta pada fasilitas industri yang menghasilkan limbah cair minyak

2.2 Jenis Jenis *Oil Skimmer*

Oil skimmer merupakan alat yang digunakan untuk menghilangkan minyak dari permukaan air, terutama pada aplikasi industri, pengolahan limbah, serta penanganan tumpahan minyak. Berdasarkan prinsip kerja dan desainnya, *oil skimmer* dapat diklasifikasikan ke dalam beberapa jenis yang umum digunakan, yaitu sebagai berikut:

1. *Belt Oil Skimmer*



Gambar 2.1 *Belt Oil Skimmer*

Catatan: Diambil dari (M et al., 2017)

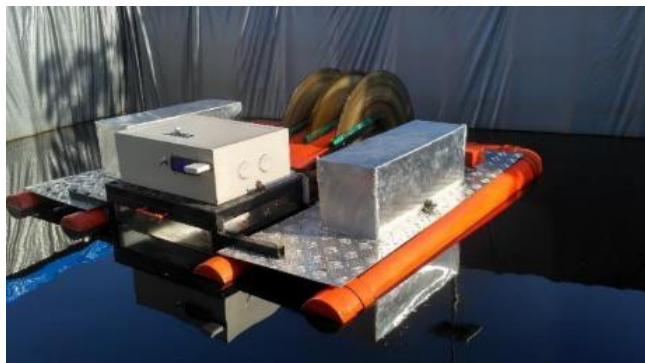
Prinsip Kerja

Belt oil skimmer bekerja dengan menggunakan sabuk (belt) berbahan *oleofilik* yang bergerak melewati permukaan air. Minyak akan menempel pada permukaan sabuk, kemudian dikikis menggunakan *scraper* dan dialirkan ke wadah penampung.

Karakteristik:

- Cocok untuk lapisan minyak yang relatif tipis.
- Umumnya digunakan pada kolam limbah, tangki industri, atau sumur pembuangan.
- Memiliki kapasitas pemulihan terbatas sehingga kurang sesuai untuk perairan yang luas.

2. *Disc Oil Skimmer*



Gambar 2.2 *Disc Oil Skimmer*

Catatan: Diambil dari (Supriyono et al., 2021)

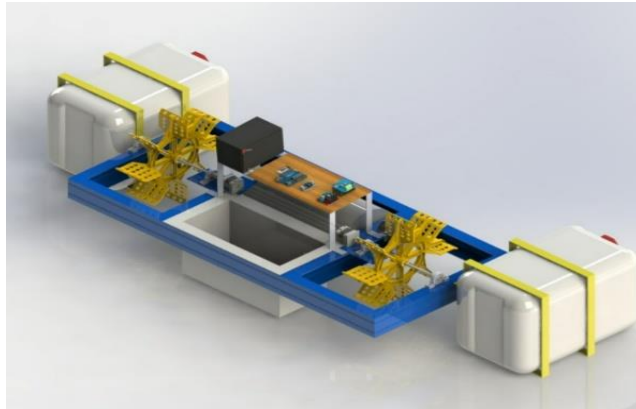
Prinsip Kerja

Disc oil skimmer menggunakan piringan (disc) yang berputar dan sebagian terendam di dalam air. Minyak akan menempel pada permukaan *disc* dan kemudian dikikis oleh *scraper*.

Karakteristik

- Efektif untuk minyak dengan viskositas rendah hingga sedang.
- Memiliki konsumsi energi yang relatif rendah.
- Cocok untuk lapisan minyak tipis dan aplikasi pemisahan secara berkelanjutan.
- Kurang efektif pada kondisi perairan dengan arus deras atau gelombang besar.

3. Drum Oil Skimmer



Gambar 2.3 Drum Oil Skimmer

Prinsip Kerja

Drum *oil skimmer* menggunakan drum silinder berbahan *oleofilik* yang berputar dan sebagian terendam di dalam air. Minyak akan menempel pada permukaan drum dan kemudian dikikis untuk dikumpulkan.

Karakteristik

- Memiliki efisiensi pemulihan yang tinggi dengan kapasitas yang fleksibel.
- Stabil digunakan pada berbagai kondisi perairan.
- Memiliki selektivitas tinggi, sehingga air yang ikut terbawa relatif sedikit.
- Biaya investasi lebih tinggi dibandingkan tipe belt dan disc, namun paling umum digunakan pada pemulihan tumpahan minyak.

4. Weir Oil Skimmer



Gambar 2.4 *weir oil skimmer*

Catatan: (sumber: Elastec,2025)

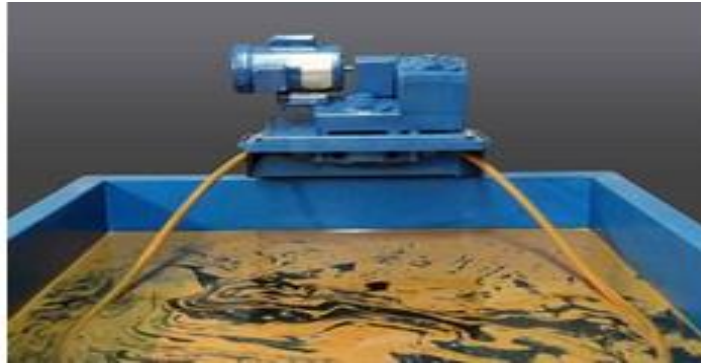
Prinsip Kerja

Weir oil skimmer bekerja dengan memanfaatkan perbedaan tinggi muka fluida. Minyak di permukaan air akan mengalir masuk ke dalam celah (weir) bersama lapisan air tipis di bawahnya.

Karakteristik

- Memiliki kapasitas pemulihan yang tinggi.
- Cocok untuk lapisan minyak yang tebal.
- Tingkat selektivitas rendah karena air mudah ikut terbawa.
- Lebih efektif digunakan pada kondisi perairan yang relatif tenang.

5. Brush Oil Skimmer



Gambar 2.5 *Brush Oil Skimmer*

Catatan: (sumber Drizit,2025)

Prinsip Kerja

Brush oil skimmer menggunakan sikat berputar dengan bulu berbahan *oleofilik*. Minyak akan menempel pada bulu sikat dan kemudian dikikis untuk dikumpulkan.

Karakteristik

- Efektif untuk minyak dengan viskositas tinggi, seperti minyak mentah pekat atau minyak berat.
- Mampu menangkap minyak yang bercampur dengan padatan.
- Membutuhkan perawatan lebih sering, terutama untuk pembersihan sikat.
- Cocok digunakan pada perairan dengan kondisi yang kompleks.

6. *Rope Mop Oil Skimmer*



Gambar 2.6 *Rope Mop Oil Skimmer*

Catatan: (Sumber Ambar Environmental,2025)

Prinsip Kerja

Rope mop oil skimmer bekerja berdasarkan sifat oleofilik serabut tali (*rope mop*) yang mampu menarik minyak dan menolak air. Minyak yang menempel pada tali kemudian diperas dan dikumpulkan.

Karakteristik

- Efektif untuk minyak dengan viskositas tinggi dan lapisan minyak tebal.
- Dapat digunakan pada permukaan air yang luas dengan penyesuaian panjang tali.
- Cocok untuk lingkungan industri maupun perairan terbuka.
- Membutuhkan perawatan rutin karena tali mudah kotor dan jenuh minyak.
- Kurang efisien untuk lapisan minyak yang tipis atau viskositas rendah.

2.3 Prinsip Kerja Daya Angkat Minyak Terhadap *Oil Skimmer*

Daya angkat minyak terhadap *oil skimmer* merupakan salah satu faktor kunci yang memengaruhi kinerja mesin *oil skimmer*, khususnya pada tipe *drum roller*. Prinsip kerja *oil skimmer* pada umumnya memanfaatkan media berputar untuk memisahkan minyak dari air. Media berputar tersebut dapat berupa *roller*, *belt* atau *disc*. Minyak yang mengapung pada permukaan air akan menempel pada elemen

berputar akibat adanya gaya adhesi antara minyak dan permukaan media *oleofilik*. Minyak yang menempel selanjutnya dipisahkan dengan menggunakan elemen pengikis (*scraper*) dan mengalir ke dalam bak penampung (Supriyono et al., 2021)

Pada mesin *oil skimmer* tipe *drum roller*, daya angkat minyak terjadi melalui mekanisme adhesi antara permukaan *drum roller* yang berputar dan minyak di permukaan fluida.

Proses ini berlangsung secara kontinu dan dapat dibagi ke dalam dua tahap utama, yaitu sebagai berikut:

1. Penarikan Minyak: *Drum roller* yang berputar akan bersentuhan dengan permukaan cairan dan menarik minyak ke permukaannya. Proses ini terjadi karena sifat *oleofilik* material drum yang memungkinkan minyak menempel lebih kuat dibandingkan air. Teknik pemulihan minyak secara mekanis ini dikenal sebagai metode skimming berbasis adhesi oleofilik (Khalil et al., 2022)
2. Pengangkutan Minyak: Minyak yang telah menempel pada permukaan *drum roller* akan terangkat seiring dengan rotasi drum. Selanjutnya, minyak tersebut dikikis oleh *scraper* dan diarahkan menuju kolektor pusat, kemudian dialirkan ke dalam wadah penampung (Hammoud & Khalil, 2016)

2.4 Cara Kerja *Drum Roller Oil Skimmer* Dalam Mengangkat Minyak

Drum roller oil skimmer bekerja berdasarkan prinsip *adhesi* dan sifat *oleofilik*, yaitu kemampuan permukaan drum untuk menarik dan mempertahankan minyak lebih kuat dibandingkan air. (Supriyono & Nurrohman, 2020) mekanisme kerja *drum roller oil skimmer* dalam mengangkat minyak dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Rotasi *Drum Roller*

Drum roller yang terbuat dari material *oleofilik* berputar secara perlahan di atas permukaan air yang terkontaminasi minyak.

2. Minyak Menempel ke *Drum roller*

Akibat adanya gaya *adhesi*, minyak yang mengapung di permukaan air akan menempel pada permukaan *drum roller* saat drum berputar.

3. Pengangkutan Minyak ke Bagian Atas Drum

Minyak yang melekat pada permukaan drum *roller* akan terbawa ke bagian atas drum seiring dengan pergerakan rotasi.

4. Pengikisan oleh *Scraper* atau *Wiper*

Minyak yang telah terbawa ke bagian atas kemudian dikikis menggunakan *scraper* dan selanjutnya dikumpulkan ke dalam tangki penyimpanan.

5. Proses Berulang

Drum *roller* terus berputar secara berkelanjutan sehingga proses pengangkutan minyak dari permukaan air berlangsung terus menerus hingga kualitas air menjadi lebih bersih.

2.5 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Gaya Apung terhadap Kedalaman *Roller Oil Skimmer*

Gaya apung merupakan salah satu parameter fundamental dalam perancangan *oil skimmer*, karena kedalaman celup *roller* sangat bergantung pada besar gaya apung yang bekerja ketika *roller* berinteraksi dengan fluida. Berdasarkan prinsip Archimedes, gaya apung timbul akibat adanya berat fluida yang dipindahkan oleh bagian *roller* yang tercelup di dalam fluida (Munson et al, 2013). Oleh karena itu, pemahaman terhadap faktor-faktor yang memengaruhi gaya apung menjadi sangat penting dalam menentukan kedalaman *roller* yang optimal agar kinerja pemisahan minyak dapat berjalan secara efektif.

Adapun faktor-faktor utama yang memengaruhi gaya apung dan kedalaman *roller* adalah sebagai berikut:

1. Volume Tercelup Roller

Menurut hukum Archimedes, besar gaya apung sebanding dengan berat fluida yang dipindahkan oleh benda yang tercelup. Semakin besar volume *roller* yang tercelup ke dalam fluida, semakin besar pula fluida yang dipindahkan, sehingga gaya apung yang dihasilkan akan meningkat. Kedalaman *roller* ditentukan oleh kondisi keseimbangan antara gaya apung dan berat total sistem *oil skimmer* hingga tercapai keadaan setimbang (Muhson et al, 2013).

2. Kepadatan dan Jenis Material *Roller*

Jenis material *roller* sangat berpengaruh terhadap gaya apung yang dihasilkan. Material dengan massa jenis rendah, seperti *high-density polyethylene* (HDPE), aluminium, atau fiberglass, cenderung menghasilkan gaya apung yang lebih besar dibandingkan material dengan massa jenis tinggi, seperti baja. Pemilihan material *roller* akan menentukan seberapa dalam *roller* akan tenggelam sebelum mencapai kondisi keseimbangan antara gaya berat dan gaya apung (Rathakrishnan, 2013).

