



TUGAS AKHIR - ME184834

PERANCANGAN TANGKI BIODIESEL INTERNAL FLOATING ROOF PADA KAPAL FLOATING STORAGE & OFFLOADING

OKTA RIJAL NUR PRATAMA
NRP 0421154000044

Dosen Pembimbing
Beny Cahyono, ST., MT., Ph.D
Sunarsih, ST., M.Eng., Ph.D

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2019



TUGAS AKHIR - ME184834

PERANCANGAN TANGKI BIODIESEL INTERNAL FLOATING ROOF PADA KAPAL FLOATING STORAGE & OFFLOADING

OKTA RIJAL NUR PRATAMA
NRP 0421154000044

Dosen Pembimbing
Beny Cahyono, ST., MT., Ph.D
Sunarsih, ST., M.Eng., Ph.D

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2019



FINAL PROJECT - ME184834

INTERNAL FLOATING ROOF TANK OF BIODIESEL ON FLOATING STORAGE & OFFLOADING SHIP

OKTA RIJAL NUR PRATAMA
NRP 0421154000044

Supervisor
Beny Cahyono, ST., MT., Ph.D
Sunarsih, ST., M.Eng., Ph.D

MARINE ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Marine Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2019

LEMBAR PENGESAHAN

**PERANCANGAN TANGKI BIODISEL INTERNAL FLOATING ROOF
PADA KAPAL FLOATING STORAGE & OFFLOADING**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat

Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Pada

Bidang Studi *Marine Power Plant* (MPP)

Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Okta Rijal Nur Pratama

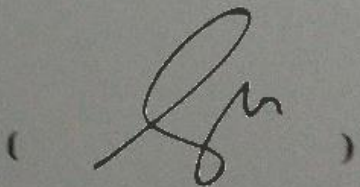
NRP. 0421154000044

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :

1. **Beny Cahyono, ST., MT., Ph.D**
NIP. 197903192008011008

()

2. **Sunarsih, ST., M.Eng., Ph.D**

()

**SURABAYA
JULI 2019**

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

**PERANCANGAN TANGKI BIODISEL INTERNAL FLOATING
ROOF PADA KAPAL FLOATING STORAGE & OFFLOADING**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Pada

Bidang Studi *Marine Power Plant* (MPP)

Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

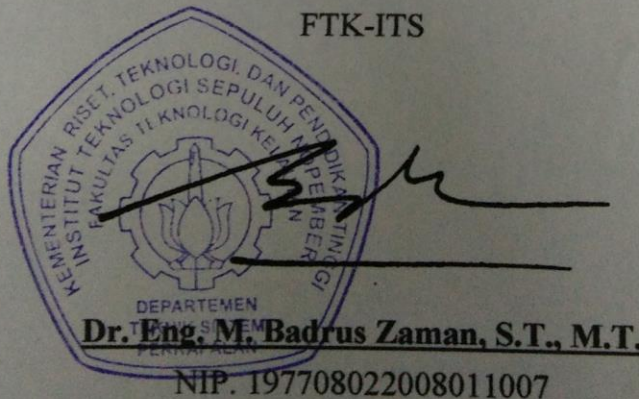
Okta Rijal Nur Pratama

NRP. 0421154000044

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :

Mengetahui Ketua Departemen Teknik Sistem Perkapalan

FTK-ITS



**SURABAYA
JULI 2019**

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

ABSTRAK

Nama : Okta Rijal Nur Pratama
NRP : 0421154000044
Departemen : Teknik Sistem Perkapalan, FTK- ITS
Dosen Pembimbing : Beny Cahyono, ST., MT., Ph.D
Sunarsih, ST., M.Eng., Ph.D

