



TUGAS AKHIR

DESAIN SISTEM *OILY WATER SEPARATOR* BERBASIS DISTILASI

Rhama Febriyantoro N
NRP 4213 100 038

Dosen Pembimbing
Ir. Hari Prastowo, M.Sc.
Taufik Fajar Nugroho, ST., M.Sc

**DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017**



TUGAS AKHIR - ME141501

DESAIN SISTEM *OILY WATER SEPARATOR* BERBASIS DISTILASI

Rhama Febriyantoro N
NRP 4213 100 038

Dosen Pembimbing :
Ir. Hari Prastowo, M.Sc.
Taufik Fajar Nugroho, ST., M.Sc.

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2017



FINAL PROJECT - ME141501

DISTILLATION-based *OILY WATER SEPARATOR* (OWS) SYSTEM DESIGN

Rhama Febriyantoro N
NRP 4213 100 038

Supervisor :
Ir. Hari Prastowo, M.Sc.
Taufik Fajar Nugroho, ST., M.Sc.

DEPARTEMEN OF MARINE ENGINEERING
Faculty of Marine Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2017

LEMBAR PENGESAHAN

**DESAIN SISTEM *OILY WATER SEPARATOR* (OWS) BERBASIS
DISTILASI**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi *Marine Machinery and System* (MMS)
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

Oleh :

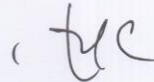
RHAMA FEBRIYANTORO N
NRP 4213 100 038

Disetujui oleh Pembimbing TUGAS AKHIR :

1. Ir. Hari Prastowo M.Sc

()

2. Taufik Fajar Nugroho, S.T., M.Sc

()

SURABAYA
JULI 2017

“Halaman ini sengaja di kosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

**DESAIN SISTEM *OILY WATER SEPARATOR* (OWS) BERBASIS
DISTILASI**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi *Marine Machinery and System* (MMS)
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

RHAMA FEBRIYANTORO N

"*mulgno* NRP 4213 100 038 *amsala*"

Disetujui oleh :

Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan



Dr. Eng. M. Badruz Zaman S.T., M.T

19770802200801100

“Halaman ini sengaja di kosongkan”

DESAIN SISTEM *OILY WATER SEPARATOR* (OWS) BERBASIS DISTILASI

Nama Mahasiswa : Rhama Febriyanto N
NRP : 4213100038
Departemen : Teknik Sistem Perkapalan
Dosen Pembimbing : 1. Ir. Hari Prastowo M.Sc.
2. Taufik Fajar Nugroho, S.T., M.Sc.

Abstrak

Pencemaran dilaut akhir-akhir ini semakin meningkat seiring semakin banyaknya kapal-kapal yang dibuat untuk berbagai keperluan. Salah satu limbah yang berada dikapal adalah limbah yang berasal sistem *Oily Water Separator*. Dimana terdapat kandungan minyak didalam air yang sangat berbahaya jika tidak diolah terlebih dahulu. Tujuan dari penulisan skripsi ini adalah melakukan desain sistem *oily water separator* (OWS) berbasis distilasi untuk mengurangi kadar minyak didalam air. Eksperimen yang dilakukan ialah dengan proses distilasi dengan daya heater yang digunakan adalah 500 watt, 1000 watt, dan 1500 watt selama 60 menit. Pengujian kadar minyak dalam masing-masing variasi daya diamati untuk mengetahui kinerja dari alat yang telah dibuat. Hasil pengujian didapat bahwa terjadi penurunan pada masing-masing daya ialah sebesar 30.770 ppm pada daya 500 watt, 2.390 ppm pada daya 1.000 watt, 1.640 ppm pada daya 1.500 watt dengan kandungan minyak dalam air pada sludge sebesar 335.920 ppm.

Kata Kunci : Sistem *Oily Water Separator*, distilasi, kadar minyak dalam air, ppm

“Halaman ini sengaja di kosongkan”

DESAIN SISTEM *OILY WATER SEPARATOR* (OWS) BERBASIS DISTILASI

Nama Mahasiswa : Rhama Febriyantoro N
NRP : 4213100038
Departemen : Teknik Sistem Perkapalan
Dosen Pembimbing : 1. Ir. Hari Prastowo M.Sc.
2. Taufik Fajar Nugroho, S.T., M.Sc.

Abstract

Sea Pollution is increase recently because a lot of ships are build for some purpose. One of the pollutant from ship is coming from oily water separator. Where there's a lot of oil content in water that very dangerous if it not filtered earlier. The purpose of this thesis is make a design of "destilated – based" oily water separator system (OWS) the experiment step is do the destilation process with variations of heater power are 500 watt, 1000 watt, and 1500 watt with duration 60 minutes. Result from oil content test from each variation of heat power are observed to know how the performance from the system. The result from this experiment show the decreased of oil content from each variaton with 30.770 ppm at 500 watt of heat power, 2.390 ppm at 1000 watt of heat power, and 1.640 ppm at 1500 watt of heat power, where the oil content in water at sludge is 335.920 ppm

Keywords : *Oily Water Separator* system, distilation, oil content in water,ppm

“Halaman ini sengaja di kosongkan”

KATA PENGANTAR

Bismillahi rahmani rahim, alhamdulillah, segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul : Desain Sistem *Oily Water Separator* Berbasis Distilasi. Penulisan Tugas Akhir ini merupakan salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Skripsi ini meneliti tentang Sistem *Oily Water Separator* dengan menggunakan metode Distilasi untuk mengetahui kandungan minyak dalam air pada hasil distilasi. Dengan mengetahui nilai titik didih pada setiap fluida yang terdapat pada sistem *Oily Water Separator* serta karakteristik dari fluida tersebut, maka dapat dilakukan penelitian apakah metode ini dapat mengurangi kadar minyak dalam air.

Dalam penyusunan dan penulisan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini dengan senang hati menyampaikan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua penulis (Ibunda Siti Roisah dan Ayahanda Supriyanta), adik saya (Ilham Dwi Prasetyo Nugroho) serta saudara sepupu saya (Mbak Hendi) yang selalu memberikan doa serta semangat dalam kelancaran penulisan ini, sekaligus sumber motivasi saya dalam penyelesaian penulisan ini.
2. Bapak Ir. Hari Prastowo, M.Sc. dan Bapak Taufik Fajar Nugroho, S.T., M.Sc., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, masukan, bimbingan, nasihat, serta motivasi selama proses penyusunan penulisan ini.
3. Bapak Dr. Eng. M. Badruz Zaman S.T., M.Sc. selaku Ketua Departemen Teknik Sistem Perkapalan dan Bapak Prof. Semin selaku dosen wali yang memberikan petunjuk, amanah, serta nasihat layaknya ayah di kampus ini.
4. Kepada temen – temen laboratorium *Marine Machinery System* yang telah membantu saya dalam mengambil data praktikum.
5. Kepada temen – temen Barakuda ME 13 yang telah mensupport dalam penyusunan penulisan tugas akhir.
6. Kepada temen – temen Galas Surabaya yang telah baik hati memberikan waktunya untuk mendengarkan curhatan saya selama penyusunan tugas akhir ini.
7. Kepada temen – temen kosan PSKG yang telah memberikan kenyamanan serta hiburan kepada saya sehingga mengurangi rasa stress dalam penyusunan tugas akhir ini.
8. Kepada temen – temen Badminton ITS yang telah meluangkan waktu serta tenaga untuk menemani saya bermain badminton sebagai hiburan ditengah-tengah proses pengerjaan tugas akhir.
9. Saudari Afi yang telah membantu dalam menghitung kebutuhan panas, serta flowrate dalam penyusunan tugas akhir ini.
10. Saudari Dwiyanti Agustina yang telah membantu dalam bentuk diskusi sebagai penunjang tugas akhir ini.

“Halaman ini sengaja di kosongkan”

DAFTAR ISI

Cover.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	Error! Bookmark not defined.
Abstrak	v
Abstract	vii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GRAFIK.....	xiii
BAB I	
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan dan Pembatasan Masalah.....	1
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Manfaat.....	2
BAB II	
TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1 Sistem Bilga	3
2.2 Sistem Oily Water Separator.....	3
2.3 Distilasi.....	4
2.4 Titik Didih.....	6
2.5 Diagram Blok Perencanaan Alat	7
2.6 Perpindahan Panas.....	8
BAB III	
METODOLOGI PENELITIAN	11
3.1 Identifikasi Masalah	12
3.2 Studi Literatur	12
3.3 Desain Sistem OWS berbasis Distilasi.....	12
3.4 Sampling lapangan dan Pengujian Sampling	13
3.5 Perancangan Model.....	13

3.6 Pembuatan Model	15
3.7 Verifikasi Alat yang Dibuat	15
3.8 Pengujian Kadar Minyak dalam Air	16
3.9 Analisa Data	16
3.10 Kesimpulan dan Saran	16
BAB IV	
ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN	17
4.1 Perhitungan panas yang dibutuhkan	17
4.2 Menghitung Heat Loss	18
4.3 Pembuatan prototype alat Oily Water Separator berbasis Distilasi	25
4.4 Pengujian dan Pengambilan Data Praktikum	26
4.4.1 Pengujian prototype	26
4.4.2 Pengambilan data praktikum	26
4.5 Analisa dan Pembahasan data percobaan	28
4.5.1 Kadar minyak dalam air yang dihasilkan dalam proses Distilasi.	29
4.5.2 Efisiensi pada hasil distilasi prototype	30
4.5.3 Kapasitas yang dihasilkan dari model prototype.	30
4.5.4 Perhitungan Flowrate	31
4.5.5 Rekomendasi untuk mengurangi kadar minyak didalam air	34
BAB V	
KESIMPULAN DAN SARAN	35
5.1 Kesimpulan	35
5.2 Saran	35

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sistem Bilga.....	3
Gambar 2.2 OWS system	4
Gambar 2.5 Diagram perencanaan alat	5
Gambar 3.6 Pembuatan Prototype.....	15
Gambar 4.4.2.1 Hasil percobaan dengan daya 500 Watt.....	27
Gambar 4.4.2.2 Hasil percobaan dengan daya 1500 Watt.....	28
Gambar 4.4.2.3 Hasil percobaan dengan daya 1500 Watt.....	28

DAFTAR TABEL

Tabel 2.4 Titik Didih Air dan Minyak	6
Tabel 4.4.2.1 Data percobaan dengan daya 500 W	26
Tabel 4.4.2.2 Data percobaan dengan daya 1000 W	27
Tabel 4.4.2.3 Data percobaan dengan daya 1500 W	27
Tabel 4.5.1 Kadar minyak dalam air	29
Tabel 4.5.2 Effisiensi setelah proses distilasi.....	30
Tabel 4.5.3 Kapasitas yang dihasilkan dari prototype.....	30
Tabel 5.1.2 Kadar minyak dalam air	35

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.5.1 Kadar Minyak dalam air	29
Grafik 4.5.3 Volume yang Dihasilkan pada Proses Distilasi	31

“Halaman ini sengaja di kosongkan”

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kapal merupakan salah satu moda transportasi yang banyak digunakan untuk keperluan jasa pengiriman dan perdagangan baik di Dalam Negeri maupun di Luar Negeri. Kapal sendiri memiliki beberapa komponen yang memiliki pelumasan jenis minyak didalamnya. Hal ini memungkinkan terjadinya kebocoran oli atau minyak disekitar pelumasan tersebut yang kita sebut dengan limbah. Limbah tersebut nantinya akan menumpuk disekitar kamar mesin kapal sehingga perlu dibuang supaya tidak mengganggu pekerjaan di kamar mesin. Sebelum di buang ke laut, limbah akan di treatment menggunakan *Oily Water Separator* untuk mengurangi pencemaran laut yang disebabkan oleh limbah di kapal. Peraturan tentang perijinan kadar air yang diijinkan untuk di buang dilaut sebesar 15 ppm (IMO, 2015). Hal ini mengharuskan kapal yang sudah berumur diatas 10 tahun untuk mengolah kembali sistem *Bilge Oily Water System* untuk menyesuaikan peraturan yang telah dibuat.

Bilge Oily Water System adalah suatu treatment yang dilakukan untuk memisahkan air dengan minyak menggunakan perbedaan massa jenis air dengan minyak, dimana massa jenis minyak lebih ringan daripada air sehingga minyak akan mengapung dan air akan berada di bawah.

Dalam eksperimen kali ini, saya memanfaatkan proses distilasi untuk memisahkan air dengan minyak dengan cara memanaskan limbah tersebut dengan suhu yang sesuai dengan titik didih dari air. Dengan begitu, air akan menguap karena berada pada titik didih air tersebut yang nantinya akan di kondensasi untuk mengukur berapa kadar minyak hasil distilasi yang dihasilkan. Harapan dari penelitian ini ialah menjadikan solusi alternatif mengurangi kadar minyak didalam air sehingga tidak mengganggu ekosistem di laut.

1.2 Perumusan dan Pembatasan Masalah

Permasalahan :

Adapun masalah yang muncul diangkat dalam tugas akhir ini adalah :

- a. Bagaimana perancangan desain sistem *Oily Water Separator* berbasis Distilasi?
- b. Bagaimana pembuatan prototype *Oily Water Separator* berbasis Distilasi?
- c. Besarnya kadar minyak didalam air yang dihasilkan?
- d. Apakah metode distilasi dapat diaplikasikan di kapal?