3. Bentuk dan Dimensi *Roller*

Bentuk dan dimensi *roller*, khususnya luas penampang dan diameter, berpengaruh langsung terhadap volume fluida yang dipindahkan. *Roller* dengan luas penampang atau diameter yang lebih besar mampu memindahkan fluida dalam jumlah yang lebih besar, sehingga menghasilkan gaya apung yang lebih tinggi dan menyebabkan kedalaman celup menjadi lebih dangkal. Sebaliknya, *roller* dengan penampang sempit atau diameter kecil akan memiliki kedalaman celup yang lebih besar sebelum tercapai kondisi keseimbangan gaya (Munson et al, 2013)

4. Densitas Fluida (Air dan Minyak)

Densitas fluida tempat *oil skimmer* beroperasi turut memengaruhi besar gaya apung yang dihasilkan. Fluida dengan densitas lebih tinggi, seperti air laut, akan memberikan gaya apung yang lebih besar dibandingkan fluida dengan densitas lebih rendah, seperti minyak ringan. Perbedaan densitas ini menyebabkan perubahan kedalaman celup *roller*, tergantung pada karakteristik fluida yang dominan di permukaan perairan.

5. Volume dan Laju Akumulasi Minyak pada *roller*

Selama proses operasi, minyak yang menempel dan terakumulasi pada permukaan *roller* akan meningkatkan massa total sistem *oil skimmer*. Peningkatan massa ini menyebabkan gaya berat bertambah, sehingga *roller* akan tercelup lebih dalam hingga tercapai kembali kondisi keseimbangan dengan gaya apung. Fenomena ini telah diamati dalam berbagai pengujian performa *oil skimmer*, di mana pengaruh ketebalan

lapisan minyak, kecepatan putar *roller*, serta diameter drum terhadap laju pengumpulan minyak dan kedalaman rendaman *roller* telah dilaporkan dalam studi teknis dan eksperimen laboratorium (McKinney et al., 2016).

2.6 Pengaruh Gaya Apung Terhadap Kinerja *Oil Skimmer* Berdasarkan Kedalaman *Roller*

Gaya apung memiliki peran yang sangat penting dalam menentukan kinerja *oil skimmer*, khususnya dalam menjaga posisi alat dan mengontrol kedalaman *roller* selama proses pemisahan minyak dari air. Besarnya gaya apung yang bekerja pada sistem pelampung menentukan posisi vertikal *oil skimmer* terhadap permukaan fluida. Gaya apung yang dirancang secara tepat memungkinkan *roller* berada pada kedalaman optimal sehingga mampu menangkap lapisan minyak secara efektif tanpa menyedot air secara berlebihan. Dengan demikian, keseimbangan antara gaya apung dan gaya berat sistem menjadi faktor utama dalam menentukan kinerja *oil skimmer*.

Adapun pengaruh gaya apung terhadap kinerja *oil skimmer* ditinjau dari kedalaman *roller* dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Penentuan Kedalaman *Roller* yang Optimal

Gaya apung secara langsung menentukan posisi vertikal *roller* terhadap permukaan fluida. Apabila gaya apung yang bekerja terlalu besar, *roller* akan berada terlalu tinggi sehingga kontak dengan lapisan minyak menjadi kurang optimal. Sebaliknya, apabila gaya apung terlalu kecil, *roller* akan tenggelam terlalu dalam dan berpotensi menyebabkan air ikut terambil bersama minyak. Oleh karena itu, penyesuaian gaya apung menjadi faktor kunci dalam menentukan kedalaman *roller* agar sesuai dengan ketebalan lapisan minyak yang akan dipisahkan.

2. Efektivitas Pengambilan Lapisan Minyak

Efektivitas proses pemisahan minyak sangat dipengaruhi oleh posisi *roller*. *Roller* harus berada pada kedalaman yang tepat agar hanya berinteraksi dengan lapisan minyak di permukaan fluida. Gaya apung yang ideal akan menjaga *roller* berada di daerah antarmuka antara minyak dan air. Ketidakseimbangan gaya apung dapat menyebabkan

roller tidak berada pada posisi optimal, sehingga menurunkan efisiensi pengambilan minyak dan meningkatkan kemungkinan tercampurnya air dalam hasil pemisahan.

3. Posisi Operasional *Skimmer*

Pada kondisi fluida yang tidak tenang, seperti adanya arus atau gelombang kecil, sistem pelampung yang dirancang dengan baik mampu menjaga posisi *roller* pada kedalaman yang diinginkan. posisi ini sangat penting untuk memastikan proses pemisahan minyak berlangsung secara kontinu dan konsisten tanpa fluktuasi kedalaman *roller* yang signifikan, yang dapat berdampak pada penurunan kinerja *oil skimmer*..

4. Penyesuain Terhadap Variasi Sifat Fluida

Perubahan sifat fluida, khususnya densitas dan viskositas minyak, turut memengaruhi besarnya gaya apung yang diperlukan untuk kedalaman *roller*. Minyak dengan viskositas tinggi cenderung menambah beban pada *roller* sehingga memerlukan gaya apung yang lebih besar agar *roller* tidak tenggelam terlalu dalam. Oleh karena itu, sistem pelampung *oil skimmer* perlu dirancang agar mampu menyesuaikan posisi *roller* terhadap variasi sifat fluida, sehingga kinerja pemisahan tetap optimal pada berbagai kondisi operasi.

2.7 Prinsip Gaya Apung

Gaya apung merupakan gaya ke atas yang bekerja pada suatu benda yang tercelup sebagian atau seluruhnya ke dalam fluida. Menurut Hukum Archimedes, besar gaya apung yang dialami oleh suatu benda sama dengan berat fluida yang dipindahkan oleh benda tersebut (Triatmodjo, 2012). Prinsip ini menjelaskan bahwa ketika sebuah benda berada di dalam fluida, tekanan fluida bekerja dari segala arah pada permukaan benda. Perbedaan tekanan antara bagian bawah dan bagian atas benda menghasilkan gaya resultan ke arah atas yang dikenal sebagai gaya apung.

Secara matematis, besar gaya apung dapat dinyatakan dengan Persamaan (2.1):

$$F_a = \rho_f \cdot g \cdot V_t \quad (2.1)$$

Dengan F_a adalah gaya apung (N), ρ_f adalah massa jenis fluida (kg/m^3), g adalah percepatan gravitasi (m/s^2), dan V_t adalah volume fluida yang dipindahkan oleh benda (m^3).

Apabila gaya apung yang bekerja lebih besar daripada berat benda, maka benda akan terapung. Sebaliknya, jika gaya apung lebih kecil dari berat benda, maka benda akan tenggelam. Pada kondisi keseimbangan statis, besar gaya apung sama dengan berat benda, yang secara matematis dapat dinyatakan sebagai $F_a = W$. Prinsip ini banyak diterapkan dalam berbagai sistem rekayasa, termasuk pada perancangan *oil skimmer*, yang memanfaatkan gaya apung untuk menjaga posisi *roller* tetap berada pada lapisan minyak selama proses pemisahan (Muhson et al., 2013).

Pada sistem fluida yang terdiri dari dua lapisan, seperti minyak dan air, gaya apung total yang bekerja pada pelampung merupakan hasil penjumlahan gaya apung yang dihasilkan oleh masing-masing lapisan fluida (White, 2011). Perhitungan gaya apung pada dua fluida tersebut dapat dinyatakan dengan Persamaan (2.2):

$$F_a = \rho_o \cdot g \cdot A_p \cdot h_o + \rho_a \cdot g \cdot A_p \cdot (h_{sub} - h_o) \quad (2.2)$$

di mana ρ_o adalah massa jenis minyak (kg/m^3), ρ_a adalah massa jenis air (kg/m^3), A_p adalah luas penampang pelampung (m^2), h_o adalah kedalaman pelampung yang tercelup dalam lapisan minyak (m), dan h_{sub} adalah total kedalaman perendaman pelampung (m).

Persamaan tersebut menunjukkan bahwa besar gaya apung total yang bekerja pada sistem *oil skimmer* dipengaruhi oleh massa jenis fluida, luas penampang pelampung, serta kedalaman perendaman pada masing-masing lapisan fluida. Perbedaan densitas antara minyak dan air menyebabkan pelampung hanya tenggelam sebagian di lapisan minyak dan sebagian lainnya di lapisan air. Oleh karena itu, keseimbangan posisi *roller* sangat ditentukan oleh distribusi gaya apung yang dihasilkan oleh kedua lapisan fluida tersebut.

2.8 Ketebalan Lapisan Minyak pada Permukaan Air

Ketebalan lapisan minyak yang terbentuk di atas permukaan air merupakan salah satu parameter penting dalam analisis pencemaran perairan serta dalam perancangan dan evaluasi kinerja sistem pemisahan minyak dan air. Minyak yang berada di permukaan air cenderung membentuk lapisan tipis akibat pengaruh gaya gravitasi dan perbedaan massa jenis antara minyak dan air. Karena massa jenis minyak lebih kecil dibandingkan air, minyak akan mengapung dan menyebar di permukaan fluida.

Fenomena ini dapat dijelaskan berdasarkan prinsip Archimedes, yang menyatakan bahwa setiap benda yang tercelup sebagian atau seluruhnya ke dalam fluida akan mengalami gaya apung yang besarnya sebanding dengan berat fluida yang dipindahkan (White, 2011). Dalam konteks pemisahan minyak dan air, prinsip ini menjelaskan mengapa minyak selalu berada di atas permukaan air dan membentuk lapisan tersendiri, yang kemudian menjadi target utama proses pengambilan oleh *oil skimmer*.

Secara matematis, ketebalan lapisan minyak dapat ditentukan berdasarkan hubungan antara volume minyak yang tumpah dan luas permukaan perairan tempat minyak tersebut menyebar. Hubungan ini dinyatakan dalam Persamaan (2.3):

$$h_o = \frac{V_{oil}}{A_{waduk}} \quad (2.3)$$

di mana h_o adalah ketebalan lapisan minyak (m), V_{oil} adalah volume minyak yang berada di permukaan air (m³), dan A_{waduk} adalah luas permukaan perairan atau waduk uji (m²).

Nilai ketebalan lapisan minyak ini menjadi parameter penting dalam analisis gaya apung dan penentuan kedalaman *roller oil skimmer*, karena besar gaya apung yang bekerja pada *roller* dipengaruhi oleh tinggi atau kedalaman fluida yang dipindahkan. Dengan mengetahui ketebalan lapisan minyak, posisi *roller* dapat diatur agar berada pada kedalaman yang optimal sehingga proses pengambilan minyak dapat berlangsung secara efektif tanpa mengikutsertakan air secara berlebihan.

2.9 Luas Penampang Pelampung Efektif

Pelampung pada *oil skimmer* memiliki fungsi utama untuk menjaga keseimbangan sistem terhadap perubahan kondisi fluida di sekitar alat. Perubahan massa jenis fluida maupun ketinggian fluida, seperti variasi ketebalan lapisan minyak di permukaan air, akan memengaruhi gaya apung yang bekerja pada sistem. Oleh karena itu, pelampung dirancang untuk memastikan posisi *roller* tetap berada pada kedalaman yang optimal sehingga proses pemisahan minyak dari air dapat berlangsung secara efektif.

Secara prinsip, pelampung bekerja berdasarkan Hukum Archimedes, yang menyatakan bahwa setiap benda yang tercelup sebagian atau seluruhnya ke dalam fluida akan mengalami gaya ke atas yang besarnya sama dengan berat fluida yang dipindahkan. Besarnya gaya apung (F_a) yang bekerja pada pelampung dipengaruhi oleh luas penampang pelampung efektif (A_p) yang tercelup serta kedalaman perendaman pelampung pada dua jenis fluida, yaitu minyak dan air (Triatmodjo, 2012; White, 2011).

Pada kondisi keseimbangan statis, gaya apung total yang bekerja pada pelampung sama dengan gaya berat sistem *oil skimmer*. Hubungan antara massa total sistem, karakteristik fluida, dan luas penampang pelampung efektif dapat dirumuskan sebagai berikut (White, 2011): yang dinyatakan pada Persamaan (2.4).

$$m_{skimmer} = A_p(\rho_o h_o + \rho_a(h_{sub} - h_o)) \quad (2.4)$$

di mana $m_{skimmer}$ adalah massa total sistem *oil skimmer* (kg), ρ_o adalah massa jenis minyak (kg/m^3), ρ_a adalah massa jenis air (kg/m^3), h_o adalah kedalaman pelampung yang tercelup dalam lapisan minyak (m), dan h_{sub} adalah total kedalaman perendaman pelampung (m).

Dengan menyusun ulang Persamaan (2.4), diperoleh persamaan untuk menentukan luas penampang pelampung efektif, yang dinyatakan pada Persamaan (2.5).

$$A_p = \frac{m_{skimmer}}{\rho_o h_o + \rho_a(h_{sub} - h_o)} \quad (2.5)$$

Persamaan ini menunjukkan bahwa luas penampang pelampung efektif sangat dipengaruhi oleh massa total sistem *oil skimmer*, densitas fluida, serta kedalaman perendaman pelampung pada masing-masing lapisan fluida. Nilai A_p yang tepat akan memastikan pelampung mampu memberikan gaya apung yang cukup untuk menjaga posisi *roller* tetap stabil dan berada pada kedalaman yang sesuai selama proses pemisahan minyak dan air.

2.10 Rasio Minyak Dan Air

Rasio minyak dan air merupakan salah satu parameter penting dalam menilai efektivitas kinerja *oil skimmer* dalam memisahkan dua fluida yang tidak saling melarutkan. Minyak memiliki massa jenis yang lebih rendah dibandingkan air, sehingga secara alami cenderung mengapung di permukaan. Perbedaan massa jenis ini menyebabkan minyak dan air membentuk dua lapisan terpisah, dengan minyak berada di lapisan atas dan air di lapisan bawah (Fingas, 2013). Prinsip pemisahan alami inilah yang dimanfaatkan oleh *oil skimmer* untuk mengutip minyak dari permukaan perairan.