Seiring dibutuhkannya terobosan energi terbarukan untuk mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil yang kian menipis, biodiesel muncul sebagai solusi yang di ajukan pemerintah. Namun pada aplikasi penggunaannya masih sering terjadi permasalahan distribusi dan penyimpanan. Dalam hal distribusi kurangnya jumlah kapal pengangkut biodiesel menuju depot-depot bahan bakar di Indonesia Timur. Hal ini menyebabkan pemerintah memotong alur distribusi dan beralih menggunakan kapal FSO (*Floating Storage & Offloading*). Fasilitas penyimpanan belum kompatibel sehingga dapat menyebabkan biodiesel terdegradasi, hal ini akan berakibat buruk jika masuk ke dalam ruang bakar. Degradasi disebabkan oleh adanya udara yang bereaksi dengan biodiesel. Penelitian ini merancang tangki *internal floating roof*, yang dapat mengurangi bertemunya udara dengan permukaan bahan bakar yang disimpan. Perancangan tangki mengacu pada API 650, ANSI B 36 10-1979, serta standard lainnya. Material tangki harus kompatibel dengan biodiesel dan marine application. *Floating roof* yang digunakan tipe model *single deck pontoon*, karena menyesuaikan dimensi tangki dan desainnya tidak terdapat ruang udara antara *floating roof* dengan biodiesel. Di sekeliling *floating roof* digunakan *double seal* untuk mencegah udara dapat bertemu dan bereaksi dengan biodiesel. Untuk melengkapi fungsi kerjanya di rancang *fitting* tangki diantaranya adalah *manhole, discharge, suction, drain, bleeder vent, supporting leg, rolling loft ladder, automatic tank gauge, filter udara, nitrogen blanket* dan *dip hatch*. Pemilihan spesifikasi *fitting* ini mempertimbangan operasional dan perawatan tangki, agar penyimpanan lebih optimal. Tangki ini memiliki keunggulan yaitu, nilai rugi penguapannya sangat kecil jika dibandingkan dengan tangki konvensional atau *fixed roof*. Rugi penguapan dapat sebagai pertanda jumlah udara dalam tangki, sehingga semakin kecil nilainya maka tangki semakin mampu menjaga kondisi produk yang disimpan. Perbandingan nilai rugi penguapan tangki *internal floating roof* dengan *fixed roof* adalah 146 lb/tahun dengan 9.157 lb/tahun. Pada tangki *fixed roof*, terdapat kenaikan angka asam sebesar 0,16 mg KOH/g sedangkan pada *internal floating roof* kenaikan angka asam hanya mencapai 0,01 mg KOH/g. Desain *fixed roof* menyebabkan kemurnian biodiesel turun sebesar 6,2%, sedangkan pada *internal floating roof* terjadi penurunan hanya sebesar 3,7%. Temuan ini dapat dijadikan sebagai acuan untuk memperkirakan kondisi biodiesel yang disimpan oleh kedua jenis tangki. Terbukti bahwa penggunaan desain *internal floating roof* dapat menurunkan potensi degradasi biodiesel.

Kata Kunci : *Internal Floating Roof Tank, Biodiesel, Seal Tangki, Evaporation loss, Pontoon, FSO.*

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

ABSTRACT

Name : Okta Rijal Nur Pratama
NRP : 0421154000044
Departmen : Teknik Sistem Perkapalan, FTK- ITS
Supervisor : Beny Cahyono, ST., MT., Ph.D
Sunarsih, ST., M.Eng., Ph.D

Along with the need for renewable energy to reduce dependence on depleted fossil fuels, biodiesel appears as a solution proposed by the government. However, in biodiesel application, distribution and storage problems often occur. In terms of distribution, there is a lack of biodiesel transport vessels to fuel depots in Eastern Indonesia. This caused the government to cut the distribution channel and switch to using FSO (Floating Storage & Offloading) vessels. Storage facilities are not compatible so that it can cause biodiesel to be degraded, this will be bad if it enters the combustion chamber. Degradation is caused by air reacting with biodiesel. This study designed an internal floating roof tank, which can reduce the meeting of air with the surface of stored fuel. Tank design refers to API 650, ANSI B 36 10-1979, and other standards. The tank material must be compatible with biodiesel and marine applications. Floating roof used single deck pontoon type, because it adjusts the dimensions of the tank and the design does not have air space between the floating roof and biodiesel. Around the floating roof, a double seal is used to prevent air from meeting and reacting with biodiesel. To complete the work function, tank fittings are designed, including manhole, discharge, suction, drain, bleeder vent, supporting leg, rolling loft ladder, automatic tank gauge, air filter, nitrogen blanket and dip hatch. The selection of this fitting specification takes into consideration the operation and maintenance of the tank, so that storage is more optimal. This tank has advantages, namely, the evaporation loss value is very small when compared to conventional or fixed roof tanks. The evaporation loss can be a sign of the amount of air in the tank, so the smaller the value the tank is able to maintain the condition of the stored product. The comparison of the value of the loss of evaporation of the floating roof internal tank with the fixed roof is 146 lb / year with 9,157 lb / year. In the fixed roof tank, there is an increase in the acid number of 0.16 mg KOH / g while in the floating roof internal acid number increase is only 0.01 mg KOH / g. The fixed roof design caused the purity of biodiesel to decrease by 6.2%, while on the floating roof internal there was a decrease of only 3.7%. This finding can be used as a reference to estimate the condition of biodiesel stored by both types of tanks. It is evident that the use of the floating roof internal design can reduce the potential for biodiesel degradation.