Batasan Masalah :

Adapun batasan masalah adalah :

- a. Distilasi yang dilakukan hanya untuk meninjau kadar minyak didalam air pada sistem *Oily Water Separator*.
- b. Tidak memperhatikan efisiensi dari peralatan yang digunakan dalam penelitian.
- c. Variasi titik didih 80-100 °C.
- d. Tidak memperhatikan produktivitas hasil dari model yang dibuat

- e. Tidak dapat digunakan pada kapal yang memiliki kamar mesin yang sempit
- f. Ukuran utama kapal tidak ditinjau dalam pembuatan model

1.3 Tujuan

Adapun tujuan penulisan tugas akhir ini adalah :

- a. Membuat desain sistem *Oily Water Separator (OWS)* berbasis Distilasi
- b. Membuat Prototype *Oily Water Separator (OWS)* berbasis Distilasi.
- c. Menguji kandungan minyak didalam air
- d. Mengetahu efektifitas dan penerapan dikapal

1.4 Manfaat

Manfaat yang dapat diperoleh dari penulisan tugas akhir ini adalah :

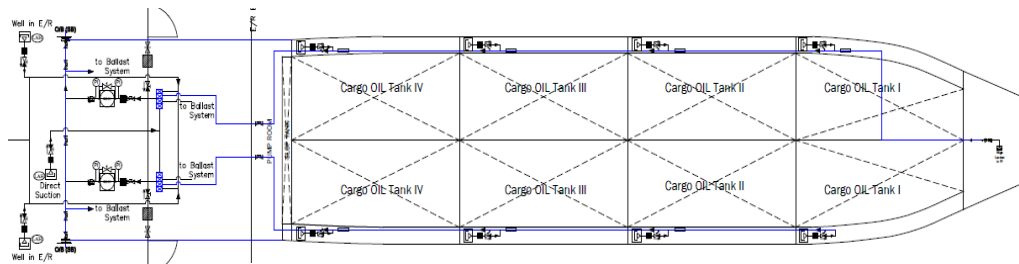
- a. Mengetahui apakah proses distilasi untuk memisahkan air dengan limbah dikapal dapat diaplikasikan pada sistem *Oily Water Separator* atau tidak.
- b. Mendapatkan desain yang sesuai untuk perencanaan sistem *Oily Water Separator* berbasis Distilasi.
- c. Memberikan solusi untuk mengurangi polusi lingkungan khususnya di biota laut.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Bilga

Sistem bilga adalah salah satu sistem yang berfungsi mengalirkan air dari kebocoran pada kompartemen kapal apabila terjadi kecelakaan. Kebocoran pada kapal terjadi karena tabrakan antar kapal satu sama lain, atau kebocoran yang terjadi disisi pengelasan. Sistem bilga dibuat untuk memenuhi faktor keselamatan di kapal. Hal ini dikarenakan bila terjadi kebocoran, air tersebut langsung di alirkan ke overboard guna memperlambat waktu tenggelam kapal sehingga awak kapal memiliki waktu untuk menyelamatkan diri. (Cahyani & Ariana, 2011)

Sistem bilga sendiri memiliki dua bagian yaitu sistem bilga dikamar mesin dan sistem bilga di kompartemen kapal. Sistem bilga di kamar mesin memiliki fluida yang berbeda dengan sistem bilga yang ada di kompartemen kapal lainnya. Hal ini menyebabkan sistem tersebut terpisah dengan sistem bilga di kompartemen kapal. Fluida yang dialirkan dari sistem bilga di kamar mesin berupa fluida campuran antara minyak dengan air. Sedangkan untuk fluida yang berada di kompartemen kapal selain kamar mesin hanya berupa fluida air saja. (Cahyani & Ariana, 2011)

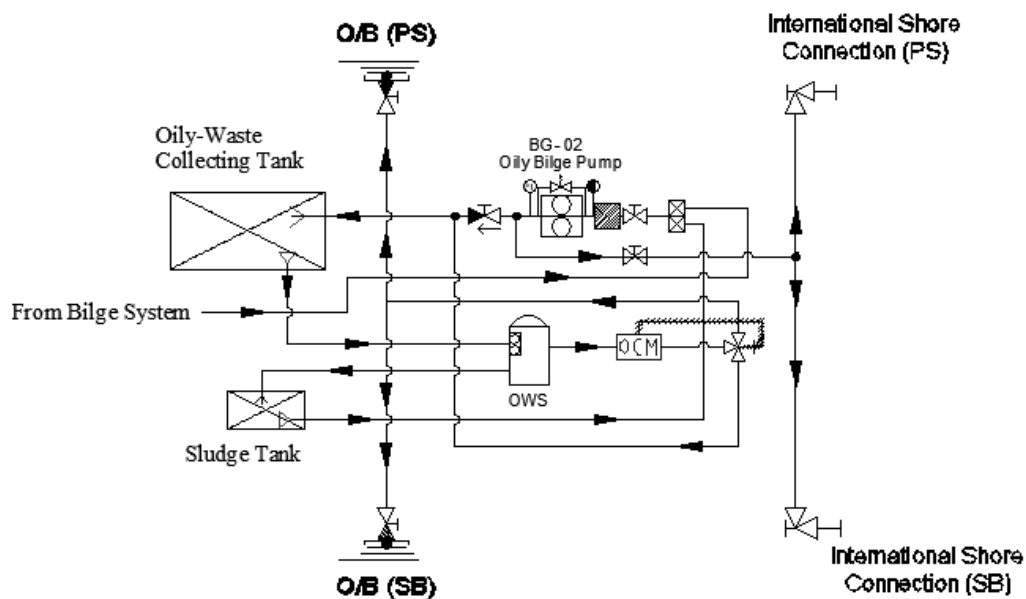


Gambar 2.1. Sistem Bilga

2.2 Sistem Oily Water Separator

Oily water separator digunakan untuk memisahkan kandungan minyak didalam air. Pada tank top kamar mesin sering dijumpai air yang menggenang didalamnya. air tersebut berasal dari pompa dan *valve packing*, kebocoran, tumpahan minyak, air pencuci, dan sebagainya. Air jenis ini biasa disebut sebagai limbah dimana limbah tersebut tidak boleh langsung dibuang ke laut karena terdapat peraturan MARPOL mengenai kadar minyak didalam air yang diijinkan untuk dilepaskan di laut. (Agency, 2011)

Oily water separator memiliki cara kerja yaitu dengan memanfaatkan perbedaan massa jenis sehingga massa jenis yang lebih rendah akan mengapung dalam hal ini minyak yang nantinya akan di tampung di dalam bejana kemudian dialirkan menuju *slope tank* dan akan dibuang menggunakan *shore connection*. Sedangkan air yang memiliki massa jenis yang lebih besar dibanding minyak, akan dialirkan menuju overboard untuk di buang ke laut sesuai standar peraturan MARPOL tentang kandungan minyak didalam air yaitu kurang dari 15 ppm (parts per millions). (Agency, 2011)



Gambar 2.2. OWS system

2.3 Distilasi

Distilasi atau penyulingan adalah suatu metode pemisahan bahan kimia berdasarkan perbedaan kecepatan atau kemudahan menguap (volatilitas) bahan atau didefinisikan juga teknik pemisahan kimia yang berdasarkan titik didih. Dalam penyulingan atau distilasi, campuran zat dididihkan sehingga menguap, dan uap ini kemudian didinginkan kembali dalam bentuk cairan. Zat yang memiliki titik didih lebih rendah akan menguap lebih dulu. Metode ini termasuk unit operasi kimia jenis perpindahan massa. (Febriani, 2015)

Distilasi adalah suatu proses pemisahan dua atau lebih komponen dalam suatu campuran berdasarkan perbedaan titik didih dari masing – masing komponen dengan menggunakan panas sebagai tenaga pemisah (Bashendra, 2014).

(Bashendra, 2014) Distilasi adalah suatu metode operasi yang digunakan pada proses pemisahan suatu komponen dari campurannya dengan menggunakan panas sebagai tenaga pemisah berdasarkan perbedaan titik didih masing-masing komponennya. Proses pemisahan secara distilasi dari tiga langkah dasar, yaitu:

1. Proses penguapan atau penambahan panas dalam larutan yang dipisahkan
2. Proses pembentukan fase seimbang
3. Proses pemisahan kedua fase seimbang

(Bashendra, 2014) Proses pemisahan secara distilasi dapat dilakukan terhadap campuran yang terdiri dari komponen sebagai berikut:

- Mempunyai perbedaan titik didih yang cukup
- Mempunyai sifat penguapan yang relatif tinggi

- Tidak membentuk campuran azeotrop

Dalam prakteknya pemilihan prosedur distilasi tergantung pada sifat cairan yang akan di murnikan dan sifat pengotor yang ada didalamnya. terdapat berbagai macam cara distilasi, yaitu :

➤ Distilasi sederhana

Distilasi sederhana atau distilasi biasa adalah teknik pemisahan kimia untuk memisahkan dua atau lebih komponen yang memiliki perbedaan titik didih yang jauh. suatu campuran senyawa dapat dipisahkan menggunakan metode ini untuk memperoleh senyawa murninya dimana senyawa-senyawa yang terdapat dalam campuran akan menguap pada saat mencapai titik didih masing-masing. Tekanan uap suatu cairan akan meningkat seiring dengan bertambahnya temperatur, dan titik dimana tekanan uap sama dengan tekanan eksternal cairan disebut sebagai titik didih (Dudung, 2016).

Pemisahan senyawa dengan distilasi bergantung pada perbedaan tekanan uap senyawa dalam campuran. Tekanan uap campuran diukur sebagai kecenderungan molekul dalam permukaan cairan untuk berubah menjadi uap. Jika suhu dinaikkan, tekanan uap cairan akan naik sampai tekanan uap sama dengan tekanan uap atmosfer sehingga pada keadaan tersebut cairan akan mendidih. Cairan yang memiliki tekanan uap yang lebih tinggi pada suhu kamar akan mempunyai titik didih lebih rendah daripada cairan yang tekanan uapnya rendah pada suhu kamar (Dudung, 2016).

➤ Distilasi bertingkat atau terfraksi

Distilasi bertingkat digunakan untuk memisahkan campuran zat cair yang mempunyai perbedaan titik didih relatif kecil. Teknik ini dilakukan dengan menggunakan kolom yang panjang dan mempunyai sekat / trap yang banyak, di masing-masing trap akan terjadi proses pemisahan kedua komponen dalam bayak tahap. Pada bagian bawah akan terdapat campuran uap yang kaya dengan fraksi yang mempunyai titik didih tinggi, sedangkan pada bagian atas akan terdapat campuran uap yang kaya dengan fraksi titik didih rendah. Makin banyak trap yang dipunyai, makin banyak proses fraksinasi tersebut, sehingga pemisahan akan terjadi sempurna (Dudung, 2016).

➤ Distilasi menggunakan reboiler

Distilasi dengan menggunakan reboiler disebut dengan closed steam, dimana alat penukar panas (reboiler) digunakan untuk memaksa kembalinya panas dan uap pada hasil bawah fraksinasi. Reboiler diletakkan pada bagian menara, hal ini membuat luas permukaan menjadi besar. Namun, untuk membersihkannya harus menghentikan operasi distilasi. Reboiler dipanaskan oleh steam pemanas (Dudung, 2016).

Tekanan operasi yang digunakan pada proses distilasi dibagi menjadi tiga macam, yaitu :

1. Distilasi atmosfer

Merupakan proses pemisahan komponen-komponen dari suatu campuran yang didasarkan pada perbedaan titik didih, dimana untuk mencapai kesetimbangan uap dan cairan dari komponen-komponen yang dipisahkan tersebut berlangsung pada tekanan 1

atm (Bashendra, 2014).

2. Distilasi vacum

Merupakan suatu distilasi dimana prosesnya berlangsung pada tekanan di bawah normal yaitu 30 – 35 mmHg (di bawah 1 atm), dengan tujuan untuk menurunkan titik didih dari komponen-komponen yang akan dipisahkan (Bashendra, 2014).

3. Merupakan tekanan tinggi

Merupakan suatu operasi yang digunakan pada proses pemisahan suatu komponen dari campuran yang berdasarkan perbedaan titik didih, dengan kondisi operasi tekanan 1 atm. Tujuannya karena pada tekanan 1 atm hanya diperoleh campuran azeotrop alkohol dengan konsentrasi 70 %, sedangkan kebutuhan etanol teknis 96,8 %. Oleh karena itu, harus dilakukan distilasi tekanan tinggi dengan tekanan diatas 1 atm (Bashendra, 2014).