Pengukuran rasio minyak dan air bertujuan untuk menentukan proporsi masing-masing fluida yang terdapat dalam campuran hasil pemisahan. Dengan mengetahui rasio tersebut, kinerja *oil skimmer* dapat dievaluasi secara kuantitatif, baik dari sisi efisiensi pemisahan maupun dari kapasitas pengambilan minyak pada kondisi operasi yang mendekati keadaan lapangan.

Rasio minyak dan air didefinisikan sebagai perbandingan antara jumlah minyak yang berhasil dikumpulkan dengan jumlah total campuran fluida yang tertampung di dalam bak penampung. Rasio ini dapat dinyatakan dalam bentuk persentase volume atau persentase massa. Dalam penelitian laboratorium, metode yang paling sederhana dan umum digunakan adalah metode volumetrik, yaitu dengan mengukur volume lapisan minyak (V_{oil}) dan volume air (V_{air}) setelah proses pemisahan berlangsung (Sugiarto dan Pranoto, 2020).

Persentase volume masing-masing fluida dapat dihitung menggunakan Persamaan (2.6) dan (2.7):

$$p_{oil} = \frac{V_{oil}}{V_{total}} \times 100\% \quad (2.6)$$

$$p_{air} = \frac{V_{air}}{V_{total}} \times 100\% \quad (2.7)$$

di mana V_{total} merupakan volume total campuran fluida di dalam bak penampung. Jumlah persentase minyak dan air selalu bernilai 100%, yang menunjukkan bahwa seluruh campuran fluida telah terakomodasi dalam perhitungan (Akanbi et al., 2014).

Apabila persentase tersebut diterapkan pada wadah penelitian dengan kapasitas total tertentu, maka volume masing-masing fluida dapat dihitung menggunakan Persamaan (2.8) dan (2.9):

$$V_{oil} = p_{oil} \times V_{total} = \text{liter} \quad (2.8)$$

$$V_{air} = p \times V_{total} = \text{liter} \quad (2.9)$$

Dengan demikian, dalam satu wadah *oil skimmer* berkapasitas V_{total} liter dapat ditentukan secara kuantitatif berapa liter minyak dan berapa liter air yang terkumpul selama proses pemisahan.

Informasi mengenai rasio minyak dan air sangat penting karena secara langsung memengaruhi kinerja pemisahan serta perhitungan gaya apung pada *oil skimmer*. Rasio ini menentukan nilai massa jenis efektif fluida campuran yang digunakan dalam analisis gaya apung dan penentuan kedalaman roller yang seimbang. Semakin tinggi rasio minyak, semakin dominan lapisan minyak di permukaan, sehingga pelampung dan *roller* cenderung berada pada posisi yang lebih stabil dan optimal untuk proses pengambilan minyak (Sugiarto & Pranoto, 2020 Akanbi et al., 2014).

2.11 Massa dan Volume Fluida

Hubungan antara massa, massa jenis, dan volume fluida merupakan konsep fundamental dalam mekanika fluida. Hubungan ini digunakan untuk menjelaskan bagaimana karakteristik fisik suatu fluida memengaruhi gaya-gaya yang bekerja pada sistem yang berinteraksi dengannya. Secara umum, hubungan tersebut

dinyatakan melalui persamaan dasar sebagai berikut (Çengel & Cimbala, 2017). yang ditunjukkan pada Persamaan (2.10).

$$m = \rho \cdot V \quad (2.10)$$

di mana m adalah massa fluida (kg), ρ adalah massa jenis fluida (kg/m^3), dan V adalah volume fluida (m^3).

Dalam konteks *oil skimmer*, massa total fluida yang terlibat baik berupa campuran minyak dan air maupun fluida yang terakumulasi pada system berpengaruh langsung terhadap gaya tekan ke bawah yang bekerja pada alat. Ketika volume fluida bertambah, massa fluida yang berada di sekitar dan di atas permukaan *roller* juga meningkat, sehingga gaya berat yang bekerja pada sistem menjadi lebih besar. Peningkatan gaya berat ini akan memengaruhi posisi keseimbangan *oil skimmer*, khususnya dalam menentukan kedalaman *roller* agar gaya apung yang dihasilkan dapat menyeimbangkan gaya berat sistem.

Oleh karena itu, perubahan volume dan massa fluida akan berdampak langsung pada kondisi keseimbangan gaya antara gaya apung dan gaya berat. Keseimbangan ini sangat menentukan kinerja *oil skimmer* dalam menjaga posisi *roller* tetap berada pada lapisan minyak selama proses pemisahan berlangsung (Muhson et al., 2013; Triatmodjo, 2012).

Dengan demikian, pemahaman mengenai hubungan antara massa, massa jenis, dan volume fluida tidak hanya bersifat teoritis, tetapi juga memiliki peranan praktis dalam perancangan dan evaluasi kinerja sistem *oil skimmer*. Konsep ini menjadi dasar dalam menentukan parameter desain, khususnya dalam penentuan kedalaman *roller* yang optimal untuk mencapai kondisi keseimbangan gaya apung dan berat total sistem secara keseimbangan

2.12 Penurunan Rumus Kedalaman *Roller*

Kedalaman *roller* menggambarkan posisi vertikal bagian sistem *oil skimmer* yang tercelup di dalam fluida hingga mencapai kondisi keseimbangan antara gaya berat sistem dan gaya apung. Keseimbangan ini terjadi ketika resultan gaya vertikal yang bekerja pada sistem bernilai nol, yang secara matematis dapat dinyatakan sebagai:

$$w = F_a$$

Menurut White (2011) dan Triatmodjo (2012), kondisi keseimbangan tersebut tercapai ketika gaya berat sistem yang bekerja ke bawah diimbangi oleh gaya apung yang bekerja ke atas akibat fluida yang dipindahkan oleh volume pelampung. Prinsip ini dikenal sebagai Hukum Archimedes, yang menyatakan bahwa besar gaya apung yang dialami oleh benda yang tercelup sebagian atau seluruhnya di dalam fluida sama dengan berat fluida yang dipindahkan oleh benda tersebut.

Secara matematis, hubungan antara gaya berat dan gaya apung dapat dinyatakan melalui persamaan dasar sebagai berikut:

$$w = m_{total} \cdot g$$

$$F_a = \rho_f \cdot g \cdot A_p \cdot h$$

di mana m_{total} adalah massa total sistem *oil skimmer* (kg), g adalah percepatan gravitasi (m/s^2), ρ_f adalah massa jenis fluida (kg/m^3), A_p adalah luas penampang pelampung efektif (m^2), dan h adalah kedalaman *roller* atau kedalaman bagian pelampung yang tercelup (m).

Pada kondisi keseimbangan apung, gaya berat sistem sama dengan gaya apung yang diterima, sehingga:

$$m_{total} \cdot g = \rho_f \cdot g \cdot A_p \cdot h$$

Dengan menyederhanakan persamaan tersebut dengan menghilangkan faktor percepatan gravitasi g pada kedua ruas, maka diperoleh hubungan matematis antara massa total sistem, luas penampang pelampung, massa jenis fluida, dan kedalaman roller. Hubungan ini dinyatakan dalam Persamaan (2.11).

$$h = \frac{m_{total}}{A_p \cdot \rho_f} \tag{2.11}$$

Persamaan (2.11) menunjukkan bahwa kedalaman *roller* berbanding lurus dengan massa total sistem dan berbanding terbalik dengan luas penampang pelampung serta massa jenis fluida. Dengan demikian, perubahan massa sistem, karakteristik fluida, maupun dimensi pelampung akan secara langsung memengaruhi posisi keseimbangan *roller* pada *oil skimmer*.

2.13 Sifat Sifat Fluida

Fluida merupakan zat yang dapat mengalir dan mengalami deformasi terus-menerus ketika dikenai gaya geser. Dalam mekanika fluida, pemahaman terhadap sifat-sifat fluida sangat penting karena sifat tersebut menentukan perilaku fluida saat berinteraksi dengan benda padat maupun fluida lainnya. Pada sistem *oil skimmer*, sifat fluida berpengaruh langsung terhadap gaya apung, stabilitas pelampung, kedalaman *roller*, serta efektivitas pemisahan minyak dari air. Adapun sifat-sifat fluida yang relevan dalam analisis *oil skimmer* meliputi massa jenis, viskositas, tegangan permukaan, dan tekanan hidrostatik.

1. Massa Jenis (Density)

Massa jenis merupakan perbandingan antara massa fluida terhadap volumenya. Massa jenis menjadi parameter utama dalam perhitungan gaya apung berdasarkan Hukum Archimedes. Fluida dengan massa jenis yang lebih besar akan menghasilkan gaya apung yang lebih besar terhadap benda yang tercelup di dalamnya.

Secara matematis, massa jenis dinyatakan sebagai:

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Dalam sistem *oil skimmer*, perbedaan massa jenis antara minyak dan air menyebabkan minyak mengapung di permukaan air. Kondisi ini menjadi dasar fisik dari proses pemisahan minyak dan air (White, 2011; Triatmodjo, 2012).

2. Viskositas

Viskositas merupakan ukuran ketahanan fluida terhadap aliran atau deformasi akibat gaya geser. Fluida dengan viskositas tinggi akan mengalir lebih lambat dibandingkan fluida dengan viskositas rendah. Viskositas sangat berpengaruh terhadap proses pengambilan minyak oleh *roller oil skimmer*.

Minyak dengan viskositas tinggi cenderung lebih mudah melekat pada permukaan *roller*, namun dapat memperlambat laju aliran minyak menuju sistem penampung. Sebaliknya, minyak dengan viskositas rendah lebih mudah mengalir tetapi berpotensi tercampur dengan air. Oleh karena itu, viskositas menjadi faktor penting dalam menentukan kecepatan putar *roller*

dan desain permukaan pengambil minyak (Çengel & Cimbala, 2017; Fingas, 2013).

3. Tegangan Permukaan

Tegangan permukaan merupakan gaya yang bekerja pada permukaan fluida akibat adanya gaya tarik-menarik antar molekul. Tegangan permukaan berperan dalam pembentukan dan kestabilan lapisan minyak di atas permukaan air.

Semakin besar tegangan permukaan antara minyak dan air, semakin stabil lapisan minyak yang terbentuk, sehingga proses pemisahan menjadi lebih mudah. Tegangan permukaan juga memengaruhi kemampuan minyak untuk menempel pada permukaan roller *oil skimmer* (Fingas, 2013).

4. Tekanan Hidrostatik

Tekanan hidrostatik adalah tekanan yang ditimbulkan oleh fluida akibat pengaruh gravitasi. Besarnya tekanan hidrostatik bergantung pada massa jenis fluida dan kedalaman fluida tersebut. Secara matematis, tekanan hidrostatik dapat dinyatakan sebagai:

$$p = \rho gh$$

Dalam sistem *oil skimmer*, tekanan hidrostatik memengaruhi distribusi gaya yang bekerja pada pelampung dan roller. Semakin besar kedalaman perendaman, semakin besar tekanan yang diterima oleh sistem, sehingga memengaruhi keseimbangan gaya dan posisi roller (Triatmodjo, 2012).

5. Perbedaan Sifat Fluida Minyak dan Air

Minyak dan air memiliki sifat fisik yang berbeda, terutama dalam hal massa jenis dan viskositas. Perbedaan ini menyebabkan kedua fluida tidak saling melarutkan dan membentuk dua lapisan terpisah, dengan minyak berada di lapisan atas dan air di lapisan bawah.

Perbedaan sifat fluida tersebut menjadi dasar kerja *oil skimmer* dalam memisahkan minyak dari air. Selain itu, perbedaan ini juga memengaruhi perhitungan gaya apung total dan kedalaman roller yang seimbang pada sistem *oil skimmer* (White, 2011; Fingas, 2013).

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan di Desa Bandar Klippa, Dusun III. Lokasi penelitian dipilih karena memiliki waduk mini dengan ukuran panjang 4 meter dan lebar 3 meter yang sesuai untuk pengujian *oil skimmer*. Selain itu, lokasi ini mendukung pelaksanaan pengambilan data secara langsung serta memberikan akses yang memadai terhadap informasi dan fasilitas yang diperlukan untuk mendukung tujuan penelitian.

3.1.1 Tempat Penelitian

Pelaksanaan penelitian dilakukan di Jalan Mahoni Pasar II, Desa Bandar Klippa, Kecamatan Percut Sei Tuan, Kabupaten Deli Serdang, Provinsi Sumatera Utara.

3.1.2 Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan setelah memperoleh persetujuan dari dosen pembimbing, yaitu mulai tanggal 24 Juli 2025 hingga penelitian selesai dilaksanakan.