Key Word : *Internal Floating Roof Tank, Biodiesel, Seal Tangki, Evaporation loss, Pontoon, FSO.*

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

Kata Pengantar

Assalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh. Alahmdulillahirabbilalamin, Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas nikmat, rahmat, taufik, serta hidayah-Nya yang tiada terkira besarnya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir dengan judul “*Perancangan Tangki Internal Floating Roof pada kapal Floating Storage & Offloading Biodiesel*”.

Tugas Akhir ini ditujukan untuk memenuhi salah satu persyaratan ujian guna memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T) pada Departemen Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Terselesainya Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan banyak pihak, sehingga pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati dan penuh rasa hormat penulis menghaturkan terima kasih yang sebesar-besarnya, terutama kepada pihak-pihak dibawah ini.

1. Ibu penulis, Dewi Tri Purwaningsih. Terima kasih atas dukungannya, nasihat, motivasi, dan materilnya selama ini semoga anakmu dapat menjadi pelaut yang benar-benar tangguh dan bermanfaat untuk sesama dikemudian hari. Dan juga semoga beliau panjang umur dan sehatlah selalu. Amin ya Allah.
2. Konker (Kontrakan Keren), Teman satu daerah dari berbagai kampus yang merantau bersama selama 4 tahun di surabaya. Cahya, Saputra, Titus, Dadang, Magis, Dicky, Khoim, Reza, Sahlan, Joko, Amin, & Syihab. Terimakasih atas berbagai kondisi yang telah dilalui bersama, sehingga selama menempuh studi penulis sangat tidak pernah kekurangan, banyak sharing ilmu yang membuka wawasan. Semoga kedepannya dapat berkerja sama memajukan daerah kelahiran, Tuban tercinta bersama-sama.
3. Pinisi Foundation, Terima kasih atas beasiswa yang berikan kepada penulis selama masa studi berlangsung. Semoga Pinisi Foundation, kedepannya semakin besar dan mampu bermanfaat untuk perkembangan maritim Indonesia.
4. Salvage'15, Angkatan 2015 Departemen Teknik Sistem Perkapalan. Terimakasih banyak telah mengajarkan tentang Solid, Reliable, & Visioner Marine Engineer 2015. Semoga silahturahminya selalu terjaga.
5. Dosen pembimbing Tugas Akhir penulis, Bapak Beny Cahyono, ST., MT., Ph.D & Ibu Sunarsih, ST., M.Eng., Ph.D, terimakasih banyak atas waktu yang diberikan untuk mengarahkan Tugas Akhir penulis agar menjadi lebih spesifik dan menyentuh pokok permasalahan lebih dalam.

6. Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Kepada para civitas akademika dan staff tata usaha terimakasih banyak atas ilmu yang sudah diberikan, dan fasilitas yang telah disediakan.
7. Keluarga, untuk Papa, Adik, Eyang, dan seluruh keluarga penulis yang selalu mendukung penulis, memotivasi secara moril dan materil.
8. Bapak penulis, Terimakasih banyak. Tanpa sosok beliau dalam cerita yang di aturkan kepada penulis, mungkin penulis tidak akan termotivasi untuk lebih baik. Semoga Allah selalu menempatkan beliau di sisi Nya dengan tenang.
9. Pihak lain yang belum bisa penulis sebutkan.