2.4 Titik Didih

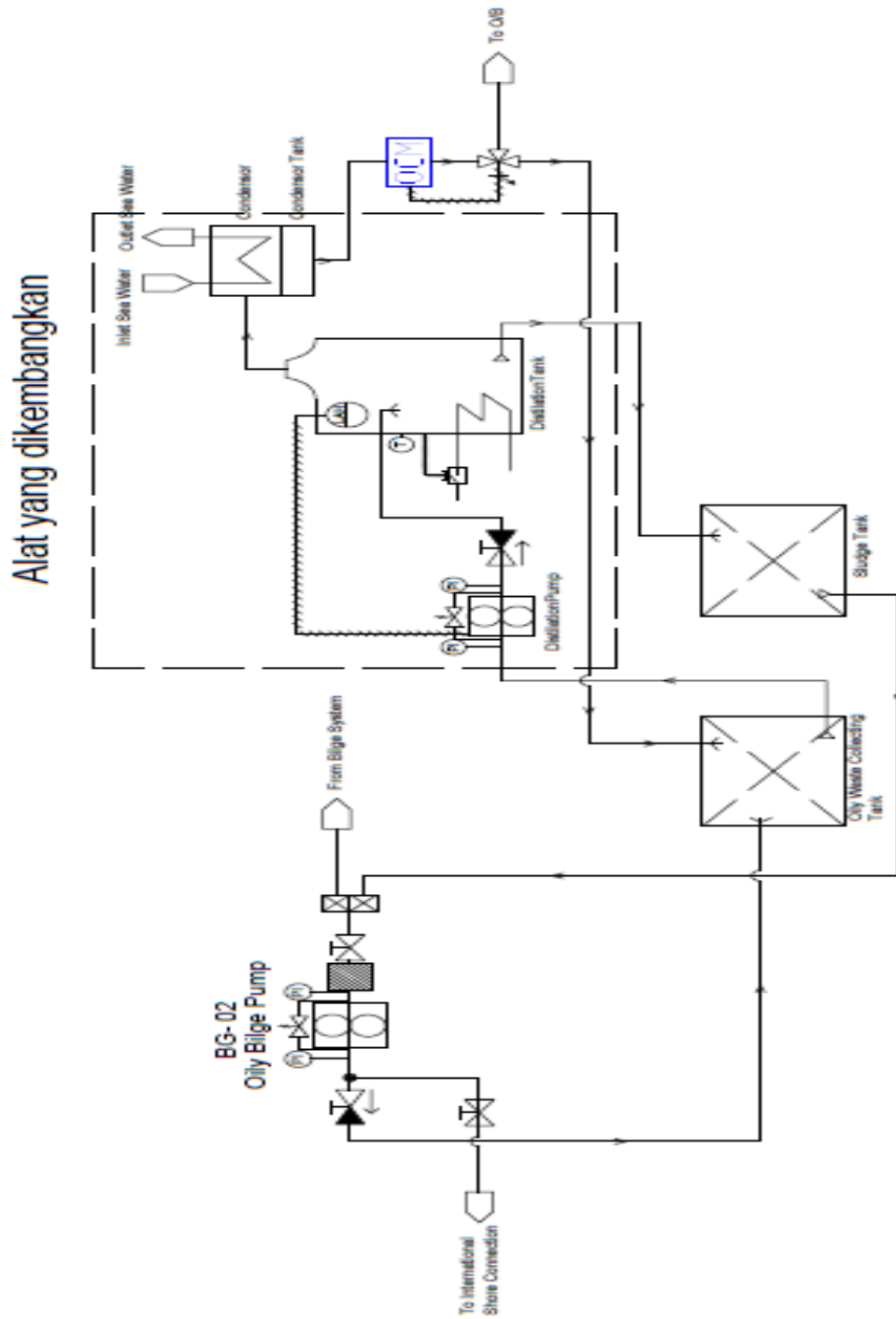
Titik didih larutan adalah temperatur saat tekanan uap zat cair sama dengan tekanan udara luar. Titik didih juga disebut dengan temperatur yang mengalami perubahan wujud cair menjadi gas (menguap). Titik didih yang diukur tanpa memperhitungkan pengaruh tekanan disebut titik didih normal. Titik didih normal ditetapkan berapa berada pada 760 mmHg (≈ 760 torr) (Hasannudin, 2015).

Berikut ini adalah daftar titik didih beberapa cairan, yaitu:

Nama Cairan	Titik Didih ($^{\circ}\text{C}$)
Air	100
Bensin	35 - 75
Nafta	70 – 170
Kerosin dan Avtur	170 - 250
Solar	250 - 340
Oli	350 - 500
Parafin	350
Residu (bitumen)	>500

Tabel 2.4. Titik Didih air dan minyak bumi (Handi, 2016)

2.5 Diagram Blok Perencanaan Alat



Gambar 2.5. Diagram perencanaan Alat

2.6 Regulasi *Marine Pollution*

Marine Pollution adalah regulasi yang mengatur tentang pencemaran yang dihasilkan oleh kapal. Pencemaran ini meliputi pencemaran oleh minyak, pencemaran oleh zat kimia berbahaya, pencemaran oleh muatan yang mengandung zat berbahaya, pencemaran oleh kotoran (sewage), pencemaran oleh sampah, dan pencemaran oleh polusi udara gas buang. *Marine pollution* dibentuk pada dasarnya terjadi kecelakaan pada kapal pengangkut minyak pada tahun 1885 sehingga pemerintah Inggris melakukan pertemuan dengan membahas tentang penyemaran yang diakibatkan oleh minyak dimana menghasilkan “*International Convention for the Prevention of Oil Pollution from Ship*” pada tahun 1973. Kemudian disempurnakan dengan TSPP (*Tanker Safety and Pollution Prevention*) protocol pada tahun 1978 dan akhirnya dikenal dengan nama MARPOL 1973/1978 yang berlaku hingga sekarang.

Didalam MARPOL terdiri Annex I – Annex VI. Pada Annex I membahas tentang pencemaran yang disebabkan oleh minyak baik minyak pada kapal tanker maupun minyak yang berada didalam kamar mesin. Regulasi ini pun mengharuskan kapal memiliki perlengkapan sebagai berikut :

a. Oil record book

Adalah suatu record kapal tentang aktivitas yang berhubungan dengan minyak. Aktivitas yang dimaksud ialah mulai dari discharge cargo, discharge slop tank, pembersihan cargo tank, dan sebagainya.

b. Oil Discharge monitoring system

Adalah suatu sistem yang mengontrol kadar minyak dalam air yang akan dibuang ke laut. Sistem monitoring ini harus berfungsi dengan baik dalam berbagai kondisi lingkungan sehingga dapat memonitor dan mengontrol segala macam pembuangan minyak ke laut karena pembuangan dari air ballast kotor.

Didalam Annex I ini terdapat peraturan dimana kapal diijinkan untuk membuang limbah dalam bentuk air yang memiliki kandungan minyak dalam air kurang dari 15 *part per million* (ppm). Hal ini diharuskan kapal untuk memenuhi peraturan tersebut agar tidak membahayakan biota di laut.

2.7 Perpindahan Panas

❖ Konduksi

Konduksi adalah perpindahan panas karena adanya kontak langsung dengan permukaan benda. Persamaan yang dapat digunakan untuk menghitung perpindahan panas secara konduksi :

$$q_{cond} = -kA \frac{\Delta T}{x}$$

Dimana :

q_{cond} = laju perpindahan panas secara konduksi
 k = konduktivitas termal

- A = luas penampang yang dilewati panas
 ΔT = perbedaan temperatur
 X = tebal penampang

❖ Konveksi

Konveksi adalah perpindahan panas yang terjadi antara permukaan padat dengan fluida yang mengalir di sekitarnya. Aliran fluida sendiri berlangsung karena ada perbedaan temperatur dan massa jenis suatu fluida serta dapat juga dipaksa dengan menggunakan kompresor. Persamaan yang dapat digunakan:

$$q_{conv} = h_c A \Delta T$$

Dimana :

- q_{conv} = laju perpindahan panas secara konveksi
 A = luas penampang yang dilewati panas
 ΔT = perbedaan temperatur
 h_c = konduktansi termal

❖ Radiasi

Radiasi adalah perpindahan panas dengan pancaran/sinaran/radiasi gelombang elektromagnetik tanpa memerlukan media perantara. Persamaan yang dapat digunakan:

$$q_r = \sigma A (T_1^4 - T_2^4)$$

Dimana :

- q_r = energi radiasi
 A = luas permukaan
 σ = konstanta Boltzman
 T_1 = suhu pada permukaan benda
 T_2 = suhu yang mengelilingi benda

2.8 Kestimbangan Energi

Kestimbangan energy merupakan kesinambungan dengan prinsip kestimbangan massa. Hukum kekekalan massa menyatakan bahwa laju energi yang masuk kedalam sistem dikurangi dengan laju energi yang keluar dari sistem sama dengan laju energi. Persamaan yang dapat digunakan ialah sebagai berikut :

$$E_{in} - E_{out} = E_{st}$$

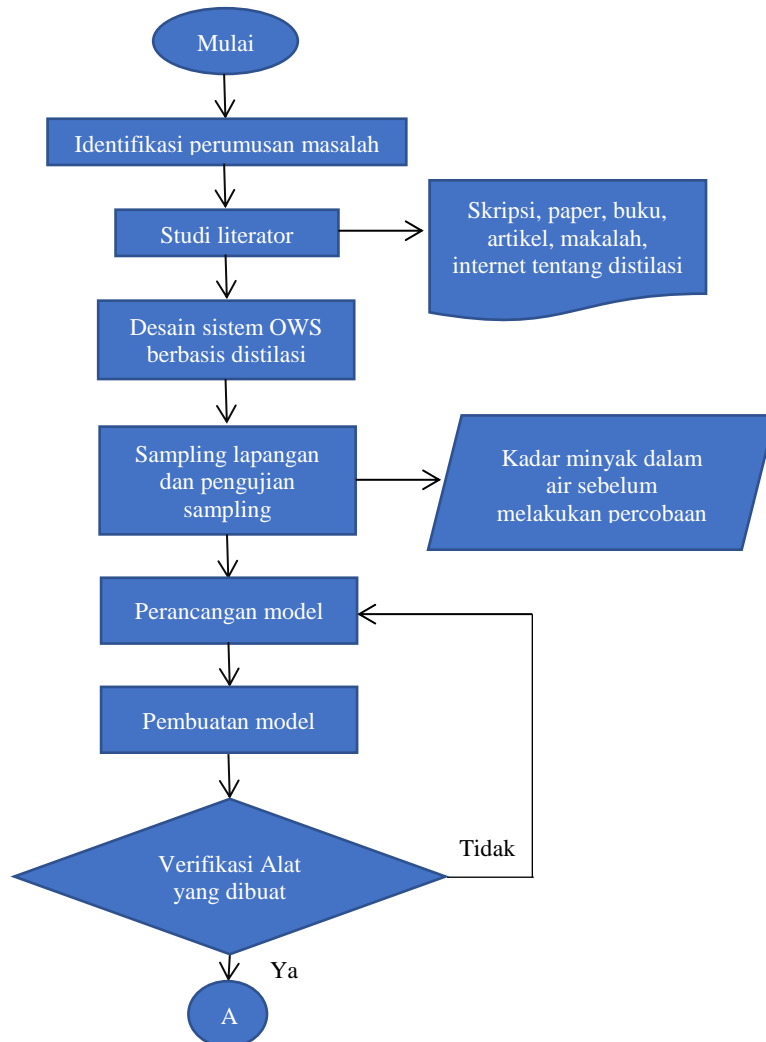
Dimana :

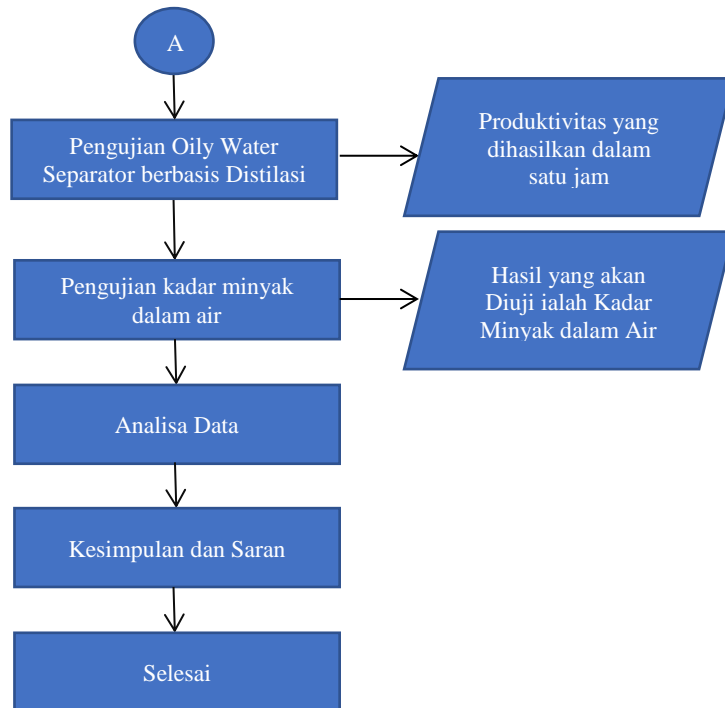
- E_{in} = Energi yang masuk ke sistem
 E_{out} = Energi yang keluar dari sistem
 E_{st} = Energi yang terakumulasi dari sistem

“Halaman ini sengaja di kosongkan”

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian adalah rangka dasar dalam membuat suatu penelitian yang akan dibuat. Metodologi tersebut mencakup semua kegiatan yang akan dilakukan untuk memecahkan masalah atau untuk melakukan proses dalam menganalisa permasalahan yang ada pada tugas akhir. Adapun tahapan-tahapan dalam pengerjaan bisa dilihat pada diagram alur pengerjaan dibawah ini:





3.1 Identifikasi Masalah

Pada tahap ini merupakan kegiatan untuk mengidentifikasi permasalahan yang terjadi dan menentukan perumusan masalah apa saja yang akan diambil. Perumusan masalah adalah tahap awal dalam pelaksanaan tugas akhir sehingga tahap ini merupakan tahap yang sangat penting dimana pada tahap inilah mengapa suatu permasalahan yang ada harus dipecahkan sehingga layak dijadikan sebagai bahan dalam pelaksanaan tugas akhir. Dalam tugas akhir ini permasalahan yang diangkat adalah bagaimana cara mengurangi kadar minyak didalam air pada *Oily Bilge Water* dengan Distilasi.