3.1 Tabel Rencana Jadwal Penelitian

No	Kegiatan penelitian	Waktu (Bulan)					
		1	2	3	4	5	6
1	Pengajuan judul						
2	Studi literatur						
3	Desain alat						
4	Uji coba alat						
5	Pengujian alat						
6	Pengambilan data dan analisa data						
7	Seminar Hasil						

3.2 Bahan dan Alat Penelitian

3.2.1 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian analisis gaya apung terhadap kinerja *oil skimmer* adalah sebagai berikut:

1. Waduk Buatan

Waduk buatan digunakan sebagai media simulasi pencemaran air oleh minyak. Waduk ini berfungsi sebagai tempat pengujian kinerja oil skimmer dalam kondisi terkontrol. Bentuk waduk adalah persegi panjang dengan ukuran panjang 4 m, lebar 3 m, dan kedalaman 1,8 m. Air di dalam waduk digunakan sebagai fluida dasar, kemudian ditambahkan oli dalam volume tertentu untuk membentuk lapisan minyak di permukaan air sebagai objek uji penelitian.



Gambar 3.1 Waduk Buatan

2. Waduk Tercemar Oli

Waduk tercemar oli digunakan untuk merepresentasikan kondisi nyata pencemaran minyak pada badan air. Oli yang digunakan merupakan oli bekas pelumas dengan densitas sekitar 912 kg/m^3 . Oli dituangkan ke permukaan air sebanyak 25 liter sehingga membentuk lapisan minyak tipis yang mengapung di atas permukaan air.

Lapisan minyak ini berfungsi sebagai media uji untuk menganalisis pengaruh gaya apung terhadap kedalaman dan kinerja roller oil skimmer.



Gambar 3.2 Waduk Tercemar Oli

3.2.2 Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian analisis gaya apung terhadap kinerja *oil skimmer* adalah sebagai berikut:

1. Mesin *Oil Skimmer Tipe Drum Roller*

Mesin *oil skimmer* tipe *drum roller* merupakan alat utama yang menjadi objek penelitian. Alat ini memiliki kapasitas pengolahan minyak sebesar 15 liter per jam. Prinsip kerja mesin ini didasarkan pada prinsip *adhesi*, yaitu kemampuan minyak untuk menempel pada permukaan drum silinder yang berputar.

Minyak yang menempel pada permukaan drum kemudian dikikis menggunakan *scraper* dan dialirkan ke wadah penampung untuk selanjutnya dianalisis. Mesin ini digunakan untuk mengamati pengaruh gaya apung terhadap kedalaman *roller* selama proses pemisahan minyak dari air.



Gambar 3.3 Mesin *Oil Skimmer Tipe Drum Roller*

2. Timbangan

Timbangan digunakan untuk mengukur berat sistem *oil skimmer* sebelum dan sesudah pengujian. Data berat yang diperoleh digunakan sebagai acuan dalam perhitungan gaya apung serta untuk menganalisis perubahan beban yang terjadi pada sistem saat *oil skimmer* beroperasi di permukaan air yang tercemar minyak.



Gambar 3.4 Timbangan

3. Gelas Ukur

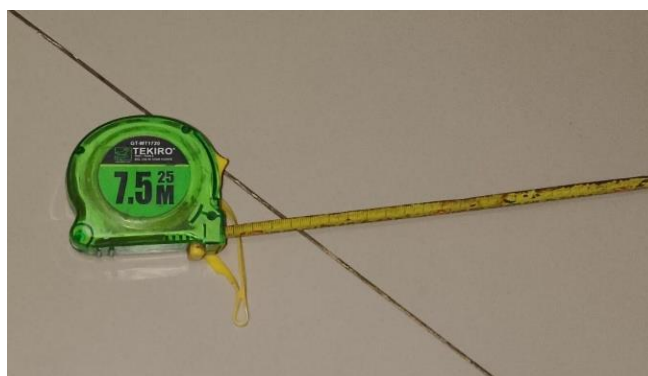
Gelas ukur digunakan untuk mengukur volume minyak yang berhasil dipisahkan dari air oleh *oil skimmer*. Selain itu, alat ini juga digunakan untuk memastikan volume fluida (minyak dan air) yang digunakan selama pengujian sesuai dengan kebutuhan penelitian, sehingga perhitungan volume minyak hasil pemisahan dapat dilakukan secara akurat.



Gambar 3.5 Gelas Ukur

4. Pita Ukur (meteran)

Pita ukur digunakan untuk mengukur dimensi komponen pada sistem *oil skimmer* serta dimensi kolam uji, seperti panjang, lebar, dan kedalaman. Data hasil pengukuran ini diperlukan untuk menghitung volume kolam uji secara tepat serta menjadi dasar dalam penentuan parameter penelitian dan analisis hasil pengujian.



Gambar 3.6 Pita Ukur

5. Pelampung *Oil Skimmer*

Pelampung berfungsi untuk menjaga *oil skimmer* tetap terapung di permukaan air sesuai dengan kedalaman operasi yang diinginkan. Prinsip kerja pelampung didasarkan pada Hukum Archimedes, yaitu adanya gaya apung sebesar berat fluida yang dipindahkan oleh pelampung. Dengan adanya pelampung, posisi *oil skimmer* dapat dipertahankan secara stabil sehingga proses pemisahan minyak dari air dapat berlangsung lebih efektif.



Gambar 3.7 Pelampung *Oil Skimmer*

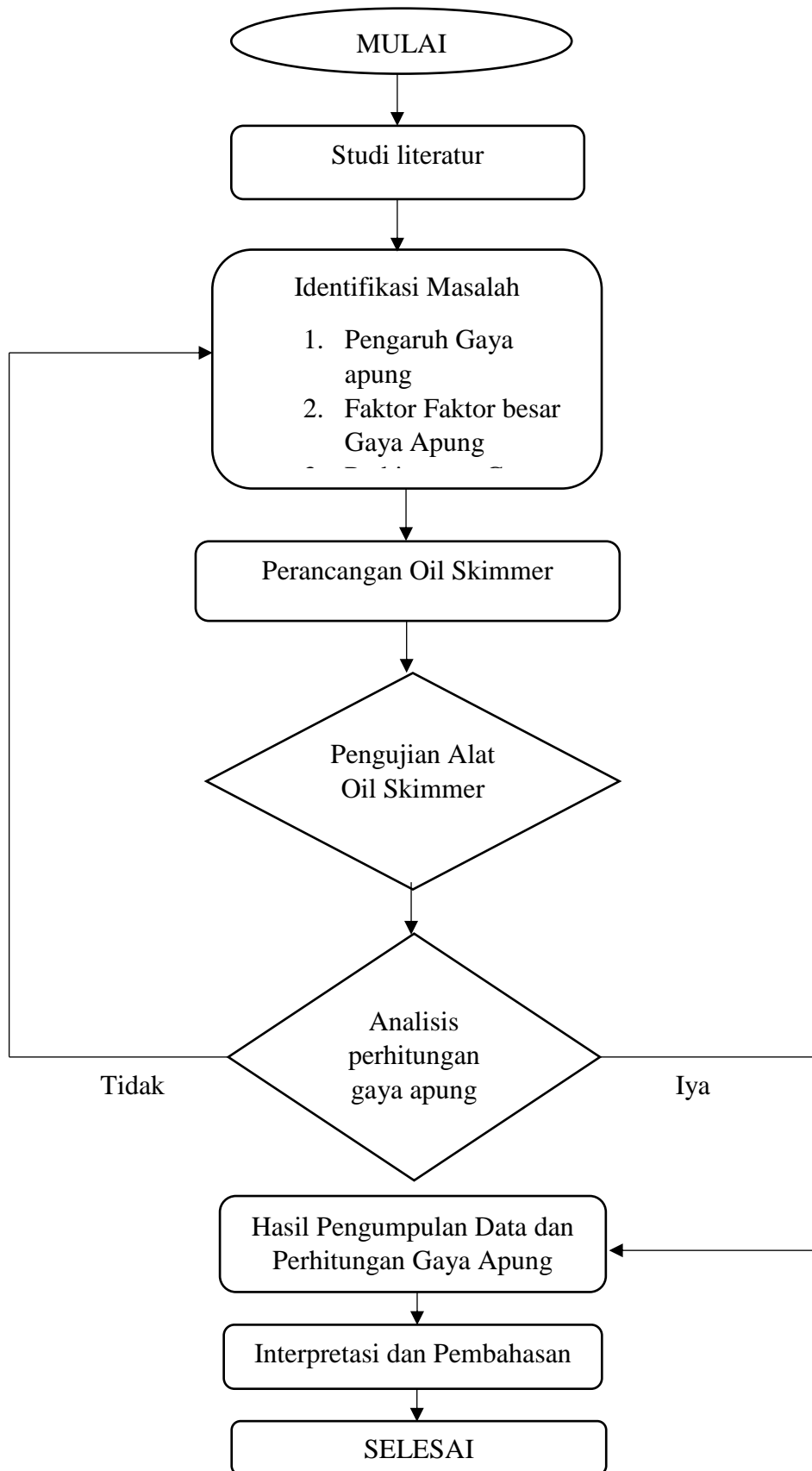
3.3 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian ini menunjukkan tahapan-tahapan yang dilakukan dalam pelaksanaan penelitian, mulai dari tahap persiapan hingga analisis dan pembahasan hasil. Diagram alir tersebut disusun untuk menggambarkan alur penelitian secara sistematis dan terstruktur sehingga memudahkan pemahaman terhadap proses penelitian yang dilakukan. Tahap Pertama adalah studi literatur, yang bertujuan untuk mengumpulkan teori-teori, konsep dasar, serta hasil penelitian terdahulu yang berkaitan dengan topik penelitian. Studi literatur ini menjadi landasan teoritis dalam mendukung analisis serta memperkuat argumentasi ilmiah dalam penelitian.

Tahap berikutnya dalam diagram alir penelitian adalah identifikasi masalah, yaitu proses menentukan dan merumuskan permasalahan yang akan diteliti berdasarkan fenomena yang terjadi di lapangan maupun studi literatur yang relevan. Pada tahap ini dilakukan pengamatan awal untuk mengetahui kondisi sistem serta menentukan fokus penelitian. Selanjutnya dilakukan perancangan dan persiapan alat serta bahan penelitian. Pada tahap ini dilakukan perencanaan metode eksperimen, penentuan variabel penelitian (variabel bebas, variabel terikat, dan variabel kontrol), serta penyiapan peralatan yang akan digunakan dalam proses pengambilan data. Semua peralatan diperiksa untuk memastikan kelayakan dan keakuratan pengukuran.

Hingga Tahap akhir dalam diagram alir penelitian adalah pembahasan dan penarikan kesimpulan, di mana hasil analisis dibandingkan dengan teori maupun penelitian terdahulu. Pada bagian ini juga disampaikan saran sebagai rekomendasi untuk penelitian selanjutnya atau pengembangan sistem yang diteliti.

Dengan adanya diagram alir penelitian ini, proses penelitian dapat berjalan secara terarah, sistematis, dan efisien, serta meminimalkan kemungkinan terjadinya kesalahan dalam pelaksanaan penelitian. Diagram alir tersebut juga berfungsi sebagai pedoman kerja yang membantu peneliti dalam setiap tahapan penelitian hingga mencapai tujuan yang telah ditetapkan.

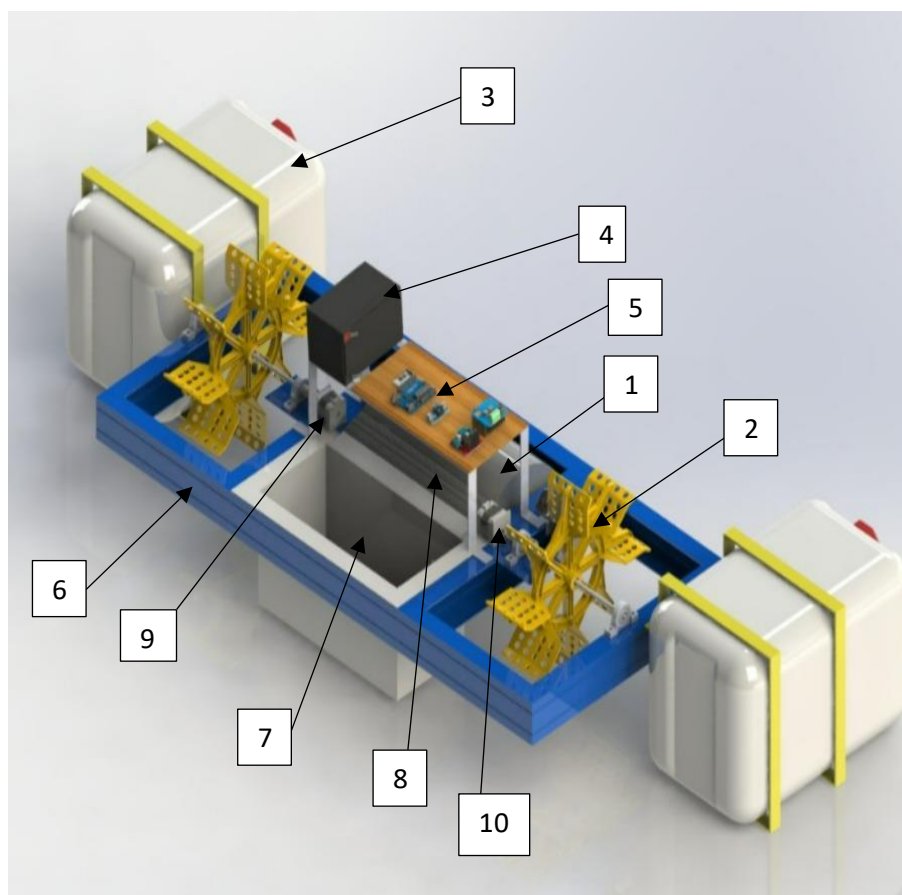


Gambar 3.8 Diagram Alir Penelitian

3.4 Rancangan Mesin *Oil Skimmer Tipe Drum Roller* Kapasitas 15 Liter Per Jam

Rancangan mesin *oil skimmer* tipe *drum roller* dibuat sebagai alat untuk memisahkan minyak dari permukaan air dengan kapasitas pemisahan sekitar 15 liter per jam. Mesin ini dirancang untuk mendukung proses pemulihan minyak pada kondisi pencemaran perairan secara efisien dan terkontrol.