Dalam sebuah penelitian tentunya terdapat kekurangan, tak terkecuali penelitian yang penulis lakukan, maka sangat dibutuhkan saran-saran yang membangun agar penelitian lebih sempurna dilakukan.

Akhir kata penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dan penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua dan menjadi bahan masukan dalam dunia pendidikan. Karena sesungguhnya sebaik-baiknya manusia adalah yang bermanfaat untuk manusia di sekitarnya.

Barakallah fi ilmi wa fil umrik, Robbana aatina fiddunyaa hasanah wa 'akhirati hasanah. Waqqinaa 'adza ban naar. Amiin

Surabaya, Juli 2019

Penulis

Okta Rijal Nur Pratama

NRP. 0421154000044

Daftar Isi

LEMBAR PENGESAHAN.....	v
LEMBAR PENGESAHAN.....	vii
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	xi
Kata Pengantar	xiii
Daftar Isi.....	xv
Daftar Gambar.....	xix
Daftar Tabel.....	xxi
Daftar Simbol	xxiii
Daftar Lampiran	xxvii
BAB I : PENDAHULUAN	1
1.1 Latar belakang	1
1.2 Rumusan masalah.....	3
1.3 Tujuan penelitian.....	3
1.4 Batasan masalah	3
1.5 Manfaat penelitian.....	4
BAB II : TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Biodiesel.....	5
2.2 Karakteristik biodiesel.....	6
2.2.1 Solvency (efek kelarutan).....	7
2.2.2 Air dan sedimen.....	8
2.2.3 Stabilitas dan pembentukan deposit	8
2.2.4 Pengaruh suhu lingkungan	9
2.2.5 Biodegradasi.....	9
2.3 Kerusakan biodiesel	9
2.3.1 Penyebab kerusakan minyak	9
2.3.2 Faktor kecepatan reaksi oksidasi minyak	10
2.4 Penyimpanan biodiesel.....	10

2.5	Tangki penyimpanan	11
2.5.1	Jenis-jenis tangki penyimpanan.....	12
2.6	Floating roof tank	15
2.6.1	Prinsip kerja.....	15
2.6.2	Jenis-jenis floating roof	15
2.6.4	Kelebihan internal floating roof	18
2.7.	Perancangan tangki internal floating roof	18
2.7.1	Material tangki	19
2.7.2	Safety factor tangki	20
2.7.3	Tegangan tangki	20
2.7.4	Tekanan & beban tangki.....	21
2.7.5	Bagian utama tangki	22
2.7.6	Internal floating roof	24
2.7.7	Fitting tangki	24
2.7.8	Sistem seal tangki	26
2.7.9	Rugi penguapan.....	28
BAB III : METODELOGI PENELITIAN		33
3.1	Metodeologi penelitian.....	33
3.2	Diagram alir penelitian	33
3.3	Studi literatur & pengumpulan data	34
3.4	Lokasi & kapal floating storage	35
3.4.1	Peta lokasi operasional	35
3.4.2	Kondisi geografis	35
3.4.3	Kapal floating storage	36
3.4.4	Penentuan kapasitas & dimensi tangki	36
3.5	Pemilihan material.....	37
3.5.1	Penentuan safety factor.....	38
3.5.2	Perhitungan tegangan ijin tangki	38
3.5.3	Perhitungan tekanan hidrostatik tangki	39
3.5.4	Perhitungan tekanan desain tangki	39

3.6	Perhitungan desain bagian utama tangki	39
3.6.1	Dinding tangki	40
3.6.2	Atap tangki	44
3.6.3	Dasar tangki.....	44
3.6.4	Analisa kekuatan tangki	46
3.7	Verifikasi desain tangki	46
3.8	Perancangan floating roof	46
3.8.1	Pemilihan tipe floating roof.....	46
3.8.2	Perhitungan desain floating roof	47
3.8.3	Pemilihan sistem seal tangki	49
3.9	Perancangan fitting tangki.....	50
3.10	Perhitungan rugi penguapan tangki.....	50
3.10.1	Perhitungan rugi penguapan internal floating roof.....	50
3.10.2	Perhitungan rugi penguapan fixed roof	52
3.11	Prakiraan kondisi biodiesel	55
3.12	Penggambaran tangki	55
3.13	Analisa & pembahasan	55
3.14	Kesimpulan & saran	55
BAB IV HASIL & PEMBAHASAN		57
4.1	Intro	57
4.2	Tebal pelat	57
4.3	Keakuratan desain	58
4.3.1	Perhitungan teoritis.....	58
4.3.2	Simulasi ansys	60
4.4	Desain floating roof.....	61
4.5	Fitting tangki	61
4.5.1	Manhole.....	61
4.5.2	Discharge.....	62
4.5.3	Suction.....	64
4.5.4	Sistem drain.....	65