3.2 Studi Literatur

Ketika sudah mendapatkan suatu permasalahan, maka tahap selanjutnya adalah mengumpulkan bahan pustaka yang terkait dengan pengerjaan tugas akhir sebagai referensi dan acuan dalam pengerjaan. Pada tahap ini dilakukan studi literatur dari tugas akhir sebelumnya, internet, dan buku – buku penunjang materi. Informasi yang dibutuhkan pada tugas akhir ini ialah prinsip dasar tentang proses distilasi, prinsip kerja *Oily Water Separator*, karakteristik limbah.

3.3 Desain Sistem OWS berbasis Distilasi

Dalam tahap ini dilakukan penggambaran *key plant* dari *Oily Water Separator* berbasis Distilasi yang bertujuan untuk memberikan penjelasan terhadap alur kerja dari sebuah sistem *Oily Water Separator* berbasis Distilasi serta mempermudah dalam

pembacaan sistem kerja *Oily Water Separator* berbasis Distilasi.




3.4 Sampling lapangan dan Pengujian Sampling






Dalam tahap ini diperlukan uji laboratorium terlebih dahulu. Hal ini guna mengetahui berapa kandungan minyak dalam air yang terdapat didalam *Oily Water Separator*. Dalam pengujian laboratorium dilakukan di laboratorium Teknik Lingkungan. Hasil yang didapatkan dalam pengujian laboratorium ini yang nantinya akan dijadikan tugas akhir ini untuk mengurangi kadar minyak dalam air.


3.5 Perancangan Prototype

Pada tahap ini dilakukan perancangan alat prototype yang akan dibuat dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Dalam perancangan alat prototype ini dilakukan untuk proses menurunkan kadar minyak didalam air serta menganalisa produktivitas dari pembuatan alat ini. Alat dan bahan yang digunakan dalam pembuatan alat *oily water separator* (OWS) berbasis Distilasi ialah sebagai berikut :

Alat :

No	Gambar	Nama	Spesifikasi
1.		Tanki	Panjang 23,7 cm Lebar 23,7 cm Tinggi 35 cm
2.		Heater	Daya heater 500 watt
3.		Kondensor	Panjang 50 cm

4.		Termometer Digital	
5.		Selang	
6.		Pompa	Head 1.15 m Debit 750 L/H Daya 13 watt
7.		Gelas Ukur	250 mL
8.		Tanki air Pendingin Kondensor	Panjang 34,3 cm Lebar 20,8 cm Tinggi 20 cm

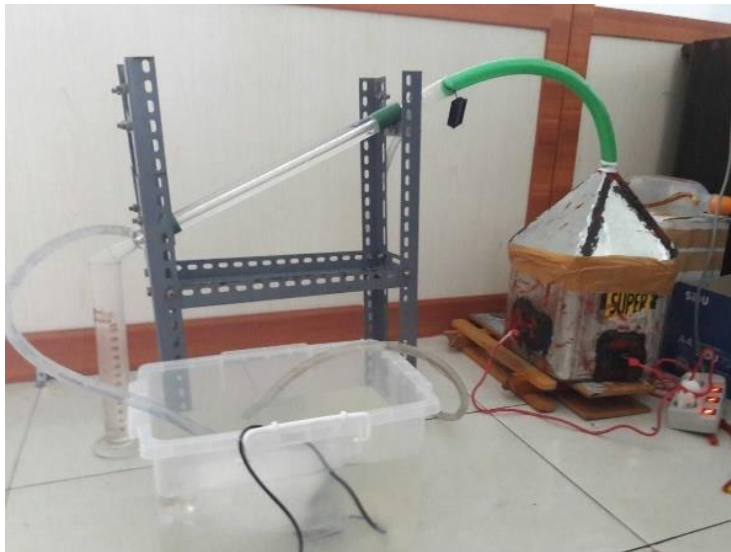
9.		Penyangga Kondensor	Tinggi 59,5 cm Panjang 41,5 cm Lebar 15,5 cm
----	---	---------------------	--

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Oli bekas, Solar, dan air. Oli bekas, solar dicampurkan dengan air dimana dalam penelitian ini bertujuan untuk memisahkan air dengan minyak serta solar dengan metode distilasi.

3.6 Pembuatan Prototype

Pada tahap ini dilakukan proses pembuatan alat yang nantinya akan mengurangi kadar minyak dalam air sesuai dengan tujuan dari tugas akhir ini. Bahan peralatan yang sudah dikumpulkan akan dibuat sesuai desain yang telah direncanakan.



Gambar 3.6. Pembuatan prototype

3.7 Verifikasi Alat yang Dibuat

Pada tahap ini dilakukan proses verifikasi atau pengujian alat yang telah dibuat. Pada tahap ini, pengujian dilakukan terhadap kondensator sebagai alat kondensasi uap menjadi air, dan heater sebagai pemanas oily water. Jika dalam pengujian alat ini berhasil, maka proses tugas akhir selanjutnya dapat dilanjutkan.

3.8 Pengujian Kadar Minyak dalam Air

Dalam tahap ini dilakukan eksperimen dari alat yang telah dibuat. Hasil dari eksperimen ini akan diuji di laboratorium. Pengujian kadar minyak dalam air pada *Oily Water Separator* dilakukan dengan cara membawa hasil sample yang dihasilkan oleh alat yang telah dibuat ke laboratorium Teknik Lingkungan ITS.

3.9 Analisa Data

Pada tahap ini dilakukan analisa data dari sistem Distilasi pada *Oily Water Separator* yang telah dibuat. Data yang dihasilkan berupa kandungan minyak dalam air, kapasitas yang dihasilkan dari sebuah alat, dan waktu yang dibutuhkan dalam memanaskan *Oily Water Separator*.

3.10 Kesimpulan dan Saran

Pada tahap ini adalah langkah terakhir dalam pembuatan tugas akhir. Pembuatan kesimpulan secara keseluruhan tentang proses yang telah dilakukan sebelumnya serta memberikan jawaban atas permasalahan yang ada. Saran – saran diberikan berdasarkan hasil dari analisis yang telah didapat sehingga menjadikan dasar pada penelitian selanjutnya, baik secara langsung kepada penelitian ini maupun pada data–data dan metodologi yang nantinya akan direferensi.

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Perhitungan panas yang dibutuhkan

Pada distilasi dibutuhkan panas untuk memisahkan suatu fluida berdasarkan titik didih dari fluida tersebut. Maka dari itu dibutuhkan perhitungan panas yang dibutuhkan agar tercapai suhu yang dibutuhkan untuk mencapai titik didih suatu fluida. Perhitungan panas yang dibutuhkan untuk memanaskan oily water ialah sebagai berikut :

$$Q = m \cdot C_p \cdot \Delta T$$

Karena fluida yang dipanaskan berupa campuran air, solar, dan minyak, maka :

$$Q = m_1 \times C_1 \times \Delta T + m_2 \times C_2 \times \Delta T + m_3 \times C_3 \times \Delta T$$

Dimana :

m_1	= massa air	= 4 kg
m_2	= Massa Oil	= 1,5 kg
m_3	= Massa Solar	= 1,5 kg
C_1	= Panas Spesifik Air	= 3,93 kJ/kg.K
C_2	= Panas Spesifik Oil	= 1,67 kJ/kg.K
C_3	= Panas Spesifik Solar	= 2,09 kJ/kg.K
ΔT	= Perbedaan Temperatur Fluida	

Suhu yang dibutuhkan ialah 30 °C sampai 100 °C sehingga panas yang dihasilkan :

$$\begin{aligned}
 Q &= m_1 \times C_1 \times \Delta T + m_2 \times C_2 \times \Delta T + m_3 \times C_3 \times \Delta T \\
 Q &= 4 \times 3,93 \times (373 - 303) + 1,5 \times 1,67 \times (373 - 303) + 1,5 \times 2,09 \times (373 - 303) \\
 Q &= 1495,2 \text{ kJ}
 \end{aligned}$$

Waktu yang dibutuhkan untuk memanaskan fluida didalam distilasi ialah 3600 detik, sehingga daya yang dibutuhkan heater adalah

$$\begin{aligned}
 \dot{Q} &= \frac{Q}{\Delta T} \\
 \dot{Q} &= \frac{1495,2 \text{ kJ}}{3600 \text{ s}} \\
 \dot{Q} &= 0,415333 \text{ kJ/s} \\
 \dot{Q} &= 415,33 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

Sehingga daya yang dibutuhkan ialah 415,33 watt

4.2 Menghitung Heat Loss

Didalam tanki distilasi memiliki temperatur yang lebih tinggi dibandingkan dengan suhu lingkungan sehingga suhu didalam tanki mengalir keluar melewati dinding tanki. Suhu yang mengalir keluar melewati dinding tanki dinamakan heat loss. Panas yang keluar melewati dinding tanki dapat dihitung dengan :

Untuk dinding yang Vertikal

Prandl Number

Viskositas dinamik : 0,000267 kg/m.s
 Panas spesifik fluida : 4,216 kJ/kg. °C
 Thermal konduktiviti : 0,684 W/m. °C

$$Pr = \frac{C_p \mu}{k}$$

$$Pr = \frac{4,216 \times 0,000267}{0,684} = 1,646$$

Temperature Film

$$T_f = \frac{T_w + T_\infty}{2}$$

Dimana :

T_f = temperature Film

T_w = Suhu Fluida didalam tanki = 100 °C

T_∞ = suhu diluar tanki = 30 °C

Sehingga,

$$T_f = \frac{T_w + T_\infty}{2}$$

$$T_f = \frac{100 + 30}{2}$$

$$T_f = 65 \text{ °C}$$

Jadi temperatur film nya adalah 65 °C

Grashof Number

$$Gr_x = \frac{g\beta(T_w - T_\infty)x^3}{\nu^2}$$

Gr_x = grafitasi bumi = 9,81 m/s²

β = coefficient expansi = 0,0029586

x^3 = tinggi kaleng = 0,348 m

ν = viskositas dinamis = 0,0000216 m²/s

T_w = suhu fluida didalam tanki = 100 °C

T_∞ = suhu fluida diluar tanki = 30 °C

Sehingga

$$Gr_x = \frac{g\beta(T_w - T_\infty)x^3}{\nu^2}$$

$$Gr_x = \frac{9,81 \times 0,00295858 \times (100 - 30) \times 0,35^3}{0,0000216^2}$$

$$Gr_x = 183518806,7$$

Jadi Grashof number nya adalah 183518806,7

Rayleigh Number

$$Ra = Gr \times Pr$$

$$Ra = 183518806,7 \times 1,646$$

$$Ra = 3,02 \times 10^8$$

Nusselt Number

$$\overline{Nu} = 0,68 + \frac{0,670 Ra^{1/4}}{[1 + (0,492/Pr)^{9/16}]^{4/9}} \quad \text{untuk } Ra_L < 10^9$$

$$\overline{Nu} = 0,825 + \frac{0,387 Ra^{1/6}}{[1 + (0,492/Pr)^{9/16}]^{8/27}} \quad \text{untuk } 10^{-1} < Ra_L < 10^{12}$$

Karena nilai Ra = $1,44 \times 10^8$, sehingga

$$\overline{Nu} = 0,68 + \frac{0,670 Ra^{1/4}}{[1 + (0,492/Pr)^{9/16}]^{4/9}}$$

$$\overline{Nu} = 0,68 + \frac{0,670 (3,02 \times 10^8)^{1/4}}{[1 + (\frac{0,492}{1,646})^{9/16}]^{4/9}}$$

$$\overline{Nu} = 51,46$$

Sehingga

$$\overline{Nu}_1 = \frac{h_1 x}{k}$$

$$h_1 = \frac{\overline{Nu}_1 \cdot k}{x}$$

$$h_1 = \frac{51,46 \times 0,684}{0,35}$$

$$h_1 = 101,1414$$

Untuk mendapatkan h_2

Prandl Number

Viskositas dinamik : 0,000018462 kg/m.s

Panas spesifik fluida : 1,0057 kJ/kg. °C

Thermal konduktiviti : 0,02624 W/m. °C

$$Pr = \frac{C_p \mu}{k}$$

$$Pr = \frac{1,0057 \times 1000 \times 1,84}{0,02624} = 0,707$$

Temperature Film

$$T_f = \frac{T_\omega + T_\infty}{2}$$

Dimana :

T_f = temperature Film

T_ω = Suhu Fluida didalam tanki = 100 °C

T_∞ = suhu diluar tanki = 30 °C

Sehingga,

$$T_f = \frac{T_\omega + T_\infty}{2}$$

$$T_f = \frac{100 + 30}{2}$$

$$T_f = 65 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Jadi temperatur film nya adalah 65 °C