Prinsip kerja mesin *oil skimmer* ini didasarkan pada perbedaan massa jenis antara minyak dan air, di mana minyak memiliki massa jenis yang lebih rendah dibandingkan air sehingga mengapung di permukaan. Drum silinder yang berputar akan bersentuhan langsung dengan lapisan minyak tersebut, sehingga minyak menempel pada permukaan drum akibat sifat *adhesi*. Minyak yang menempel kemudian dikikis menggunakan *scraper* dan dialirkan menuju wadah penampung untuk selanjutnya dianalisis.



Gambar 3.9 Rancangan Mesin *Oil Skimmer Tipe Drum Roller*

Keterangan :

1. *Roller* drum
2. Sudu pendorong
3. Pelampung
4. Baterai
5. Panel control
6. Rangka bahan baja ringan
7. Wadah penampung
8. *Scraper*
9. Motor stepper
10. Bantalan

Alasan Pemilihan Mesin Oil Skimmer Tipe Drum *Roller* Pemilihan mesin oil skimmer tipe drum *roller* didasarkan pada kebutuhan untuk membantu para pekerja di pabrik kelapa sawit, khususnya pada unit Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL), dalam mempermudah dan mempercepat proses pengutipan limbah yang masih mengandung minyak. Limbah tersebut, terutama yang mengandung Crude Palm Oil (CPO), masih memiliki nilai ekonomis dan dapat diolah kembali sebagai sumber pendapatan bagi perusahaan.

Mesin oil skimmer tipe drum *roller* dengan kapasitas 15 liter per jam dinilai cukup efektif untuk mengutip minyak sisa CPO yang mengapung di permukaan kolam limbah. Penggunaan drum *roller* memungkinkan minyak menempel pada permukaan drum, kemudian dipisahkan menggunakan *scraper* dan dialirkan ke bak penampung. Dengan sistem ini, kebutuhan tenaga kerja manual dapat dikurangi dan proses pengutipan minyak menjadi lebih cepat dan efisien.

Selain itu, kombinasi antara motor listrik yang bertenaga dengan sistem drum roller menjadikan proses pengutipan minyak berlangsung secara kontinu dan stabil, sehingga mampu meningkatkan efisiensi kerja serta produktivitas pengelolaan limbah di IPAL.

Konsep mekanisme kerja mesin *oil skimmer tipe drum roller* kapasitas 15 liter per jam:

1. Mesin oil skimmer tipe drum *roller* beroperasi menggunakan motor listrik

sebagai penggerak utama sistem.

2. Mesin dilengkapi dengan drum *roller* yang berfungsi untuk mengutip minyak dari permukaan air dan mengalirkannya menuju bak penampung hasil pengutipan.
3. Material drum *roller* yang digunakan adalah stainless steel, yang memiliki keunggulan tahan terhadap air dan korosi, sehingga sesuai untuk pengoperasian di lingkungan limbah cair.
4. Pisau skrap (*scraper*) digunakan untuk mengikis minyak yang menempel pada permukaan drum *roller*, sehingga minyak dapat dipisahkan secara efektif dan dialirkan ke bak penampung.

3.5 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian ini menjelaskan tahapan kegiatan yang dilakukan dalam menganalisis gaya apung pada oil skimmer tipe drum *roller*. Seluruh tahapan penelitian dilakukan secara sistematis untuk memperoleh data yang akurat, sehingga dapat digunakan dalam penentuan kedalaman *roller* yang optimal selama proses pemisahan minyak dari air.

1. Persiapan Alat dan Bahan

Tahap persiapan meliputi penyiapan seluruh alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian, antara lain waduk uji, mesin *oil skimmer* tipe drum *roller*, pelampung, timbangan, gelas ukur, pita ukur (meteran), serta bahan berupa air dan minyak. Seluruh komponen diperiksa terlebih dahulu untuk memastikan berada dalam kondisi baik dan berfungsi dengan normal sebelum pengujian dilakukan.

2. Perakitan Alat

Mesin oil skimmer dirakit sesuai dengan rancangan yang telah ditentukan. Drum *roller* dipasang pada poros yang terhubung dengan motor penggerak. Pelampung dan rangka penopang diatur sedemikian rupa agar posisi drum *roller* sebagian terendam di permukaan air. Selanjutnya, *scraper* (pisau pengikis) diposisikan menempel pada permukaan drum roller untuk mengalirkan minyak hasil pengutipan ke wadah penampung.

3. Persiapan waduk uji

Waduk uji disiapkan sebagai media simulasi pemisahan minyak dan air menggunakan *oil skimmer*. Waduk uji memiliki ukuran panjang 4 m, lebar 3 m, dan kedalaman 1,8 m. Permukaan waduk dibersihkan terlebih dahulu untuk memastikan tidak terdapat kotoran atau material lain yang dapat memengaruhi hasil pengujian. Selanjutnya, minyak dituangkan secara perlahan ke permukaan air hingga membentuk lapisan minyak dengan ketebalan tertentu sebagai objek pengujian.

4. Pengoperasian Alat

Mesin *oil skimmer* dihidupkan sehingga *drum roller* mulai berputar. Minyak yang berada di permukaan air akan menempel pada permukaan *drum* akibat sifat adhesi, kemudian dikikis oleh *scraper* dan dialirkan ke wadah penampung. Pengujian dilakukan dengan beberapa variasi kondisi fluida dan beban untuk mengamati perubahan gaya apung dan kedalaman *roller* selama operasi.

5. Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan selama proses pengujian berlangsung. Data yang dikumpulkan meliputi:

- Volume minyak yang terangkat dari waduk pada setiap pengujian
- Kedalaman posisi pelampung terhadap permukaan air pada setiap variasi beban
- Massa sistem *oil skimmer* dalam kondisi kosong
- Dokumentasi berupa foto posisi *oil skimmer* dan kondisi pengujian

6. Perhitungan Gaya Apung

Perhitungan gaya apung dilakukan menggunakan Hukum Archimedes, yaitu dengan menentukan berat fluida yang dipindahkan oleh bagian sistem *oil skimmer* yang terendam. Nilai gaya apung yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan berat total sistem untuk menentukan kondisi keseimbangan, yaitu saat *roller* berada pada kedalaman operasi yang optimal.

7. Analisis Data

Data hasil pengujian dan perhitungan gaya apung dianalisis untuk mengetahui pengaruh variasi beban fluida terhadap posisi dan kedalaman *roller*. Analisis dilakukan dengan membandingkan nilai gaya apung, berat sistem, dan kedalaman *roller* pada setiap kondisi pengujian, sehingga dapat diperoleh kesimpulan mengenai kinerja *oil skimmer* dan kedalaman *roller* yang paling efektif.

3.6 Variabel Penelitian

Penelitian ini melibatkan beberapa variabel yang memengaruhi hasil eksperimen dalam analisis gaya apung pada *oil skimmer* tipe drum *roller*. Variabel-variabel tersebut diklasifikasikan menjadi variabel bebas, variabel terikat, dan variabel kontrol. Pengelompokan ini bertujuan untuk memastikan validitas dan keandalan hasil penelitian yang diperoleh.

3.6.1 Variabel Bebas

Variabel bebas merupakan variabel yang dimanipulasi atau diubah secara sengaja untuk mengetahui pengaruhnya terhadap hasil penelitian, khususnya terhadap besar gaya apung dan kedalaman *roller* pada sistem oil skimmer tipe drum *roller*.

Adapun variabel bebas dalam penelitian ini meliputi:

➤ Volume Fluida Minyak

Volume minyak yang berada di permukaan air pada waduk uji. Peningkatan volume minyak akan menyebabkan terbentuknya lapisan minyak yang lebih tebal di permukaan air, sehingga memengaruhi gaya apung yang bekerja pada sistem *oil skimmer*. Variabel ini menjadi salah satu faktor utama dalam menentukan keseimbangan dan stabilitas posisi alat saat beroperasi.

➤ Massa Total *Skimmer*

Massa total merupakan gabungan massa seluruh komponen sistem oil skimmer, yang meliputi drum *roller*, rangka penopang, pelampung, motor penggerak, serta komponen pendukung lainnya. Massa total ini menentukan besar gaya berat yang harus diseimbangkan oleh gaya apung

agar *oil skimmer* dapat tetap terapung secara stabil di permukaan fluida.

➤ Luas Permukaan Drum yang Tercelup

Luas permukaan drum *roller* yang berada dalam kondisi terendam sebagian di dalam fluida. Variabel ini berperan penting dalam menentukan besar gaya apung dan kemampuan drum *roller* dalam mengutip minyak. Semakin luas area permukaan drum yang bersentuhan dengan fluida, semakin besar volume fluida yang dipindahkan, sehingga gaya apung yang dihasilkan juga meningkat.

➤ Densitas Fluida

Densitas fluida yang digunakan dalam pengujian, baik air murni maupun campuran air dan minyak. Variasi densitas fluida akan memengaruhi besar gaya apung yang bekerja pada sistem sesuai dengan Hukum Archimedes. Semakin besar nilai densitas fluida, maka gaya apung yang dihasilkan juga akan semakin besar.

3.6.2 Variabel Terikat

Variabel terikat merupakan variabel yang dipengaruhi oleh perubahan variabel bebas dan menjadi hasil utama yang diamati dalam penelitian. Pada penelitian analisis gaya apung pada *oil skimmer* tipe drum *roller*, variabel terikat meliputi:

➤ Gaya Apung

Gaya apung adalah gaya ke atas yang bekerja pada sistem *oil skimmer* akibat perpindahan volume fluida oleh bagian sistem yang terendam. Besar gaya apung dihitung berdasarkan Hukum Archimedes, yang dinyatakan dengan persamaan:

$$F_a = \rho \cdot g \cdot V$$

Gaya apung ini berperan penting dalam menentukan keseimbangan antara sistem *oil skimmer* dan fluida selama proses pengujian.

➤ Kedalaman *Roller* Optimal

Kedalaman *roller* optimal merupakan posisi vertikal drum *roller* pada saat gaya apung yang bekerja sama dengan berat total sistem mencapai kondisi keseimbangan. Nilai kedalaman ini digunakan sebagai acuan

dalam menentukan kondisi operasi yang paling efektif dan efisien untuk proses pemisahan minyak dari permukaan air.

3.6.3 Variabel Kontrol

Variabel kontrol adalah variabel yang dijaga tetap selama proses penelitian berlangsung agar hasil yang diperoleh bersifat valid dan tidak dipengaruhi oleh faktor eksternal di luar tujuan penelitian. Variabel kontrol dalam penelitian ini meliputi:

- Kecepatan putar drum roller
Kecepatan putar drum *roller* dijaga tetap pada nilai tertentu agar tidak memengaruhi jumlah minyak yang menempel pada permukaan drum selama pengujian.
- Suhu Fluida
Suhu fluida dijaga konstan untuk menghindari perubahan sifat fisik fluida, khususnya viskositas dan densitas minyak, yang dapat memengaruhi besar gaya apung dan proses pemisahan minyak.
- Dimensi Waduk Uji
Dimensi waduk uji, meliputi panjang, lebar, dan kedalaman, dijaga tetap selama seluruh rangkaian penelitian agar volume fluida dan kondisi pengujian tetap seragam.
- Jenis Minyak yang Digunakan
Jenis minyak yang digunakan pada setiap pengujian dibuat sama, yaitu oli bekas pelumas, untuk memastikan densitas dan karakteristik minyak tetap seragam selama penelitian.
- Waktu Operasi Pengujian
Waktu operasi pengujian untuk setiap percobaan ditetapkan sama agar hasil pengukuran volume minyak dan gaya apung dapat dibandingkan secara objektif.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data dan Parameter Penelitian

Data penelitian merupakan parameter dasar yang digunakan untuk menganalisis kinerja *oil skimmer* dalam proses pemisahan minyak dari air pada waduk uji. Data yang digunakan merupakan data primer yang diperoleh dari hasil pengamatan dan pengukuran secara langsung selama proses pengujian. Data ini selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam perhitungan matematis dan analisis pada subbab berikutnya.