4.4.5	Automatic bleeder vent.....	67
4.4.6	Roof supporting legs	69
4.4.7	Rolling loft ladder tank.....	72
4.4.8	Automatic tank gauges	73
4.4.9	Filter udara	75
4.4.10	Nitrogen blanket	76
4.4.11	Dip hatch	77
4.6	Laju rugi penguapan.....	77
4.6.	Prakiraan kondisi biodiesel	80
4.7.	Desain tangki.....	81
BAB V : KESIMPULAN & SARAN		87
5.1	Kesimpulan.....	87
5.2	Saran.....	88
DAFTAR PUSTAKA.....		89
LAMPIRAN		93
BIODATA PENULIS.....		107

Daftar Gambar

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Gambar 2. 1 Beberapa bahan baku pembuatan Biodiesel	5
Gambar 2. 2 (a) Perbandingan angka asam biodiesel (R.Sudradjat, dkk. 2009) dan (b). % Purity biodiesel pada penyimpanan terbuka dan tertutup. (Leung, dkk. 2009).....	11
Gambar 2. 3 Klasifikasi jenis tangki penyimpanan.....	12
Gambar 2. 4 Penggolongan tangki berdasarkan letaknya	13
Gambar 2. 5 Fixed roof tank	14
Gambar 2. 6 (a) Extenal Floating Roof (EFR); (b) Internal Floating Roof (IFR)	14
Gambar 2. 7 Tipe floating roof menurut API Standard 650.....	17
Gambar 2. 8 Evaporation loss fixed roof vs internal floating roof (Ergil Group Turkey).	18
Gambar 2. 9 Manhole tangki.....	25
Gambar 2. 10 Nozzle tangki.....	25
Gambar 2. 11 Bleeder vent.....	25
Gambar 2. 12 Evaporation loss double seal vs single seal (Ergil Group Turkey).....	26
Gambar 2. 13 Jenis seal menurut API Standard 650, (a). Liquid Filled, (b). Foam Log Seal, (c) Flip Flop Wiper, (d). Scissor Seal.	28

BAB III : METODELOGI PENELITIAN

Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian.....	33
Gambar 3. 2 Rencana Lokasi Operasional Floating Storage (Google Maps, 2019).....	35
Gambar 3. 3 Rencana penempatan tangki di kapal FSO	37
Gambar 3. 4 Dimensi single Deck Pontoon	46
Gambar 3. 5 Pembagian pelat floating roof.....	47
Gambar 3. 6 Sistem seal yang digunakan.....	49

BAB IV : HASIL & PEMBAHASAN

Gambar 4. 1 Ketebalan pelat dan tekanan hidrostatik.....	59
Gambar 4. 2 Hasil simulasi kekuatan pelat dinding tangki	60
Gambar 4. 3 Deformasi tangki hasil simulasi	60