Grashof Number

$$Gr_x = \frac{g\beta(T_\omega - T_\infty)x^3}{\nu^2}$$

Gr_x = grafitasi bumi = 9,81 m/s²

β = coefficien expansi = 0,0029586

x^3 = tinggi kaleng = 0,348 m

ν = viskositas dinamis = 0,00001569 m²/s

T_ω = suhu fluida didalam tanki = 100 °C

T_∞ = suhu fluida diluar tanki = 30 °C

Sehingga

$$Gr_x = \frac{g\beta(T_\omega - T_\infty)x^3}{\nu^2}$$

$$Gr_x = \frac{9,81 \times 0,0029586 \times (100 - 30) \times 0,35^3}{0,00001569^2}$$

$$Gr_x = 3,48 \times 10^8$$

Jadi Grashof number nya adalah

$$Gr_x = 3,48 \times 10^8$$

Rayleigh Number

$$Ra = Gr \times Pr$$

$$Ra = 3,48 \times 10^8 \times 0,7076$$

$$Ra = 2,461 \times 10^8$$

Nusselt Number

$$\overline{Nu} = 0,68 + \frac{0,670 Ra^{1/4}}{[1+(0,492/Pr)^{9/16}]^{4/9}} \quad \text{untuk } Ra_L < 10^9$$

$$\overline{Nu} = 0,825 + \frac{0,387 Ra^{1/6}}{[1+(0,492/Pr)^{9/16}]^{8/27}} \quad \text{untuk } 10^{-1} < Ra_L < 10^{12}$$

Karena $Ra = 2,461 \times 10^8$ nilai, sehingga

$$\overline{Nu} = 0,68 + \frac{0,670 Ra^{1/4}}{[1 + (0,492/Pr)^{9/16}]^{4/9}}$$

$$\overline{Nu} = 0,68 + \frac{0,670 (2,461 \times 10^8)^{1/4}}{[1 + (\frac{0,492}{0,7076})^{9/16}]^{4/9}}$$

$$\overline{Nu} = 44,544$$

Sehingga

$$\overline{Nu}_2 = \frac{h_1 x}{k}$$

$$h_2 = \frac{\overline{Nu}_1 \cdot k}{x}$$

$$h_2 = \frac{44,544 \times 0,02624}{0,35}$$

$$h_2 = 3,359$$

Karena tanki memiliki 4 dinding vertikal sehingga dan tanki memiliki tinggi 0,348 m dan 0,235 m. Sehingga,

$$4 A = 4 \times (0,348 \times 0,235)$$

$$4 A = 0,32712 \text{ m}^2$$

Untuk Heat Loss yang terjadi pada dinding vertikal ialah

$$R_{total} = \frac{1}{h_1 A} + \frac{1}{kA} + \frac{1}{h_2 A}$$

$$R_{total} = \frac{1}{101,1 \times 0,32712} + \frac{1}{387 \times 0,32712} + \frac{1}{3,36 \times 0,32712}$$

$$R_{total} = 0,95$$

Sehingga

$$\dot{Q} = \frac{T_{\infty} - T_{\infty 2}}{R_{total}}$$

$$\dot{Q} = \frac{100 - 30}{0,95} = 73,83 \text{ Watt}$$

Sehingga heat loss yang dikeluarkan oleh dinding kaleng sebesar 73,83 watt

Untuk dinding yang horizontal

Prandl Number

Viskositas dinamik	: 0,000267	kg/m.s
Panas spesifik fluida	: 4,216	kJ/kg. °C
Thermal konduktiviti	: 0,684	W/m. °C

$$Pr = \frac{C_p \mu}{k}$$

$$Pr = \frac{4,216 \times 0,000267}{0,684} = 1,65$$

Temperature Film

$$T_f = \frac{T_w + T_\infty}{2}$$

Dimana :

T_f	= temperature Film	
T_w	= Suhu Fluida didalam tanki	= 100 °C
T_∞	= suhu diluar tanki	= 30 °C

Sehingga,

$$T_f = \frac{T_w + T_\infty}{2}$$

$$T_f = \frac{100 + 30}{2}$$

$$T_f = 65 \text{ °C}$$

Jadi temperatur film nya adalah 65 °C

Grashof Number

$$Gr_x = \frac{g\beta(T_w - T_\infty)L^3}{\nu^2}$$

Gr_x	= grafitasi bumi	= 9,81	m/s ²
β	= coefficien ekspansi	= 0,0029586	
L^3	= karakteristik dimensi	= 0,1175	m
ν	= viskositas dinamis	= 0,0000216	m ² /s
T_w	= suhu fluida didalam tanki	= 100	°C
T_∞	= suhu fluida diluar tanki	= 30	°C

Sehingga

$$Gr_x = \frac{g\beta(T_w - T_\infty)x^3}{\nu^2}$$

$$Gr_x = \frac{9,81 \times 0,00295858 \times (100 - 30) \times 0,1175^3}{0,0000216^2}$$

$$Gr_x = 7064093,593$$

Jadi Grashof number nya adalah 7064093,593

Rayleigh Number

$$Ra = Gr \times Pr$$

$$Ra = 70644093,593 \times 1,65$$

$$Ra = 1,163 \times 10^7$$

Nusselt Number

$$\overline{Nu} = 0,16(Gr_L \times Pr)^{1/3} \quad \text{untuk } 2 \times 10^8 < Gr_L Pr < 10^{11}$$

$$\overline{Nu} = 0,58(Gr_L \times Pr)^{1/5} \quad \text{untuk } 10^6 < Ra_L < 10^{11}$$

Karena nilai $Ra = 1,163 \times 10^7$, sehingga

$$\overline{Nu} = 0,58(1,163 \times 10^7)^{1/5}$$

$$\overline{Nu} = 15,0145$$

Sehingga

$$\overline{Nu}_1 = \frac{h_1 L}{k}$$

$$h_1 = \frac{\overline{Nu}_1 \cdot k}{L}$$

$$h_1 = \frac{15,0145 \times 0,684}{0,1175}$$

$$h_1 = 87,403$$

Untuk mendapatkan h_2

Prandl Number

Viskositas dinamik : 0,000018462 kg/m.s

Panas spesifik fluida : 1,0057 kJ/kg. °C

Thermal conductivity : 0,02624 W/m. °C

$$Pr = \frac{C_p \mu}{k}$$

$$Pr = \frac{1,0057 \times 1000 \times 1,84}{0,02624} = 0,708$$

Temperature Film

$$T_f = \frac{T_\omega + T_\infty}{2}$$

Dimana :

T_f = temperature Film

T_ω = Suhu Fluida didalam tanki = 100 °C

T_∞ = suhu diluar tanki = 30 °C

Sehingga,

$$T_f = \frac{T_\omega + T_\infty}{2}$$

$$T_f = \frac{100 + 30}{2}$$

$$T_f = 65 \text{ }^\circ\text{C}$$

Jadi temperatur film nya adalah $65 \text{ }^\circ\text{C}$

Grashof Number

$$Gr_x = \frac{g\beta(T_\omega - T_\infty)L^3}{\nu^2}$$

$$Gr_x = \text{grafitasi bumi} = 9,81 \quad \text{m/s}^2$$

$$\beta = \text{coefficien expansi} = 0,0029586$$

$$L = \text{tinggi kaleng} = 0,1175 \quad \text{m}$$

$$\nu = \text{viskositas dinamis} = 0,00001569 \quad \text{m}^2/\text{s}$$

$$T_\omega = \text{suhu fluida didalam tanki} = 100 \quad \text{}^\circ\text{C}$$

$$T_\infty = \text{suhu fluida diluar tanki} = 30 \quad \text{}^\circ\text{C}$$

Sehingga

$$Gr_x = \frac{g\beta(T_\omega - T_\infty)L^3}{\nu^2}$$

$$Gr_x = \frac{9,81 \times 0,0029586 \times (100 - 30) \times 0,1175^3}{0,00001569^2}$$

$$Gr_x = 1,34 \times 10^7$$

Jadi Grashof number nya adalah

$$Gr_x = 1,34 \times 10^7$$

Rayleigh Number

$$Ra = Gr \times Pr$$

$$Ra = 1,34 \times 10^7 \times 0,708$$

$$Ra = 9,47 \times 10^6$$

Nusselt Number

$$\overline{Nu} = 0,16(Gr_L \times Pr)^{1/3} \quad \text{untuk } 2 \times 10^8 < Gr_L Pr < 10^{11}$$

$$\overline{Nu} = 0,58(Gr_L \times Pr)^{1/5} \quad \text{untuk } 10^6 < Ra_L < 10^{11}$$

Karena $Ra = 9,47 \times 10^6$ nilai, sehingga

$$\overline{Nu} = 0,58(Gr_L \times Pr)^{1/5}$$

$$\overline{Nu} = 14,41$$

Sehingga

$$\overline{Nu}_2 = \frac{h_2 x}{k}$$

$$h_2 = \frac{\overline{Nu}_2 \cdot k}{x}$$

$$h_2 = \frac{14,41 \times 0,02624}{0,1175}$$

$$h_2 = 3,218$$

Karena tanki memiliki 2 dinding horizontal dan tanki memiliki panjang 0,235 m dan lebar 0,235 m. Sehingga,

$$2L = 2 \times 0,1175$$

$$2A = 0,1104 \text{ m}^2$$

Untuk Heat Loss yang terjadi pada dinding vertikal ialah

$$R_{total} = \frac{1}{h_1 A} + \frac{1}{kA} + \frac{1}{h_2 A}$$

$$R_{total} = \frac{1}{87,403 \times 0,1104} + \frac{1}{387 \times 0,1104} + \frac{1}{3,218 \times 0,1104}$$

$$R_{total} = 2,94$$

Sehingga

$$\dot{Q} = \frac{T_{\infty} - T_{\infty 2}}{R_{total}}$$

$$\dot{Q} = \frac{100 - 30}{2,94} = 23,81 \text{ Watt}$$

Sehingga heat loss yang dikeluarkan oleh dinding kaleng sebesar 23,81 watt

Sehingga Heat Loss yang terjadi pada kaleng adalah

$$\dot{Q} = \dot{Q}_{vertikal} + \dot{Q}_{horizontal}$$

$$\dot{Q} = 73,83 + 23,805$$

$$\dot{Q} = 97,635$$

Sehingga daya yang dibutuhkan untuk memanaskan oily water adalah

$$\dot{Q}_{total} = \dot{Q} + \dot{Q}_{heatloss}$$

$$\dot{Q} = 415,33 + 97,632 = 512,962 \text{ watt}$$

4.3 Pembuatan prototype alat Oily Water Separator berbasis Distilasi

Setelah melakukan perhitungan daya yang dibutuhkan sebagai sumber panas, maka dilakukan pembuatan prototype alat distilasi sederhana untuk memisahkan air dengan oli. Langkah dalam pembuatan prototype alat *Oily Water Separator berbasis Distilasi* ialah sebagai berikut :

1. Tangki yang berbahan dasar kaleng dilubangi menggunakan bor untuk pemasangan heater.

2. Pada bagian atas tangki dilakukan pemotongan yang nantinya akan di tutup dengan bahan seng berbentuk kerucut
 3. Buat bagian penutup menggunakan bahan dasar seng sehingga berbentuk kerucut
 4. Letakkan selang atau pipa pada bagian atas kerucut.
 5. Beri lubang pada bagian kerucut sebagai tempat termometer.
 6. Hubungkan pipa atau selang dengan kondensor.
 7. Hubungkan selang air pendingin kondensor dengan pompa pendingin pada kondensor.
 8. Hubungkan kondensor dengan gelas ukur menggunakan pipa atau selang untuk menampung hasil dari kondensasi kondensor.
- Setelah pembuatan prototype selesai, lakukan beberapa percobaan seperti tes kebocoran pada tanki, dan apakah suhu yang diinginkan sudah tercapai. Jika sudah tercapai, maka dapat dilakukan pengujian dan pengambilan data praktikum.

4.4 Pengujian dan Pengambilan Data Praktikum

Pengujian dan pengambilan data praktikum dilakukan guna mengetahui seberapa besar kapasitas yang dihasilkan oleh prototype yang telah dibuat.

4.4.1 Pengujian prototype

Pada proses pengujian prototype, hal pertama yang dilakukan ialah membuat sludge dari *Oily Water Separator*. Sludge dibuat dengan komposisi air sebanyak 4 L, solar 1,5 L, dan Oli 1,5 L. Komposisi sludge sama pada setiap langkah percobaan yang akan dilakukan. Setelah itu sludge dimasukkan kedalam tanki Distilasi dan dihubungkan dengan kondensor menggunakan selang. Kemudian dilakukan pengujian distilasi dengan daya heater 500 W pada percobaan pertama, daya heater 1000 W pada percobaan kedua, dan daya heater 1500 W pada percobaan ketiga.

4.4.2 Pengambilan data praktikum

Proses pengambilan data praktikum dilakukan untuk mengetahui berapa kapasitas yang dihasilkan oleh prototype yang telah dibuat. Pada proses ini, data yang diambil pada saat percobaan ialah volume yang dihasilkan, waktu selama proses percobaan berlangsung, suhu sludge sebelum dilakukan proses distilasi, suhu didalam tanki distilasi saat proses berlangsung, dan suhu air dari hasil distilasi selama proses percobaan berlangsung. Berikut ini adalah merupakan hasil dari pengambilan data praktikum yang telah dilakukan sebagai berikut:

Pada percobaan 1 dengan daya 500 W

Volume awal sludge	7	L
Volume hasil Distilasi	114	mL
Waktu pemanasan	3.600	Detik
Kadar minyak dalam air setelah distilasi	30.770	mg/L
Kadar minyak dalam air sebelum distilasi	335.920	mg/L

Tabel 4.4.2.1. Data percobaan dengan daya 500 W

Pada percobaan 2 dengan daya 1000 W

Volume awal sludge	7	L
Volume hasil Distilasi	434	mL
Waktu pemanasan	3.600	Detik
Kadar Minyak dalam Air hasil Distilasi	2.390	mg/L
Kadar minyak dalam air sebelum distilasi	335.920	mg/L

Tabel 4.4.2.2. Data percobaan dengan daya 1000 W

Pada percobaan 3 dengan daya 1500 W

Volume awal sludge	7	L
Volume hasil Distilasi	550	mL
Waktu pemanasan	3.600	Detik
Kadar Minyak dalam Air	1.640	mg/L
Kadar minyak dalam air sebelum distilasi	335.920	mg/L

Tabel 4.4.2.3. Data percobaan dengan daya 1500 W

Berikut merupakan gambar hasil dari distilasi yang telah dilakukan sebagai berikut:
Percobaan dengan daya 500 W



Gambar 4.4.2.1. Hasil percobaan dengan daya 500 W

Percobaan dengan daya 1000 W



Gambar 4.4.2.2. Hasil percobaan dengan daya 1000 W

Percobaan dengan daya 1500 W



Gambar 4.4.2.3. Hasil Percobaan dengan daya 1500 W

Setelah melakukan pengambilan data praktikum, akan dilakukan analisa data praktikum serta pembahasannya. Hal ini dilakukan untuk melakukan pembuktian apakah hipotesa sebelum melakukan percobaan dapat diterapkan pada sistem *Oily Water Separator* berbasis Distilasi atau tidak.