Adapun parameter penelitian yang digunakan disajikan sebagai berikut:

- Luas Permukaan Waduk uji : 12 m^2
- Volume minyak yang dituangkan : $0,025 \text{ m}^3$ (25 liter)
- Massa jenis minyak : 912 kg/m^3
- Massa jenis air : 1000 kg/m^3
- Berat *oil skimmer* : 23,8 kg
- Kedalaman pelampung yang terukur pada beberapa variasi beban minyak adalah sebagai berikut:
 - Beban 0 liter : 0,03 m
 - Beban 10 liter : 0,05 m
 - Beban 15 liter : 0,07 m

Data kedalaman pelampung tersebut menunjukkan adanya perubahan posisi vertikal sistem *oil skimmer* seiring dengan bertambahnya beban minyak, yang selanjutnya dianalisis terhadap pengaruh gaya apung yang bekerja pada sistem.

4.2 Ketebalan Lapisan Minyak

Ketebalan lapisan minyak merupakan parameter penting dalam proses pemisahan fluida pada *oil skimmer*, karena menentukan posisi efektif drum *roller* dalam mengangkat minyak tanpa ikut mengangkat air. Ketebalan lapisan minyak dipengaruhi oleh volume minyak yang dituangkan serta luas permukaan waduk uji.

Secara teoritis, semakin besar volume minyak dan semakin kecil luas permukaan waduk, maka ketebalan lapisan minyak yang terbentuk akan semakin

besar. Ketebalan lapisan minyak dapat dihitung menggunakan hubungan antara volume minyak dan luas permukaan waduk.

Ketebalan lapisan minyak dihitung menggunakan persamaan (2.3) sebagai berikut:

$$h_{oil} = \frac{V_{oil}}{A_{waduk}}$$

Berdasarkan data penelitian, diperoleh perhitungan sebagai berikut:

$$h_{oi} = \frac{0,025}{12} = 0,002083 \text{ m}$$

Dengan demikian, ketebalan lapisan minyak yang terbentuk di permukaan waduk uji adalah sebesar 0,002083 m atau setara dengan 2,08 mm. Nilai ketebalan ini menjadi acuan dalam menentukan posisi kerja drum *roller* agar proses pengangkatan minyak dapat berlangsung secara optimal.

4.3 Luas Penampang Pelampung

Pada kondisi awal tanpa beban tambahan (0 liter minyak dalam bak penampung), pelampung berada dalam keadaan setimbang dan tercatat tenggelam sedalam 0,03 m dari permukaan fluida. Kondisi ini menunjukkan bahwa gaya berat sistem *oil skimmer* telah sepenuhnya diimbangi oleh gaya apung yang bekerja akibat perpindahan fluida di sekitar pelampung.

Berdasarkan Prinsip Archimedes, gaya apung yang bekerja pada pelampung sebanding dengan berat fluida yang dipindahkan. Pada sistem ini, pelampung terendam dalam dua jenis fluida, yaitu minyak pada lapisan atas dan air pada lapisan bawah. Oleh karena itu, massa total sistem *oil skimmer* dapat dinyatakan sebagai fungsi dari volume fluida yang dipindahkan oleh pelampung, sehingga diperoleh persamaan (2.4)

$$m_{skimmer} = A_p \cdot (\rho_o \cdot h_o + \rho_a \cdot (h_{sub} - h_o))$$

Untuk menentukan luas penampang pelampung efektif, persamaan (2.4) tersebut disusun ulang menjadi persamaan (2.5) sebagai berikut:

$$A_p = \frac{m_{skimmer}}{\rho_o \cdot h_o + \rho_a \cdot (h_{sub} - h_o)}$$

Dengan memasukkan data hasil pengujian:

$$A_p = \frac{23,8}{(912 \times 0,002083) + (1000 \times (0,03 - 0,002083))} = \frac{23,8}{29,82} = 0,798 \text{ m}^2$$

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa luas penampang pelampung efektif yang berperan dalam menghasilkan gaya apung adalah sebesar 0,798 m². Nilai ini selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam perhitungan kedalaman tenggelam pelampung dan gaya apung pada kondisi beban minyak yang berbeda pada tahap analisis berikutnya.

4.4 Rasio Komposisi Minyak dan Air

Analisis rasio komposisi minyak dan air bertujuan untuk mengetahui persentase masing-masing fluida yang tercampur dalam wadah penampung, sehingga dapat ditentukan massa total fluida yang berkontribusi terhadap kinerja sistem *oil skimmer*. Rasio ini diperoleh melalui pengujian awal menggunakan gelas ukur berkapasitas 500 mL sebagai representasi proporsional dari kondisi fluida di dalam waduk penelitian.

Berdasarkan pengamatan visual, air berada pada lapisan bawah, sedangkan minyak membentuk lapisan di bagian atas gelas ukur. Pemisahan lapisan ini terjadi akibat perbedaan massa jenis antara air dan minyak. Volume masing-masing fluida dibaca langsung pada skala gelas ukur. Persentase masing-masing fluida dihitung menggunakan persamaan (2.6) dan (2.7) sebagai berikut:

$$p_{air} = \frac{V_{air}}{V_{total}} \times 100\%$$

$$p_{oil} = \frac{V_{oil}}{V_{total}} \times 100\%$$

4.4.1 Rasio Komposisi Pada Kapasitas 10 Liter

Percobaan awal dilakukan menggunakan gelas ukur berkapasitas 500 mL untuk mengetahui perbandingan volume minyak dan air sebagai sampel

representatif. Dari hasil pengamatan, volume air berada pada ketinggian 0–120 mL, sedangkan minyak berada pada ketinggian 120–500 mL, sehingga diperoleh:

- $V_{air} = 120 \text{ ml}$
- $V_{oil} = 380 \text{ ml}$
- $V_{total} = 500 \text{ ml}$



Gambar 4.1 Campuran Fluida Minyak dan Air pada Gelas Ukur 500 ml
Represntasi Kapasitas 10 L

Gambar 4.1 menunjukkan hasil pengamatan visual terhadap campuran fluida minyak dan air. Terlihat dua lapisan fluida yang terpisah dengan jelas, di mana lapisan bawah berwarna bening menunjukkan air, sedangkan lapisan atas berwarna lebih gelap menunjukkan minyak. Perbedaan posisi kedua lapisan tersebut disebabkan oleh perbedaan massa jenis, di mana massa jenis air lebih besar dibandingkan minyak, sehingga air berada di bagian bawah dan minyak mengapung di permukaan.

Berdasarkan data tersebut, persentase masing-masing fluida dihitung sebagai berikut:

$$p_{air} = \frac{120}{500} \times 100\% = 24 \%$$

$$p_{oil} = \frac{380}{500} \times 100\% = 76 \%$$

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa komposisi fluida dalam wadah penampung terdiri dari 24% air dan 76% minyak. Komposisi ini digunakan sebagai dasar untuk mengestimasi massa fluida pada wadah penampung *oil skimmer* dengan kapasitas yang lebih besar.

Untuk keperluan perhitungan lanjutan, nilai persentase tersebut dikonversi ke dalam bentuk bilangan desimal, yaitu:

$$p_{air} 24 \% = \frac{24}{100} = 0,24$$

$$p_{oil} 76 \% = \frac{76}{100} = 0,76$$

Sehingga, pada kapasitas wadah penampung 10 liter, diperoleh estimasi volume masing-masing fluida sebagai berikut:

$$\text{Volume air} = 0,24 \times 10 = 2,4 \text{ L}$$

$$\text{Volume minyak} = 0,76 \times 10 = 7,6 \text{ L}$$

Nilai ini selanjutnya digunakan dalam perhitungan massa fluida dan analisis gaya apung pada sistem *oil skimmer* pada tahap berikutnya.

4.4.2 Rasio Komposisi pada Kapasitas 15 Liter

Percobaan dilakukan menggunakan gelas ukur berkapasitas 500 mL untuk mengetahui perbandingan volume minyak dan air sebagai sampel representatif dari fluida pada wadah penampung dengan kapasitas 15 liter. Berdasarkan hasil pengamatan, volume air berada pada ketinggian 0–190 mL, sedangkan minyak berada pada ketinggian 190–500 mL, sehingga diperoleh data sebagai berikut:

- $V_{air} = 190 \text{ mL}$
- $V_{oil} = 310 \text{ mL}$
- $V_{total} = 500 \text{ mL}$



Gambar 4.2 Campuran Fluida Minyak dan Air pada Gelas Ukur 500 mL
Representasi Kapasitas 15 L

Gambar 4.2 menunjukkan hasil pengamatan visual terhadap campuran fluida minyak dan air. Terlihat dua lapisan fluida yang terpisah secara jelas, di mana lapisan bawah berwarna bening menunjukkan air, sedangkan lapisan atas berwarna lebih gelap menunjukkan minyak. Pemisahan ini terjadi akibat perbedaan massa jenis, di mana massa jenis air lebih besar dibandingkan minyak, sehingga air berada pada lapisan bawah dan minyak mengapung di atas permukaan air.

Ketinggian masing-masing lapisan diukur langsung berdasarkan skala gelas ukur. Dari hasil pengamatan, volume air tercatat sebesar ± 190 mL, sedangkan volume minyak sebesar ± 310 mL dari total volume 500 mL. Berdasarkan data tersebut, persentase masing-masing fluida dihitung menggunakan persamaan (2.6) dan (2.7) sebagai berikut:

$$p_{air} = \frac{190}{500} \times 100\% = 38\%$$

$$p_{oil} = \frac{310}{500} \times 100\% = 62\%$$

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa komposisi fluida dalam wadah penampung terdiri dari 38% air dan 62% minyak. Komposisi ini digunakan sebagai dasar dalam menentukan estimasi massa fluida pada wadah penampung *oil skimmer*.

Untuk keperluan perhitungan lanjutan, nilai persentase tersebut dikonversi ke dalam bentuk bilangan desimal sebagai berikut:

$$p_{air} 38 \% = \frac{38}{100} = 0,38$$

$$p_{oil} 62 \% = \frac{62}{100} = 0,62$$

Dengan demikian, pada kapasitas wadah penampung 15 liter, diperoleh estimasi volume masing-masing fluida sebagai berikut:

$$\text{Volume air} = 0,38 \times 15 = 5,7 \text{ L}$$

$$\text{Volume minyak} = 0,62 \times 15 = 9,3 \text{ L}$$

Nilai ini selanjutnya digunakan dalam perhitungan massa fluida campuran dan analisis gaya apung pada sistem *oil skimmer*.

4.5 Komposisi Volume Fluida dalam Wada Penampung

Penentuan komposisi volume fluida dalam wadah penampung merupakan langkah fundamental dalam analisis performa *oil skimmer*, karena berpengaruh langsung terhadap besar gaya apung yang bekerja pada sistem serta efisiensi proses pemisahan minyak. Komposisi fluida terdiri atas dua komponen utama, yaitu air dan minyak.

Volume masing-masing komponen fluida dihitung berdasarkan persentase hasil pengamatan awal, dengan menggunakan persamaan (2.8) dan (2.9) sebagai berikut:

$$V_{air} = p_{air} \times V_{total}$$

$$V_{oil} = p_{oil} \times V_{total}$$

4.5.1 Komposisi Volume Fluida dalam Wada Penampung 10 Liter

Berdasarkan hasil pengamatan awal, pada wadah penampung dengan kapasitas total 10 liter, diperoleh rasio fluida sebagai berikut:

- Persentase air (p_{air}) = 24%
- Persentase minyak (p_{oil}) = 76%

Dengan demikian, volume masing-masing fluida dapat dihitung sebagai berikut:

$$V_{air} = 0,24 \times 10 = 2,4 \text{ L}$$

$$V_{oli} = 0,76 \times 10 = 7,6 \text{ L}$$

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, volume air dalam wadah penampung berkapasitas 10 liter adalah 2,4 liter, sedangkan volume minyak sebesar 7,6 liter. Komposisi ini menunjukkan bahwa fluida minyak memiliki proporsi yang lebih besar dibandingkan air, sehingga lapisan minyak pada permukaan fluida relatif lebih tebal. Kondisi ini berpengaruh langsung terhadap kinerja *oil skimmer*, khususnya dalam penentuan gaya apung dan kedalaman operasi *roller* untuk mencapai proses pemisahan minyak yang optimal.

4.5.2 Komposisi Volume Fluida dalam Wada Penampung 15 Liter

Berdasarkan hasil pengamatan awal, pada wadah penampung dengan kapasitas total 15 liter, diperoleh rasio fluida sebagai berikut:

- Persentase air (p_{air}) = 24%
- Persentase minyak (p_{oil}) = 76%

Sehingga volume masing-masing fluida dapat dihitung sebagai berikut:

$$V_{air} = 0,38 \times 15 = 5,7 \text{ L}$$

$$V_{oli} = 0,62 \times 15 = 9,3 \text{ L}$$

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, volume air dalam wadah penampung berkapasitas 15 liter adalah 5,7 liter, sedangkan volume minyak sebesar 9,3 liter. Komposisi ini menunjukkan bahwa fluida minyak tetap memiliki proporsi lebih besar dibandingkan air. Peningkatan volume fluida total menyebabkan bertambahnya beban sistem, yang selanjutnya memengaruhi gaya apung dan kedalaman operasi *roller* pada *oil skimmer* selama proses pemisahan minyak.