Gambar 4. 4 Design Manhole.....	62
Gambar 4. 5 Desain dari seal pipa discharge dan suction	64
Gambar 4. 6 Desain discharge dan suction pipe.....	64
Gambar 4. 7 Instalasi pipa pada tangki	65
Gambar 4. 8 Strainer	65
Gambar 4. 9 Density & Viscositymeter	66
Gambar 4. 10 Gate valve discharge dan suction pipe	66
Gambar 4. 11 Bentuk dasar tangki untuk mendukung sistem drain.....	67
Gambar 4.12 (a). Out-Breathing, (b). Normal, (c) In-Breathing.....	67
Gambar 4. 13 Bleeder vent pada tangki	69
Gambar 4. 14 Roof supporting legs pada saat tangki di kosongkan.....	69
Gambar 4. 15 Rencana pemasangan leg pada Floating roof.	71
Gambar 4. 16 Rolling loft ladder tank.....	72
Gambar 4. 17 Instalasi ladder tangki.....	73
Gambar 4. 18 Instalasi Radar & Temperature sensor pada tangki	75
Gambar 4. 19 Filter udara pada tangki	75
Gambar 4. 20 SteriVent.....	76
Gambar 4. 21 Nitrogen blanket	77
Gambar 4. 22 Vapor space pada (a). internal floating roof vs (b). fixed roof	78
Gambar 4. 23 Standing loss fixed roof vs internal floating roof	79
Gambar 4. 24 Working loss fixed roof vs internal floating roof	80
Gambar 4. 25 Evaporation loss internal floating roof vs fixed roof.....	80
Gambar 4. 26 Side view desain tangki	82
Gambar 4. 27 Front view desain tangki.....	83
Gambar 4. 28 Top view desain tangki.....	84
Gambar 4. 29 Floating roof desain top view	85
Gambar 4. 30 Floating roof desain side-front view.....	86

Daftar Tabel

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Tabel 2. 1 Perbedaan Karakteristik antara B100 dan B0 (Direktorat Energi, 2018).	6
Tabel 2. 2 Perbedaan Parameter Kimia pada B100 dan B0 (Direktorat Energi, 2018).	6
Tabel 2. 3 Konsekuensi dari karakter Biodiesel (B100) (Direktorat Energi, 2018).	7
Tabel 2. 4 Perbandingan EFR dan IFR.	18
Tabel 2. 5 Kompatibilitas Elastomer Terhadap Biodiesel (Direktorat Bioenergi, 2018).	19
Tabel 2. 6 Jenis beban kerja Safety factor (Engineering ToolBox, 2010).	20
Tabel 2. 7 Rekomendasi penentuan faktor keamanan (Engineering ToolBox, 2010).	20
Tabel 2. 8 Ketebalan Pelat Dinding Tangki (API 650).	22
Tabel 2. 9 Persyaratan Fitting Tangki (Dirjen Standardisasi & Perlindungan Konsumen, 2013).	24
Tabel 2. 10 Persyaratan Fitting Internal Floating roof	25
Tabel 2. 11 Faktor rugi Rim-seal (EPA's AP-42, 1997)	32
Tabel 2. 12 Faktor kondisi tangki (EPA's AP-42, 1997)	32

BAB III : METODELOGI PENELITIAN

Tabel 3. 1 Kondisi Lingkungan Lokasi	36
Tabel 3. 2 Data kapal FSO Cinta Natomas.	36
Tabel 3. 3 Propertis Aluminium 5083 (BS EN 573-3,2009).	37
Tabel 3. 4 Persentase logam campuran aluminium 5083 (BS EN 573-3,2009).	38
Tabel 3. 5 Propertis pelat aluminium 5083 tebal 6,3-80 mm (BS EN 485-2, 2008) (ABS, Rules for Materials and Welding, 2006)	38
Tabel 3. 6 Perhitungan berat floating roof.	48
Tabel 3. 7 Volume floating roof per waterline	48
Tabel 3. 8 Interpolasi mencari freeboard.	48
Tabel 3. 9 Spesifikasi Primary seal (Foam Log Seal) & Secondary seal (Wiper Seal) (Float-Tek International Co.,Ltd).	49

BAB IV : HASIL & PEMBAHASAN

Tabel 4. 1 Rangkuman hasil perhitungan pelat dinding tangki	57
Tabel 4. 2 Perbandingan tebal dinding tangki jika menggunakan steel plate.....	58
Tabel 4. 3 Verifikasi tegangan, tekanan dan tebal pelat tangki	59
Tabel 4. 4 Rencana instalasi manhole tangki	61
Tabel 4. 5 Spesifikasi Radar Level Gauge (Varec, Inc. 2019)	74
Tabel 4. 6 Spesifikasi multiple point temperature (Varec, Inc. 2019).....	74