4.5 Analisa dan Pembahasan data percobaan

Analisa data praktikum dilakukan untuk mengetahui seberapa besar kadar minyak dalam air yang dihasilkan dalam proses distilasi, seberapa efektif proses distilasi dalam

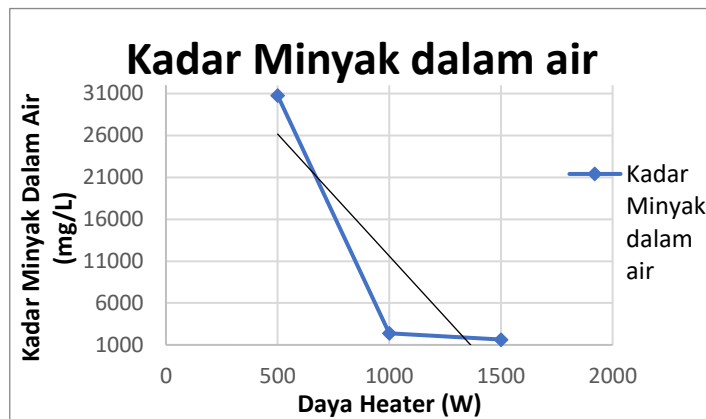
mengurangi kadar minyak didalam air, dan seberapa besar volume yang dihasilkan dalam proses distilasi. Dan juga terdapat perhitungan besarnya flowrate yang dihasilkan oleh prototype yang telah dibuat.

4.5.1 Kadar minyak dalam air yang dihasilkan dalam proses Distilasi.

Kadar minyak dalam air yang dihasilkan dalam proses distilasi ialah tertera pada tabel berikut :

Percobaan	Kadar Minyak dalam air (mg/L)
Percobaan 1 (500 W)	30.770
Percobaan 2 (1000 W)	2.390
Percobaan 3 (1500 W)	1.640

Tabel 4.5.1. Kadar minyak dalam air



Grafik 4.5.1. Kadar Minyak dalam air

Jika dilihat dari grafik diatas, daya heater yang digunakan berpengaruh terhadap kadar minyak didalam air yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan semakin besarnya daya yang digunakan, maka semakin meningkat suhu didalam tanki distilasi dengan waktu yang konstan. Didalam oli dan solar terdapat rantai hidrokarbon yang memiliki titik didih berbeda disetiap ikatannya. Sehingga dengan daya heater yang semakin besar, suhu didalam tanki meningkat menyebabkan menguapnya hidrokarbon yang memiliki titik didih dibawah 100 °C. Pada saat praktikum dilakukan, pada saat percobaan dengan daya 500 W, asap yang keluar dari dalam distilasi tidak sebanyak percobaan dengan daya 1500 W. Hal ini dimungkinkan dengan teruapnya ikatan hidrokarbon yang tidak dapat terkondensasi oleh kondensor sehingga kadar minyak yang dihasilkan pada proses distilasi berkurang dengan adanya penambahan daya heater yang digunakan.

4.5.2 Efisiensi pada hasil distilasi prototype

Sludge pada setiap percobaan memiliki komposisi yang terdiri dari 4 L air, 1,5 L oli bekas, dan 1,5 L solar. Sludge ini memiliki kandungan minyak dalam air sebesar 335.920 mg/L sebelum dilakukan proses distilasi. Setelah dilakukan proses distilasi, kandungan minyak dalam air disetiap daya heater yang digunakan adalah sebagai berikut:

	Kadar minyak dalam air (mg/L)	Persentase terhadap Sludge	Penurunan setelah distilasi (%)
Sludge	335.920	100 %	0
Percobaan 1 (500 W)	30.770	9,15 %	90,84
Percobaan 2 (1000 W)	2.390	0,72 %	99,28
Percobaan 3 (1500 W)	1.640	0,49 %	99,51

Tabel 4.5.2. Efisiensi setelah proses distilasi

Dari tabel diatas, terlihat bahwa pemisahan antara air dengan minyak cukup efektif menggunakan metode distilasi. Pada percobaan pertama didapatkan hasil kadar minyak didalam air sebesar 30.770 mg/L (ppm) dari 335.920 mg/L (ppm) atau mengalami penurunan hingga 90,84 %. Pada percobaan kedua didapatkan hasil kadar minyak dalam air sebesar 2.390 mg/L (ppm) atau turun sebesar 99,28 %. Pada percobaan ketiga didapatkan hasil kadar minyak didalam air sebesar 1.640 mg/L (ppm) atau turun sebesar 99,512%. Namun dikarenakan peraturan *marine pollution* mengenai limbah yang diijinkan untuk dibuang sebesar 15 mg/L (ppm), metode ini kurang efektif dikarenakan hasil yang didapat masih 1.640 mg/L (ppm) sehingga perlu dilakukan treatment lagi setelah proses distilasi agar menghasilkan kadar minyak dalam air kurang dari 15 ppm.

Hal lain yang menyebabkan kadar minyak dalam air masih terlalu besar dengan peraturan *marine pollution* adalah terlalu besar kandungan minyak dalam air sebelum proses distilasi. Dengan komposisi minyak dalam air sebesar 1,5 L solar, 1,5 L oli, dan 4 L air dengan begitu jumlah minyak sebanyak 3 L sedangkan jumlah air sebanyak 4 L. Persentasenya ialah 42,86 % minyak dan 57,14 air sehingga hasil distilasi belum mampu memenuhi peraturan telah ditetapkan.

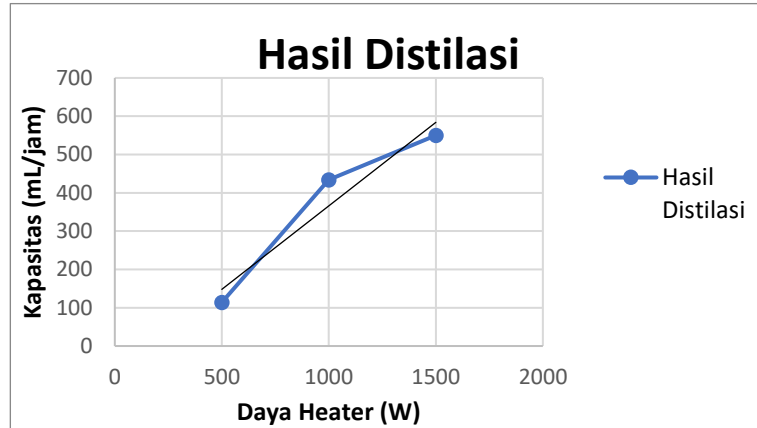
4.5.3 Kapasitas yang dihasilkan dari model prototype.

Kapasitas yang dihasilkan oleh prototype yang dirancang selama proses distilasi dalam waktu selama 1 jam adalah sebagai berikut:

Percobaan	Kapasitas (mL / jam)
Percobaan 1 (500 W)	114 mL / jam
Percobaan 2 (1000 W)	434 mL / jam
Percobaan 3 (1500 W)	550 mL / jam

Tabel 4.5.3. Kapasitas yang dihasilkan dari prototype

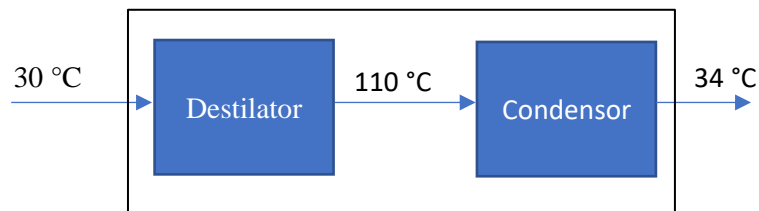
Berikut merupakan grafik dari kapasitas yang dihasilkan oleh prototype,



Grafik 4.5.3. Volume yang dihasilkan pada proses distilasi

Dari grafik diatas, dapat di simpulkan bahwa semakin besar daya heater yang digunakan, maka semakin besar volume yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan semakin besar daya yang digunakan, semakin besar juga kalor yang di lepaskan oleh heater sehingga mempercepat kenaikan suhu dengan waktu yang konstan.

4.5.4 Perhitungan Flowrate Pada Daya 500 W



Menghitung Flowrate berdasarkan persamaan keseimbangan energi

$$\dot{m}(\Delta H) = \dot{Q} - \dot{W}$$

$$\dot{m} = \frac{\dot{Q} - \dot{W}}{\Delta H}$$

Mencari ΔH

Panas Spesifik Oli	= 1,67 kJ/kg K
Panas Spesifik Solar	= 2,09 kJ/kg K
Panas Spesifik Air	= 4,181 kJ/kg K
Suhu awal Sludge	= 30 °C
Suhu hasil Distilasi	= 34 °C
Suhu Distilasi	= 110 °C
Suhu Udara sekitar	= 25 °C

$$\Delta H = C_p(\Delta T)$$

$$\Delta H = (C_{p \text{ air } 1} \times \Delta T_{\text{air } 1} - C_{p \text{ air } 2} \times \Delta T_{\text{air } 2}) + (C_{p \text{ solar}} \times \Delta T_{\text{solar}}) + (C_{p \text{ oli}} \times \Delta T_{\text{oli}})$$

$$\Delta H = \left((4,181 \times (303 - 298)) - (4,181 \times (307 - 298)) \right) + (2,09 \times (383 - 303)) + (1,67 \times (383 - 303))$$

$$\Delta H = 284,076 \text{ kJ/kg}$$

Mencari \dot{m}

$$Q_h = 0,5 \text{ kW}$$

$$Q_{\text{Loss}} = 0,087 \text{ kW}$$

$$Q_{\text{Loss}} = 0,028 \text{ kW}$$

$$W = 0,39 \text{ kW}$$

Sehingga,

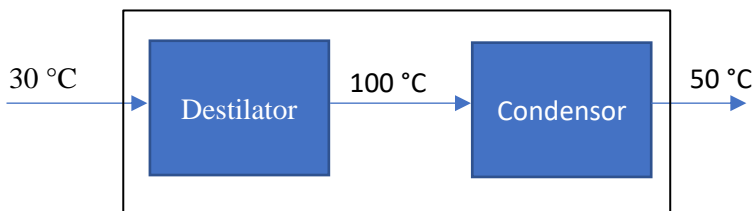
$$\dot{m} = \frac{\dot{Q} - \dot{W}}{\Delta H}$$

$$\dot{m} = \frac{0,5 - 0,39}{284,076}$$

$$\dot{m} = 0,000404 \text{ kg/s}$$

$$\dot{m} = 1,4544 \text{ kg/h}$$

Pada Daya 1000 W



Menghitung Flowrate berdasarkan persamaan keseimbangan energi

$$\dot{m}(\Delta H) = \dot{Q} - \dot{W}$$

$$\dot{m} = \frac{\dot{Q} - \dot{W}}{\Delta H}$$

Mencari ΔH

$$\text{Panas Spesifik Oli} = 1,67 \text{ kJ/kg K}$$

$$\text{Panas Spesifik Solar} = 2,09 \text{ kJ/kg K}$$

$$\text{Panas Spesifik Air} = 4,181 \text{ kJ/kg K}$$

$$\text{Suhu awal Sludge} = 30 \text{ °C}$$

$$\text{Suhu hasil Distilasi} = 50 \text{ °C}$$

$$\text{Suhu Distilasi} = 100 \text{ °C}$$

$$\text{Suhu Udara sekitar} = 25 \text{ °C}$$

$$\Delta H = C_p(\Delta T)$$

$$\Delta H = (C_{p \text{ air } 1} \times \Delta T_{\text{air } 1} - C_{p \text{ air } 2} \times \Delta T_{\text{air } 2}) + (C_{p \text{ solar}} \times \Delta T_{\text{solar}}) + (C_{p \text{ oli}} \times \Delta T_{\text{oli}})$$

$$\Delta H = \left((4,181 \times (303 - 298)) - (4,181 \times (323 - 298)) \right) + (2,09 \times (373 - 303)) + (1,67 \times (373 - 303))$$