4.6 Perhitungan Massa Fluida

Perhitungan massa fluida dilakukan berdasarkan hubungan dasar antara massa jenis (ρ), volume (V), dan massa (m). Secara umum, hubungan ketiga besaran tersebut dinyatakan melalui persamaan (2.10) sebagai berikut:

$$m = \rho \times V$$

Pada penelitian ini, fluida yang digunakan terdiri atas dua jenis, yaitu air dan minyak. Nilai massa jenis masing-masing fluida diperoleh dari data referensi (Munson et al., 2013), dengan nilai sebagai berikut:

- Massa jenis air $\rho_{air} = 1000 \text{ kg/m}^3$
- Massa jenis minyak $\rho_{minyak} = 912 \text{ kg/m}^3$

Perbedaan massa jenis antara air dan minyak menjadi dasar terjadinya pemisahan alami (*natural separation*) kedua fluida tersebut. Minyak memiliki massa jenis yang lebih rendah dibandingkan air, sehingga cenderung mengapung di permukaan dan menghasilkan gaya apung yang lebih besar dibandingkan beratnya sendiri. Prinsip perbedaan densitas ini merupakan dasar utama dalam proses pemisahan fluida pada alat *oil skimmer*, di mana minyak dapat dikumpulkan dari permukaan air untuk selanjutnya dipindahkan ke wadah penampung.

4.6.1 Perhitungan Massa Fluida Pada Wada Penampung 10 Liter

Penentuan massa masing-masing fluida dilakukan untuk mengetahui besar massa total fluida campuran yang terdapat dalam wadah penampung. Data massa ini digunakan sebagai dasar dalam analisis gaya apung serta evaluasi keseimbangan sistem *oil skimmer*.

Berdasarkan hasil pengamatan, komposisi fluida dalam wadah penampung berkapasitas 10 liter memiliki perbandingan sebagai berikut:

- Volume Air : 2,4 L
- Volume Minyak : 7,6 L

Sebelum dilakukan menghitung massa, volume perlu dikonversi terlebih dahulu ke dalam satuan meter kubik, dengan 1 liter = 0,001 m³, Sehingga:

$$V_{air} = 2,4 \text{ L} = 0,0024 \text{ m}^3$$

$$V_{minyak} = 7,6 \text{ L} = 0,0076 \text{ m}^3$$

Selanjutnya, massa masing-masing fluida dihitung menggunakan persamaan (2.10):

$$m_{air} = \rho_{air} \times V_{air} = 1000 \times 0,0024 = 2,4 \text{ kg}$$

$$m_{minyak} = \rho_{minyak} \times V_{minyak} = 912 \times 0,0076 = 6,93 \text{ kg}$$

Sehingga massa total fluida dalam wadah penampung 10 liter adalah:

$$m_{total} = m_{air} + m_{minyak} = 2,4 + 6,93 = 9,33 \text{ kg}$$

Dengan demikian, massa total fluida dalam wadah penampung berkapasitas 10 liter adalah 9,33 kg, yang terdiri atas 2,4 kg air dan 6,93 kg minyak.

4.6.2 Perhitungan Massa Fluida pada Wadah Penampung 15 Liter

Perhitungan massa fluida pada wadah penampung berkapasitas 15 liter dilakukan untuk mengetahui total massa fluida campuran yang digunakan dalam proses pengujian. Nilai massa ini berperan penting dalam perhitungan gaya apung serta analisis keseimbangan sistem *oil skimmer* pada variasi volume fluida.

Berdasarkan hasil pengamatan, komposisi fluida dalam wadah penampung 15 liter adalah sebagai berikut:

- Volume Air : 5,7 L
- Volume Minyak : 9,3 L

Volume fluida kemudian dikonversi ke dalam satuan meter kubik:

$$V_{air} = 5,7 \text{ L} = 0,0057 \text{ m}^3$$

$$V_{minyak} = 9,3 \text{ L} = 0,0093 \text{ m}^3$$

Massa masing-masing fluida dihitung sebagai berikut:

$$m_{air} = 1000 \times 0,0057 = 5,7 \text{ kg}$$

$$m_{minyak} = 912 \times 0,0093 = 8,48 \text{ kg}$$

Sehingga massa total fluida dalam wadah penampung 15 liter adalah:

$$m_{total} = 5,7 + 8,48 = 14,18 \text{ kg}$$

Dengan demikian, massa total fluida campuran dalam wadah penampung berkapasitas 15 liter adalah 14,18 kg, yang terdiri atas 5,7 kg air dan 8,48 kg minyak.

4.7 Kedalaman *Roller* Perbeban

Penambahan volume fluida di dalam wadah penampung berpengaruh langsung terhadap besar gaya apung yang bekerja pada sistem *oil skimmer*. Ketika volume fluida meningkat, massa total fluida yang harus ditopang oleh pelampung juga bertambah. Kondisi ini menyebabkan gaya berat total sistem meningkat, sehingga pelampung akan tenggelam lebih dalam hingga tercapai kondisi keseimbangan antara gaya berat dan gaya apung.

Secara teoritis, kedalaman pelampung atau kedalaman *roller* (h) di dalam fluida dapat ditentukan berdasarkan prinsip keseimbangan gaya apung, sebagaimana dinyatakan pada Persamaan (2.11):

$$h = \frac{m_{total}}{A_p \cdot \rho}$$

4.7.1 Kedalaman *Roller* Pada Wada Penampung 10 Liter

Penentuan kedalaman *roller* pada wadah penampung berkapasitas 10 liter bertujuan untuk mengetahui seberapa jauh bagian *roller oil skimmer* tercelup ke dalam fluida hingga tercapai kondisi keseimbangan antara gaya berat total sistem dan gaya apung yang bekerja.

Berdasarkan data perhitungan sebelumnya, diketahui:

- Massa total sistem $m_{total} = 33,13$ kg
- Luas penampang pelampung efektif, $A_p = 0,798m^2$
- Massa jenis fluida, $\rho = 1000kg/m^3$

Maka kedalaman *roller* dapat dihitung sebagai berikut:

$$h = \frac{33,13}{0,798 \cdot 1000} = 0,0415m = 4,15 \text{ cm}$$

Interpretasi hasil:

Pada kondisi volume fluida 10 liter, *roller oil skimmer* tenggelam sedalam 4,15 cm dari permukaan fluida. Nilai ini menunjukkan bahwa gaya apung yang dihasilkan oleh fluida telah cukup untuk menyeimbangkan berat total sistem.

Kedalaman ini merepresentasikan titik keseimbangan antara gaya berat sistem dan gaya apung fluida. Secara operasional, posisi *roller* berada pada lapisan fluida yang sesuai untuk proses pengangkatan minyak, di mana sebagian volume pelampung masih berada di bawah permukaan air. Kondisi ini menandakan bahwa sistem bekerja pada keadaan yang relatif stabil dan efisien.

4.7.2 Kedalaman Roller dengan Pada Wada Penampung 15 L

Penentuan kedalaman *roller* pada wadah penampung berkapasitas 15 liter dilakukan untuk menganalisis pengaruh peningkatan volume fluida terhadap posisi kerja *roller oil skimmer*. Sama seperti kondisi sebelumnya, keseimbangan terjadi ketika gaya apung yang bekerja sama dengan berat total sistem.

Berdasarkan data perhitungan sebelumnya, diketahui:

- Massa total sistem $m_{total} = 37,98$ kg
- Luas penampang pelampung efektif, $A_p = 0,798m^2$
- Massa jenis fluida, $\rho = 1000kg/m^3$

Sehingga kedalaman roller dapat dihitung sebagai berikut:

$$h = \frac{37,98}{0,798 \cdot 1000} = 0,0476 \text{ m} = 4,76 \text{ cm}$$

Interpretasi hasil:

Dengan meningkatnya volume fluida hingga 15 liter, kedalaman *roller* bertambah menjadi 4,76 cm. Peningkatan kedalaman ini menunjukkan bahwa massa total sistem bertambah, sehingga gaya berat yang bekerja juga meningkat.

Untuk mencapai keseimbangan gaya, pelampung harus tenggelam lebih dalam agar volume fluida yang dipindahkan semakin besar dan gaya apung yang dihasilkan mampu menahan beban tambahan tersebut. Hasil ini menunjukkan adanya hubungan linier antara peningkatan beban fluida dan kedalaman operasi *roller*.

Kondisi ini menegaskan bahwa variasi volume fluida dalam wadah penampung secara langsung memengaruhi posisi kerja *roller*, yang selanjutnya berpengaruh terhadap kinerja dan efisiensi pemisahan minyak pada sistem *oil skimmer*.

4.8 Analisis Gaya Apung Terhadap Variasi Beban Fluida

Gaya apung merupakan gaya ke atas yang bekerja pada suatu benda akibat adanya fluida yang dipindahkan oleh volume benda yang terendam. Besarnya gaya apung sebanding dengan berat fluida yang dipindahkan, sebagaimana dinyatakan dalam Hukum Archimedes.

Pada sistem *oil skimmer* tipe drum *roller*, gaya apung berperan penting dalam menentukan keseimbangan sistem dan kedalaman operasi *roller*. Ketika volume fluida dalam wadah penampung bertambah, massa total sistem juga meningkat sehingga pelampung akan tenggelam lebih dalam. Kondisi ini menyebabkan volume fluida yang dipindahkan semakin besar, sehingga gaya apung yang dihasilkan meningkat untuk menyeimbangkan gaya berat total sistem.

Karena sistem bekerja pada dua lapisan fluida, yaitu minyak dan air, maka gaya apung total merupakan resultan dari gaya apung akibat fluida minyak dan gaya apung akibat fluida air. Persamaan gaya apung total dapat dituliskan sebagai berikut (Persamaan 2.2):

$$F_a = \rho_o \cdot g \cdot A_p \cdot h_o + \rho_a \cdot g \cdot A_p \cdot (h_{sub} - h_o)$$

4.8.1 Gaya Apung pada Wada Penampung 10 Liter

Pada kondisi beban fluida sebesar 10 liter, pelampung atau *roller oil skimmer* belum terendam sepenuhnya, namun telah menghasilkan gaya apung yang cukup untuk menyeimbangkan berat total sistem. Gaya apung yang terjadi merupakan kombinasi kontribusi dari fluida minyak dan air yang berada di dalam wadah penampung.

Parameter yang digunakan dalam perhitungan adalah:

- $\rho_o = 912 \text{ kg/m}^3$
- $\rho_a = 1000 \text{ kg/m}^3$
- $A_p = 0,798 \text{ m}^2$
- $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

- $h_o = 0,002083 \text{ m}$
- $h_{sub} = 0,05 \text{ m}$

Dengan mensubstitusikan nilai-nilai tersebut ke dalam persamaan gaya apung, diperoleh:

$$F_a = (912 \times 9,81 \times 0,798 \times 0,002083) + (1000 \times 9,81 \times 0,798 \times (0,05 - 0,002083))$$

$$F_a = 14,88 + 374,93 = 389,81 \text{ N}$$

Interpretasi hasil:

Gaya apung total sebesar 389,81 N menunjukkan besarnya gaya ke atas yang dihasilkan fluida terhadap pelampung pada kondisi beban 10 liter. Untuk membandingkan dengan berat sistem, diketahui massa total sistem sebesar 33,13 kg, sehingga gaya beratnya adalah:

$$W = m \times g = 33,13 \times 9,81 = 325,0 \text{ N}$$

Karena nilai gaya apung lebih besar dibandingkan gaya berat sistem ($F_a > W$), maka pelampung berada dalam kondisi mengapung stabil. Hal ini menunjukkan bahwa sistem *oil skimmer* mampu menopang beban fluida 10 liter tanpa mengalami tenggelam berlebihan, sehingga *roller* berada pada posisi kerja yang optimal.

4.8.2 Gaya Apung pada Wada Penampung 15 Liter

Pada kondisi beban fluida sebesar 15 liter, pelampung *roller* mengalami peningkatan kedalaman terendam dibandingkan kondisi sebelumnya. Penambahan volume fluida menyebabkan bertambahnya massa total sistem, sehingga gaya apung yang bekerja pada pelampung juga meningkat untuk menjaga keseimbangan.

Parameter yang digunakan adalah:

- $\rho_o = 912 \text{ kg/m}^3$
- $\rho_a = 1000 \text{ kg/m}^3$
- $A_p = 0,798 \text{ m}^2$
- $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

- $h_o = 0,002083 \text{ m}$
- $h_{sub} = 0,07 \text{ m}$

Substitusi nilai-nilai tersebut menghasilkan:

$$F_a = (912 \times 9,81 \times 0,798 \times 0,002083) + (1000 \times 9,81 \times 0,798 \times (0,07 - 0,002083))$$

$$F_a = 14,88 + 531,37 = 546,25 \text{ N}$$

Interpretasi Hasil

Gaya apung total sebesar 546,25 N menunjukkan kemampuan fluida campuran minyak dan air dalam menopang sistem *oil skimmer* pada kondisi beban 15 liter. Massa total sistem pada kondisi ini adalah 37,98 kg, sehingga gaya berat sistem dapat dihitung sebagai:

$$W = m \times g = 37,98 \times 9,81 = 372,6 \text{ N}$$

Karena nilai gaya apung masih lebih besar dibandingkan gaya berat sistem ($F_a > W$), maka pelampung tetap berada dalam kondisi mengapung stabil. Peningkatan gaya apung ini terjadi karena pelampung tenggelam lebih dalam, sehingga volume fluida yang dipindahkan semakin besar. Dengan demikian, sistem *oil skimmer* pada kondisi beban 15 liter telah mencapai keseimbangan apung yang lebih kuat dibandingkan kondisi 10 liter, karena semakin dalam pelampung terendam, semakin besar pula volume fluida yang dipindahkan, dan akibatnya gaya apung yang dihasilkan juga meningkat.

Tabel 4.1 Hasil Analisis Gaya Apung dan Kedalaman *Roller* pada Variasi Beban

Kondisi Beban (Liter)	Kedalaman Terendam Pelampung (h_{sub})	Kedalaman Roller (h)	Gaya Apung (F_a)	Gaya Berat (w)	Massa Total (m)	Kondisi Keseimbangan
10 L	0,05	0,0415	389,81	325,00	33,13	$F_a > W$
15 L	0,07	0,0476	546,25	372,60	37,98	$F_a > W$

Tabel 4.1 menunjukkan hasil analisis gaya apung dan kedalaman *roller* pada dua variasi beban fluida, yaitu 10 liter dan 15 liter. Parameter yang diamati meliputi kedalaman terendam pelampung h_{sub} , kedalaman *roller* (h), gaya apung (F_a), gaya berat sistem (W), massa total *skimmer*, serta kondisi keseimbangan yang dicapai oleh sistem.

Pada kondisi beban 10 liter, kedalaman terendam pelampung sebesar 0,05 m dengan kedalaman *roller* 0,0415 m. Pada kondisi ini, gaya apung yang bekerja pada sistem adalah 389,81 N, sedangkan gaya beratnya sebesar 325 N dengan massa total 33,13 kg. Nilai gaya apung yang lebih besar dibandingkan gaya berat ($F_a > W$) menunjukkan bahwa sistem berada dalam kondisi keseimbangan dan mampu mengapung secara optimal.

Pada kondisi beban 15 liter, kedalaman pelampung yang terendam meningkat menjadi 0,07 m, sementara kedalaman *roller* bertambah menjadi 0,0476 m. Peningkatan beban menyebabkan gaya apung juga meningkat hingga 546,25 N, yang masih lebih besar dibandingkan gaya berat sistem sebesar 372,60 N. Massa total sistem pada kondisi ini sebesar 37,98 kg. Sama seperti kondisi sebelumnya, nilai $F_a > W$ mengindikasikan bahwa sistem tetap berada dalam kondisi keseimbangan dan mampu mempertahankan posisi kerja *roller* secara optimal.

Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa peningkatan beban fluida berpengaruh terhadap bertambahnya kedalaman terendam pelampung dan kedalaman *roller*. Selain itu, gaya apung yang dihasilkan meningkat seiring bertambahnya beban, namun tetap berada pada kondisi keseimbangan karena besar gaya apung selalu lebih tinggi dari pada gaya berat sistem. Hal ini menunjukkan bahwa desain *oil skimmer* masih memenuhi kriteria keseimbangan dan dapat beroperasi dengan baik pada kedua variasi beban.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan terhadap sistem *oil skimmer* tipe drum *roller* dengan variasi beban fluida sebesar 10 liter dan 15 liter, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Gaya apung yang bekerja pada sistem *oil skimmer* berbanding lurus dengan volume fluida yang berada di dalam wadah penampung. Semakin besar volume fluida, maka semakin besar pula gaya apung yang dihasilkan. Pada kondisi beban 10 liter, gaya apung yang diperoleh sebesar 389,81 N, sedangkan pada beban 15 liter gaya apung meningkat menjadi 546,25 N.
2. Kedalaman pelampung dan kedalaman *roller* meningkat seiring bertambahnya volume fluida. Pada beban 10 liter, kedalaman *roller* tercatat sebesar 0,0415 m (4,15 cm), sedangkan pada beban 15 liter kedalamannya meningkat menjadi 0,0476 m (4,76 cm). Hal ini menunjukkan bahwa sistem *oil skimmer* secara otomatis menyesuaikan posisi terapungnya hingga tercapai keseimbangan antara gaya berat dan gaya apung.
3. Kondisi keseimbangan sistem ($F_a > W$) tercapai pada kedua variasi beban fluida. Gaya apung yang dihasilkan selalu lebih besar dibandingkan gaya berat sistem, sehingga pelampung berada dalam kondisi mengapung stabil dan tidak mengalami tenggelam berlebihan. Kondisi ini *memungkinkan oil skimmer* beroperasi secara optimal dalam proses pemisahan minyak dari air.
4. Rasio komposisi fluida minyak dan air memengaruhi distribusi gaya apung sistem. Pada kapasitas 10 liter, komposisi fluida terdiri dari 76% minyak dan 24% air, sedangkan pada kapasitas 15 liter komposisinya berubah menjadi 62% minyak dan 38% air. Perbedaan massa jenis antara minyak dan air mendukung mekanisme pemisahan alami serta memengaruhi besarnya gaya apung yang bekerja pada pelampung.
5. Secara keseluruhan, sistem *oil skimmer* yang diuji menunjukkan kinerja yang baik dalam menjaga keseimbangan apung pada berbagai variasi beban fluida. Desain pelampung dan *roller* yang digunakan dapat dinyatakan efektif untuk proses pemisahan minyak dan air pada skala laboratorium.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah diperoleh, beberapa saran yang dapat diberikan untuk pengembangan dan penyempurnaan penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan pengujian pada variasi volume fluida yang lebih besar (misalnya 20 liter, 25 liter, dan seterusnya) untuk mengetahui batas maksimum kedalaman terendam *roller* sebelum sistem kehilangan kestabilan apung.
2. Disarankan menggunakan variasi bentuk dan material pelampung untuk menganalisis pengaruh geometri dan massa jenis terhadap efisiensi gaya apung serta performa pemisahan minyak.
3. Perlu dilakukan pengujian dinamis dengan kondisi fluida yang mengalir agar diperoleh gambaran yang lebih realistis mengenai kinerja *oil skimmer* dalam kondisi operasional sebenarnya.
4. Disarankan untuk menambahkan sensor pengukur kedalaman dan gaya apung secara real time guna meningkatkan akurasi data serta mempercepat proses analisis pada penelitian lanjutan.
5. Untuk penerapan di lapangan, ukuran pelampung dan kapasitas wadah penampung sebaiknya disesuaikan dengan kondisi lingkungan, seperti kolam limbah industri atau area tumpahan minyak di perairan, agar sistem *oil skimmer* dapat bekerja secara optimal dan efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- Dawood, M. A., & Algawi, R. J. (2017). Study of operating conditions for oil skimmer apparatus from water. *2017 International Conference on Environmental Impacts of the Oil and Gas Industries: Kurdistan Region of Iraq as a Case Study, EIOGI 2017, 2018-Janua*, 65–70.
<https://doi.org/10.1109/EIOGI.2017.8267627>
- Hammoud, A. H., & Khalil, M. F. (2016). *Performance of a rotating drum skimmer*. 49–57.
- Khalil, M. F., El-Boghdady, I., & Lotfy, E. R. (2022). Oil-recovery performance of a sponge-covered drum skimmer: Performance of a sponge-covered drum skimmer. *Alexandria Engineering Journal*, 61(12), 12653–12660.
<https://doi.org/10.1016/j.aej.2022.06.011>
- M, L. M., M, M. D., V, K. V, P, V. A., & P, B. P. (2017). *A Review on Development of Flat Belt Type Oil Skimmer*. 4, 103–107.
- Rathakrishnan, E. (2013). Munson_7Ma_Edicion. In *Instrumentation, Measurements, and Experiments in Fluids*.
- Rd, W. (n.d.). *EVALUATION OF OLEOPHILIC SKIMMER PERFORMANCE IN DIMINISHING OIL*. 1–16.
- Supriyono, S., & Nurrohman, D. T. (2020). Floating oil skimmer design using rotary disc method. *Journal of Physics: Conference Series*, 1450(1).
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1450/1/012046>
- Supriyono, S., Yusuf, M., & Nurrohman, D. T. (2021). Kajian Penanganan Tumpahan Minyak Menggunakan Oil Skimmer Tipe Rotary disc pada Jenis Bahan Bakar Berbeda. *Jurnal Ecotipe (Electronic, Control, Telecommunication, Information, and Power Engineering)*, 8(1), 53–58.
<https://doi.org/10.33019/jurnalecotipe.v8i1.1466>
- Nuryatini, & Wiloso, E. I. (2010). *Uji metode analisis minyak terdispersi dalam air*. Jurnal Teknologi Indonesia,
- Munson, B. R., Young, D. F., Okiishi, T. H., & Huebsch, W. W. (2013). *Fundamentals of Fluid Mechanics* (7th ed.). Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- Fingas, M. F. (2013). *The Basics of Oil Spill Cleanup* (3rd ed.). Boca Raton, FL: CRC Press/Taylor & Francis Group.

- Broje, V., & Keller, A. A. (2006). *Improved mechanical oil spill recovery using an optimized geometry for the skimmer surface*. *Environmental Science & Technology*, 40(24), 7914–7918.
- Triatmodjo, B. (2012). *Mekanika Fluida*. Yogyakarta: Beta Offset.
- White, F. M. (2011). *Fluid Mechanics* (7th ed.). New York, NY: McGraw-Hill Education.
- McKinney, K., et al. (2016). *Evaluation of Oleophilic Skimmer Performance in Controlled Environments* (OSRR-1072AA). U.S. Bureau of Safety and Environmental Enforcement (BSEE).
- Sugiarto, & Pranoto. (2020). *Metode Analisis Campuran Fluida di Laboratorium*. Surabaya: Universitas Negeri Surabaya Press.
- Akanbi, T. O., Koya, O. A., & Adeoye, A. O. M. (2014). *Design and Performance Evaluation of an Oil Skimmer for Oil Spill Recovery*. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 3(1), 2278–0181.
- Çengel, Y. A., & Cimbala, J. M. (2017). *Fluid Mechanics: Fundamentals and Applications* (4th ed.). New York: McGraw-Hill Education.

LAMPIRAN 1
HASIL PENELITIAN



Gambar. 1 waduk



Gambar. 2 penuangan oli bekas (Tumpahan Minyak)



Gambar 3 waduk yang sudah tercemar minyak



Gambar 4 Perakitan mesin oil skimmer



Gambar. 5 Timbangan Oil skimmer seluruhan



Gambar. 6 Proses pengumpulan minyak



Gambar. 7 pengukuran kedalaman pelampung kapasitas 10 L



Gambar. 8 Pengukuran kedalaman pelampung kapasitas 15 L



Gambar. 9 Hasil pemisahan minyak dan air oleh oil skimmer kapasitas 10 L



Gambar 10 Hasil pemisahan minyak dan air oleh oil skimmer kapasitas 15 L



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

Bila menerima surat ini agar ditunjukkan nomor dan tanggalnya

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK

UMSU Terakreditasi Unggul Berdasarkan Keputusan Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi No. 174/SK/BAN-PT/Ak.Ppj/PT/III/2024

Pusat Administrasi: Jalan Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - 66224567 Fax. (061) 6625474 - 6631003

<https://fatek.umsu.ac.id>

fatek@umsu.ac.id

[umsu](#)

[umsu](#)

[umsu](#)

[umsu](#)

**PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN
DOSEN PEMBIMBING**

Nomor : 409/II.3AU/UMSU-07/F/2025

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Mesin Pada Tanggal 17 Februari 2025 dengan ini Menetapkan :

Nama : ALFi SYAHRIL
Npm : 2107230043
Program Studi : TEKNIK MESIN
Semester : 7 (Tujuh)
Judul Tugas Akhir : ANALISIS PERHITUNGAN GAYA APUNG MESIN OIL SKIMMER

Pembimbing : H. MUHARNIF M, S.T., M.Sc

Dengan demikian diizinkan untuk menulis tugas akhir dengan ketentuan

1. Bila judul Tugas Akhir kurang sesuai dapat diganti oleh Dosen Pembimbing setelah mendapat persetujuan dari Program Studi Teknik MESIN
2. Menulis Tugas Akhir dinyatakan batal setelah 1 (satu) Tahun dan tanggal yang telah ditetapkan.

Demikian surat penunjukan dosen Pembimbing dan menetapkan Judul Tugas Akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya

Medan, 18 Syaban 1446 H
17 Februari 2025 M



Munawar Alfansury Siregar, ST.,MT
NIDN: 0101017202



DAFTAR RIWAYAT HIDUP



A. DATA PRIBADI

Nama : Alfi Syahril
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Tempat, Tanggal Lahir : Medan, 15 Februari 2003
Alamat : Jl. Trimurti Pasar 4 Tembung, Bandar Klippa
Agama : Islam
Email : alfi.syahril150203@gmail.com
No.Handphone : 082283073367

B. RIWAYAT PENDIDIKAN

1. SD SWASTA BUDISATRYA	Tahun 2008-2014
2. SMP SWASTA SABILINA	Tahun 2014-2017
3. SMK SWASTA TELADAN MEDAN	Tahun 2017-2020