$$\Delta H = 179,58 \text{ kJ/kg}$$

Mencari \dot{m}

$$Q_h = 1 \text{ kW}$$

$$Q_{\text{Loss}} = 0,074 \text{ kW}$$

$$Q_{\text{Loss}} = 0,027 \text{ kW}$$

$$W = 0,898 \text{ kW}$$

Sehingga,

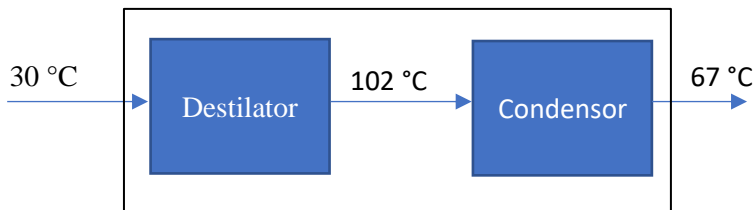
$$\dot{m} = \frac{\dot{Q} - \dot{W}}{\Delta H}$$

$$\dot{m} = \frac{1 - 0,898}{179,57}$$

$$\dot{m} = 0,00057 \text{ kg/s}$$

$$\dot{m} = 2,052 \text{ kg/h}$$

Pada Daya 1500 W



Menghitung Flowrate berdasarkan persamaan keseimbangan energi

$$\dot{m}(\Delta H) = \dot{Q} - \dot{W}$$

$$\dot{m} = \frac{\dot{Q} - \dot{W}}{\Delta H}$$

Mencari ΔH

$$\text{Panas Spesifik Oli} = 1,67 \text{ kJ/kg K}$$

$$\text{Panas Spesifik Solar} = 2,09 \text{ kJ/kg K}$$

$$\text{Panas Spesifik Air} = 4,181 \text{ kJ/kg K}$$

$$\text{Suhu awal Sludge} = 30 \text{ °C}$$

$$\text{Suhu hasil Distilasi} = 67 \text{ °C}$$

$$\text{Suhu Distilasi} = 102 \text{ °C}$$

$$\text{Suhu Udara sekitar} = 25 \text{ °C}$$

$$\Delta H = C_p(\Delta T)$$

$$\Delta H = (C_{p \text{ air } 1} \times \Delta T_{\text{air } 1} - C_{p \text{ air } 2} \times \Delta T_{\text{air } 2}) + (C_{p \text{ solar}} \times \Delta T_{\text{solar}}) + (C_{p \text{ oli}} \times \Delta T_{\text{oli}})$$

$$\Delta H = ((4,181 \times (303 - 298)) - (4,181 \times (338 - 298))) + (2,09 \times (375 - 303)) + (1,67 \times (375 - 303))$$

$$\Delta H = 124,385 \text{ kJ/kg}$$

Mencari \dot{m}

$$Q_h = 1,5 \text{ kW}$$

$$Q_{\text{Loss}} = 0,0764 \text{ kW}$$

$$Q_{\text{Loss}} = 0,025 \quad \text{kW}$$

$$W = 1,39897 \quad \text{kW}$$

Sehingga,

$$\dot{m} = \frac{\dot{Q} - \dot{W}}{\Delta H}$$

$$\dot{m} = \frac{1500 - 1398,97}{124,385}$$

$$\dot{m} = 0,000812 \text{ kg/s}$$

$$\dot{m} = 2,923 \text{ kg/h}$$

4.5.5 Rekomendasi untuk mengurangi kadar minyak didalam air

Pada umumnya, untuk memproses suatu limbah cair dibutuhkan dua kali proses pengolahan limbah hingga menghasilkan limbah yang dapat diterima oleh lingkungan. Pada penelitian ini, proses distilasi telah menurunkan kadar minyak dalam air hingga 99,512% atau 1.640 ppm dari 335.920 ppm. Maka diperlukan proses penurunan kadar minyak dalam air lebih lanjut untuk mencapai kadar minyak dalam air sebesar 15 ppm. Maka dari itu, direkomendasikan menggunakan metode flotasi untuk mengurangi kadar minyak dalam air lebih lanjut. Flotasi sering digunakan pada industri-industri yang memiliki kandungan minyak didalam limbahnya. Flotasi dapat mengurangi kadar minyak dalam air hingga 98,8 %. Cara kerja flotasi ialah dengan memasukkan udara didalam cairan limbah. Dengan ini diharapkan kadar minyak dalam air dapat berkurang seiring ditambahkan metode flotasi dalam mengurangi kadar minyak dalam air.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil data praktikum dan analisa data praktikum yang telah dilakukan dengan tujuan menguji kadar minyak didalam air dengan metode distilasi, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Desain Sistem *Oily Water Separator* (OWS) berbasis Distilasi dikembangkan dengan menggunakan sumber panas sebagai metode pemisah antara minyak yang berada dikamar mesin dengan air. Desain ini dibuat dengan menambahkan tanki distilasi dan kondensor sebagai pengganti alat *Oily Water Separator* (OWS) yang telah ada.
2. Dalam pembuatan prototype *Oily Water Separator* (OWS) berbasis Distilasi membutuhkan daya heater sebagai sumber panas sebesar 500 watt, dan peralatan yang digunakan dalam pembuatan prototype ialah tanki distilasi berbahan kaleng, kondensor dengan panjang 50 cm, pompa pendingin kondensor, selang, termometer.
3. Dari data praktikum yang didapat bahwa alat *oily water separator* berbasis distilasi dapat mengurangi kadar minyak dalam air sebagai berikut :

	Kadar minyak dalam air (mg/L)	Persentase terhadap Sludge	Penurunan setelah distilasi (%)
Sludge	335.920	100 %	0
Percobaan 1 (500 W)	30.770	9,15 %	90,84
Percobaan 2 (1000 W)	2.390	0,72 %	99,28
Percobaan 3 (1500 W)	1.640	0,49 %	99,51

Tabel 5.1.2. Kadar Minyak Dalam Air

4. Prototype *Oily Water Separator* berbasis distilasi tidak dapat digunakan karena kadar minyak didalam air masih terlalu tinggi namun dapat digunakan sebagai pretreatment awal untuk mengurangi kadar minyak dalam air yang memiliki kandungan minyak lebih dari 100.000 ppm sehingga dapat dilakukan pretreatment lagi untuk mengurangi kadar minyak hasil dari distilasi


5.2 Saran

Berdasarkan analisa data praktikum yang telah dilakukan, beberapa saran diperlukan agar dapat dilanjutkan pada penelitian selanjutnya ialah sebagai berikut:

1. Untuk mengurangi kadar minyak dalam air hasil distilasi, dapat dilakukan proses flotasi dimana proses ini merupakan salah satu metode untuk memisahkan minyak dengan air.
2. Prototype yang dibuat lebih baik menggunakan plat baja tipis agar mudah dilas dan tidak mudah bocor.
3. Lebih diperhatikan mekanisme secara detail disetiap pengambilan data praktikum dan prototype yang dibuat pada alat *oily water separator* ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Agency, U. S. E. P., 2011. *Oily Bilgewater Separator*. Washington, DC: EPA technical.
- Bashendra, Z. I., 2014. *Diponegoro University*. [Online]
Available at: <http://eprints.undip.ac.id/44867/>
[Diakses 11 February 2017].
- Cahyani, M. F. & Ariana, I. M., 2011. Rancang Bangun Bilge Oily Water Separator Berbasis Elektrokimia. *ITS-Undergraduate-17725-4207100043-paper*.
- Dudung, 2016. *Dosen Pendidikan*. [Online]
Available at: <http://www.dosenpendidikan.com/pengertian-dan-macam-jenis-serta-efektifitas-distilasi-dalam-ilmu-pendidikan-ipa/>
[Diakses 11 February 2017].
- Febriani, Y., 2015. Distilasi Membran dalam Pengolahan Air dan Limbah. *Membran Distilasi dalam Pengolahan Air dan Limbah*, Volume 5-11, p. 3.
- Handi, A., 2016. *Pengolahan Minyak Bumi*. [Online]
Available at: <http://edukasi.handy.co.id/kimia/pengolahan-minyak-bumi/>
[Diakses 12 Februari 2017].
- Hasannudin, 2015. *Kimia*. [Online]
Available at: <http://kimiadasar.com/kenaikan-titik-didih/>
[Diakses 12 February 2017].
- Holman, J. P., 2010. *Heat Transfer*. 10th penyunt. New York: mCGraw-Hill.
- IMO, 2015. *International Convention for the Prevention of Pollution from Ships*. s.l.:TOPCPRO.
- Jeffery, G., Basset, J., Mendham, J. & Denney, R. C., 1989. *Vogel's Textbook of Quantitative Chemical Analysis*. 5th penyunt. London: Longman Group UK.

LAMPIRAN

LABORATORIUM KUALITAS LINGKUNGAN
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER


KAMPUS ITS SUKOLOLO SURABAYA
TELEPON (031)5948866, FAX. (031)5926387

DATA ANALISA AIR

Dikirim Oleh : Sdr. Rama
Dikirim Tanggal : 05 Juni 2017
Sampel Dari : Air Limbah

Sampel	Hasil Analisis Minyak (mg/L)
1500 watt	1.640,00
1000 watt	2.390,00
500 watt	30.770,00
Sludge	335.920,00
Metode Analisa	Gravimetri

Surabaya, 13 Juni 2017
Kepala Laboratorium Kualitas Lingkungan
Departemen Teknik Lingkungan FTSP ITS



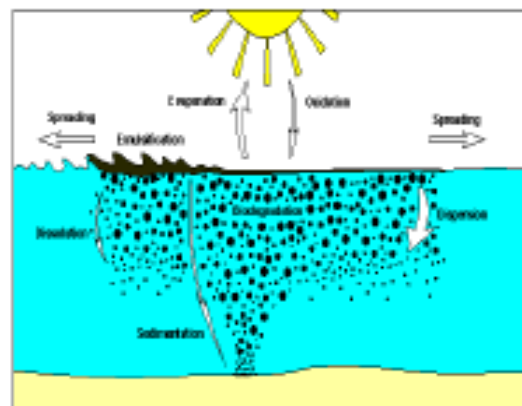
Catatan :
- Laporan ini dibuat untuk cuplikan air yang diterima laboratorium kami

Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, MSc.
NIP. 195501281985032001

MARPOL 73/78 Annex I**Regulations for the prevention of Pollution by Oil from ships****Entered into force on 2 October 1983****Revised Annex I entered into force 1 January 2007**

Waste oil generated in a ship originates from several systems, such as the sludge, slop, bilge, and ballast water system. The input of oil to the sea from ship operations is due to illegal and legal discharges. Generally, ship generated oily waste can either be delivered to shore, incinerated onboard, legally or/and illegally discharged to sea.

Oil tankers transport some 1,800 million tonnes of crude oil around the world by sea including 50 percent of U.S. oil imports (crude oil and refined products). Most of the time, oil is transported quietly and safely. Measures introduced by IMO have helped ensure that the majority of oil tankers are safely built and operated and are constructed to reduce the amount of oil spilled in the event of an accident. Operational pollution, such as from routine tank cleaning operations, has also been cut.

Behaviour of Oil at Sea

The effects of oil on marine life, are caused by either the physical nature of the oil (physical contamination and smothering) or by its chemical components (toxic effects and accumulation leading to tainting). Marine life may also be affected by clean-up operations or indirectly through physical damage to the habitats in which plants and animals live. The main threat posed to living resources by the persistent residues of spilled oils and water-in-oil emulsions ("mousse") is one of physical smothering. The animals and plants most at risk are those that could come into contact with a contaminated sea surface. Marine mammals and reptiles; birds that feed by diving or form flocks on the sea; marine life on shorelines; and animals and plants in mariculture facilities. The most toxic components in oil

tend to be those lost rapidly through evaporation when oil is split. Because of this, lethal concentrations of toxic components leading to large scale mortalities of marine life are relatively rare, localised and short-lived. Sub-lethal effects that impair the ability of individual marine organisms to reproduce, grow, feed or perform other functions can be caused by prolonged exposure to a concentration of oil or oil components far lower than will cause death. Sedentary animals in shallow waters such as oysters, mussels and clams that routinely filter large volumes of seawater to extract food are especially likely to accumulate oil components. Whilst these components may not cause any immediate harm, their presence may render such animals unpalatable if they are consumed by man, due to the presence of an oily taste or smell. This is a temporary problem since the components causing the taint are lost (depurated) when normal conditions are restored.

REQUIREMENTS FOR MACHINERY SPACES OF ALL SHIPS**Control of Operational Discharge of Oil****1. Discharges outside special areas**

Any discharge into the sea of oil or oily mixtures from ships of 400 gross tonnage and above shall be prohibited except when all the following conditions are satisfied:

- .1 the ship is proceeding en route;
- .2 the oily mixture is processed through an oil filtering equipment meeting the requirements of this Annex;
- .3 the oil content of the effluent without dilution does not exceed 15 parts per million;
- .4 the oily mixture does not originate from cargo pump room bilges on oil tankers;
- .5 the oily mixture, in case of oil tankers, is not mixed with oil cargo residues.

2. Discharges in special areas

Any discharge into the sea of oil or oily mixtures from ships of 400 gross tonnage and above shall be prohibited except when all of the following conditions are satisfied:

- .1 the ship is proceeding en route;
- .2 the oily mixture is processed through an oil filtering equipment meeting the requirements of this Annex;
- .3 the oil content of the effluent without dilution does not exceed 15 parts per million;
- .4 the oily mixture does not originate from cargo pump room bilges on oil tankers;
- .5 the oily mixture, in case of oil tankers, is not mixed with oil cargo residues.

In respect of the Antarctic area, any discharge into the sea of oil or oily mixtures from any ship shall be prohibited.

Oil Filtering Equipment

Any ship of 400 gross tonnage and above shall be fitted with oil filtering equipment.

Oil filtering equipment shall be of a design approved by the Administration and shall be such as will ensure that any oily mixture discharged into the sea after passing through the system has an oil content not exceeding 15 parts per million. In addition, it shall be provided with alarm arrangement to indicate when this level cannot be maintained. The system shall also be provided with arrangements to ensure that any discharge of oily mixtures is automatically stopped when the oil content of the effluent exceeds 15 parts per million.

Oil Record Book, Part I - Machinery Space Operations

Every oil tanker of 150 gross tonnage and above and every ship of 400 gross tonnage and above other than an oil tanker shall be provided with an Oil Record Book Part I (Machinery Space Operations). The Oil Record Book, whether as a part of the ship's official log-book or otherwise, shall be in the form specified in this Annex.

The Oil Record Book Part I shall be completed on each occasion, on a tank-to-tank basis if appropriate, whenever any of the following machinery space operations takes place in the ship:

- .1 ballasting or cleaning of oil fuel tanks;
- .2 discharge of dirty ballast or cleaning water from oil fuel tanks;
- .3 collection and disposal of oil residues (sludge and other oil residues);
- .4 discharge overboard or disposal otherwise of bilge water which has accumulated in machinery spaces; and
- .5 bunkering of fuel or bulk lubricating oil.

The Oil Record Book Part I, shall be kept in such a place as to be readily available for inspection at all reasonable times and, except in the case of unmanned ships under tow, shall be kept on board the ship. It shall be preserved for a period of three years after the last entry has been made.

REQUIREMENTS FOR THE CARGO AREA OF OIL TANKERS

Control of Operational Discharge of Oil

1. Discharges outside special areas

Any discharge into the sea of oil or oily mixtures from the cargo area of an oil tanker, shall be prohibited except when all the following conditions are satisfied:

- .1 the tanker is not within a special area;
- .2 the tanker is more than 50 nautical miles from the nearest land;
- .3 the tanker is proceeding en route;
- .4 the instantaneous rate of discharge of oil content does not exceed 30 litres per nautical mile;
- .5 the total quantity of oil discharged into the sea does not exceed for tankers delivered on or before 31 December 1979 1/15,000 of the total quantity of the particular cargo of which the residue formed a part, and for tankers delivered after 31 December 1979 1/30,000 of the total quantity of the particular cargo of which the residue formed a part;
- .6 the tanker has in operation an oil discharge monitoring and control system and a slop tank arrangement as required by this Annex.

The provisions of this regulation shall not apply to the discharge of clean or segregated ballast.

2. Discharges in special areas

Any discharge into the sea of oil or oily mixture from the cargo area of an oil tanker shall be prohibited while in a special area.

The provisions of this regulation shall not apply to the discharge of clean or segregated ballast.

Oil Discharge Monitoring and Control System

Oil tankers of 150 gross tonnage and above shall be equipped with an oil discharge monitoring and control system approved by the Administration.

The system shall be fitted with a recording device to provide a continuous record of the discharge in litres per nautical mile and total quantity discharged, or the oil content and rate of discharge. This record shall be identifiable as to time and date and shall be kept for at least three years. The oil discharge monitoring and control system shall come into operation when there is any discharge of effluent into the sea and shall be such as will ensure that any discharge of oily mixture is

automatically stopped when the instantaneous rate of discharge of oil exceeds that permitted by this Annex. Any failure of this monitoring and control system shall stop the discharge. In the event of failure of the oil discharge monitoring and control system a manually operated alternative method may be used, but the defective unit shall be made operable as soon as possible.

Oil Record Book, Part II - Cargo/Ballast Operations

Every oil tanker of 150 gross tonnage and above shall be provided with an Oil Record Book Part II (Cargo/Ballast Operations). The Oil Record Book Part II, whether as a part of the ship's official logbook or otherwise, shall be in the Form specified in this Annex.

The Oil Record Book Part II shall be completed on each occasion, on a tank-to-tank basis if appropriate, whenever any of the following cargo/ballast operations take place in the ship:

- .1 loading of oil cargo;
- .2 internal transfer of oil cargo during voyage;
- .3 unloading of oil cargo;
- .4 ballasting of cargo tanks and dedicated clean ballast tanks;
- .5 cleaning of cargo tanks including crude oil washing;
- .6 discharge of ballast except from segregated ballast tanks;
- .7 discharge of water from slop tanks;
- .8 closing of all applicable valves or similar devices after slop tank discharge operations;
- .9 closing of valves necessary for isolation of dedicated clean ballast tanks from cargo and stripping lines after slop tank discharge operations;
- .10 disposal of residues.

Each operation described in this regulation shall be fully recorded without delay in the Oil Record Book Part II so that all entries in the book appropriate to that operation are completed. Each completed operation shall be signed by the officer or officers in charge of the operations concerned and each completed page shall be signed by the master of ship. The entries in the Oil Record Book Part II shall be at least in English, French or Spanish. Where entries in an official language of the State whose flag the ship is entitled to fly are also used, this shall prevail in case of dispute or discrepancy.

The Oil Record Book shall be kept in such a place as to be readily available for inspection at all reasonable times and, except in the case of unmanned ships under tow, shall be kept on board the ship. It shall be preserved for a period of three years after the last entry has been made.

Slop Tanks

Oil tankers of 150 gross tonnage and above shall be provided with slop tank arrangements. In oil tankers delivered on or before 31 December 1979 any cargo tank may be designated as a slop tank.

Adequate means shall be provided for cleaning the cargo tanks and transferring the dirty ballast residue and tank washings from the cargo tanks into a slop tank approved by the Administration.

The arrangements of the slop tank or combination of slop tanks shall have a capacity necessary to retain the slop generated by tank washings, oil residues and dirty ballast residues.

The total capacity of the slop tank or tanks shall not be less than 3 per cent of the oil carrying capacity of the ship.

Oil tankers of 70,000 tonnes deadweight and above delivered after 31 December 1979, shall be provided with at least two slop tanks.

Pump-room bottom protection

This regulation applies to oil tankers of 5,000 tonnes deadweight and above constructed on or after 1 January 2007.

The pump-room shall be provided with a double bottom such that at any cross-section the depth of each double bottom tank or space shall be such that the distance h between the bottom of the pump-room and the ship's base line measured at right angles to the ship's base line is not less than specified below:

$h = B/15(m)$ or
 $h = 2$ m, whichever is the lesser.

The minimum value of $h = 1$ m.

Shipboard Oil Pollution Emergency Plan (SOPEP)

Every oil tanker of 150 gross tonnage and above and every ship other than an oil tanker of 400 gross tonnage and above shall carry on board a shipboard oil pollution emergency plan approved by the Administration.

The plan shall consist at least of:

- .1 the procedure to be followed by the master or other persons having charge of the ship to report an oil pollution incident;
- .2 the list of authorities or persons to be contacted in the event of an oil pollution incident;
- .3 a detailed description of the action to be taken immediately by persons on board to reduce or control the discharge of oil following the incident;
- .4 the procedures and point of contact on the ship for co-ordinating shipboard action with national and local authorities in combating the pollution.



All oil tankers of 5,000 tons deadweight or more shall have prompt access to computerised, shore-based damage stability and residual structural strength calculation programs.

Special Areas

Special area means a sea area where for recognized technical reasons in relation to its oceanographical and ecological condition and to the particular character of its traffic the adoption of special mandatory methods for the prevention of sea pollution by oil is required.

For the purposes of this Annex, the special areas are defined as follows:

- .1 the Mediterranean Sea area;
- .2 the Baltic Sea area;
- .3 the Black Sea area;
- .4 the Red Sea area;
- .5 the Gulfs area;
- .6 the Gulf of Aden area;
- .7 the Antarctic area;
- .8 the North West European waters include the North Sea and its approaches, the Irish Sea and its approaches, the Celtic Sea, the English Channel and its approaches and part of the North East Atlantic immediately to the west of Ireland;
- .9 the Oman area of the Arabian Sea.
- .10 Southern South African waters



Reception Facilities

Reception facilities shall be provided in:

- .1 all ports and terminals in which crude oil is loaded into oil tankers where such tankers have immediately prior to arrival completed a ballast voyage of not more than 72 hours or not more than 1,200 nautical miles;
- .2 all ports and terminals in which oil other than crude oil in bulk is loaded at an average quantity of more than 1,000 tonnes per day;
- .3 all ports having ship repair yards or tank cleaning facilities;
- .4 all ports and terminals which handle ships provided with the sludge tank(s);
- .5 all ports in respect of oily bilge waters and other residues, which cannot be discharged at sea in compliance with the Annex I;
- .6 all loading ports for bulk cargoes in respect of oil residues from combination carriers which cannot be discharged at sea in compliance with the Annex I.

LIST OF OILS

Asphalt solutions	Gasoline blending stocks
Blending stocks	Alkylates – fuel
Roofers flux	Reformates
Straight run residue	Polymer – fuel
	Gasolines
Oils	Crackhead (natural)
Clarified	Automotive
Crude oil	Aviation
Mixtures containing crude oil	Straight run
Diesel oil	Fuel oil no. 1 (low-sulfur)
Fuel oil no. 4	Fuel oil no. 1-D
Fuel oil no. 5	Fuel oil no. 2
Fuel oil no. 6	Fuel oil no. 2-D
Residual fuel oil	
Road oil	Jet fuels
Transformer oil	JP-1 (kerosene)
Anomatic oil (excluding vegetable oil)	JP-3
Lubricating oils and blending stocks	JP-4
Mineral oil	JP-5 (kerosene, heavy)
Motor oil	Turbo fuel
Penetrating oil	Kerosene
Spindle oil	Mineral spirit
Turbine oil	
	Naphtha
Distillates	Solvent
Straight run	Petroleum
Flushed feed stocks	Heaviest distillate oil
Gas oil	
Cracked	

Density of liquid water from 0 °C to 100 °C

www.vaxasoftware.com

External pressure: 1 atm = 101 325 Pa

Temperature °C	Density kg/m ³	Temperature °C	Density kg/m ³	Temperature °C	Density kg/m ³
0 (ice)	917.00	33	994.76	67	979.34
0	999.82	34	994.43	68	978.78
1	999.89	35	994.08	69	978.21
2	999.94	36	993.73	70	977.63
3	999.98	37	993.37	71	977.05
4	1000.00	38	993.00	72	976.47
5	1000.00	39	992.63	73	975.88
6	999.99	40	992.25	74	975.28
7	999.96	41	991.86	75	974.68
8	999.91	42	991.46	76	974.08
9	999.85	43	991.05	77	973.46
10	999.77	44	990.64	78	972.85
11	999.68	45	990.22	79	972.23
12	999.58	46	989.80	80	971.60
13	999.46	47	989.36	81	970.97
14	999.33	48	988.92	82	970.33
15	999.19	49	988.47	83	969.69
16	999.03	50	988.02	84	969.04
17	998.86	51	987.56	85	968.39
18	998.68	52	987.09	86	967.73
19	998.49	53	986.62	87	967.07
20	998.29	54	986.14	88	966.41
21	998.08	55	985.65	89	965.74
22	997.86	56	985.16	90	965.06
23	997.62	57	984.66	91	964.38
24	997.38	58	984.16	92	963.70
25	997.13	59	983.64	93	963.01
26	996.86	60	983.13	94	962.31
27	996.59	61	982.60	95	961.62
28	996.31	62	982.07	96	960.91
29	996.02	63	981.54	97	960.20
30	995.71	64	981.00	98	959.49
31	995.41	65	980.45	99	958.78
32	995.09	66	979.90	100	958.05

www.vaxasoftware.com

BIODATA PENULIS



Penulis yang bernama lengkap Rhama Febriyantoro N, dilahirkan di Ibukota Jakarta, 10 Februari 1996. Penulis merupakan anak pertama dari dua saudara yang bertempat tinggal di Perumahan Wahana Harapan Blok A6 No. 2 Setia Asih, Kecamatan Tarumajaya, Bekasi Utara. Penulis menempuh jenjang pendidikan di SDN 09 Pagi Jakarta, SMPN 244 Jakarta, SMAN 13 Jakarta. Karena dilahirkan dan dibesarkan di Ibukota Jakarta serta pernah tinggal di pinggiran Kota Jakarta membuat penulis ingin melanjutkan jenjang pendidikan di kota Surabaya yang merupakan salah satu kota terbesar di Indonesia sehingga penulis melanjutkan jenjang pendidikan di Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Penulis terdaftar dengan nomor registrasi 4213100038. Di Departemen Teknik Sistem Perkapalan penulis menekuni rumpun bidang *Marine Machinery and System*. Selama masa perkuliahan, penulis juga aktif mengikuti kegiatan kemahasiswaan antara lain sebagai staff Kementerian Pengembangan Sumber Daya Manusia di BEM ITS, staff Kaderisasi UKM IBC, dan pernah menjabat sebagai Ketua Unit Kegiatan Mahasiswa Badminton ITS. Penulis juga aktif mengikuti perlombaan di bidang olahraga khususnya Badminton. Penulis juga pernah mengikuti pelatihan yang ada seperti LKMM pra-TD, LKMM TD, dan LKMM TM. Dengan berbagai pengalaman, tempaan, serta bimbingan dari dosen, senior, angkatan dan sahabat selama menempuh pendidikan di Teknik Sistem Perkapalan ITS, penulis berharap dapat menjadi pribadi yang dapat bermanfaat bagi masyarakat sekitar khususnya keluarga.