Daftar Simbol

ΔP_B	= breather vent pressure setting range	(N/m ²)
ΔP_V	= daily vapor pressure range	(N/m ²)
ΔT_A	= daily ambient temperature range	(°C)
A_p	= Luas area pipa	(m ²)
A_t	= Luas area dasar tangki	(m ²)
B	= constant in the vapor pressure equation	
B_p	= Panjang pelat	(m)
B_T	= Lebar tangki	(m)
C	= Faktor kondisi tangki	
CA	= Corrosion Allowance	(m)
D	= Diameter pipa	(m)
D_o	= Outside diameter	(m)
D_T	= Diagonal tangki	(ft)
E	= Efisiensi sambungan	
F_C	= Diameter efektif kolom	(m)
F_D	= Faktor loss deck-seam	
F_R	= Total faktor rugi rim-seal	
G	= Spesifik graviti	
g	= Percepatan gravitasi bumi	(m/s ²)
H_f	= Tinggi pontoon	(m)
H_L	= Tinggi cairan dalam tangki	(m)
H_p	= Tinggi pelat	(m)
H_{pt}	= Tinggi cairan yang tercelup	(m)
H_T	= Tinggi tangki	(m)
H_{VO}	= Vapor space outage	(m)
I	= daily total solar insolation factor	(Btu/ft ² d)

K	= Discharge koefisien	
K_C	= Faktor cairan yang disimpan	
K_E	= Vapor space expansion factor	
K_N	= Turnovers Factor	
K_P	= working loss product factor	
K_{RA}	= Faktor kerugian seal	
K_{RB}	= Faktor kerugian akibat kecepatan angin	
K_S	= Vented vapor saturation factor	
\ln	= Natural logarithm function	
L_p	= Panjang pontoon	(m)
L_S	= Standing loss	(kg/tahun)
L_T	= Panjang tangki	(m)
L_{TOTAL}	= Total rugi penguapan	(kg/tahun)
L_w	= Working loss	(kg/tahun)
mb	= Massa dasar tangki	(kg)
mt	= Massa atap tangki	(kg)
M_V	= Berat rata-rata molekul	(mol)
mw	= Massa dinding tangki	(kg)
N	= Jumlah pengurasan selama setahun	
N_C	= Jumlah kolom pendukung fixed roof	
P^*	= Koefisien tekanan uap cairan	
P_A	= Tekanan atmosfer	(N/m ²)
P_{abs}	= Tekanan absolut	(N/m ²)
P_{des}	= Tekanan desain tangki	(N/m ²)
P_{hd}	= Tekanan hidrostatik	(N/m ²)
P_u	= Tekanan uap cairan	(N/m ²)
P_{VA}	= Tekanan uap permukaan cairan	(N/m ²)
Q	= Kapasitas rata-rata cairan selama setahun	(m ³)

Q_s	= Debit pompa biodiesel	(m^3/jam)
RVP	= stock Reid vapor pressure	(psi)
S_1	= Tegangan dari cairan yang disimpan	(N/m^2)
S_2	= Tegangan dari berat dinding tangki	(N/m^2)
S_d	= Tekanan leleh material desain	(N/m^2)
S_f	= Safety Factor	
S_t	= Tekanan leleh material hidrostatik	(N/m^2)
S_{to}	= Tegangan total pada dasar tangki	(N/m^2)
T_{LA}	= Temperature permukaan cairan	(R°)
tsc	= Tebal pelat yang tersedia	(m)
tw	= Tebal pelat tangki	(m)
twh	= Tebal pelat hidrostatik	(m)
va	= Kecepatan angin disekitar daerah operasional	(m/s)
V_f	= Volume maksimal cairan tangki	(m^3)
vs	= Kecepatan aliran fluida	(m/s)
V_t	= Volume pontoon tercelup	(m^3)
V_w	= Volume kerja	(m^3)
wf	= Berat cairan yang disimpan	(N)
W_v	= Vapor density	(kg/m^3)
ww	= Berat dinding tangki	(N)
x	= Space seal	(m)
α	= tank paint solar absorptance	
γ_w	= Densitas material tangki	(kg/m^3)
ρ	= Massa jenis cairan	(lb/gal)
σ ijin	= Tegangan ijin	(N/m^2)
σ_y	= Tegangan yield stress	(N/m^2)

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

Daftar Lampiran

Lampiran 1. Material Tangki.....	93
Lampiran 2. Seal Tangki	95
Lampiran 3. Gasket Manhole	96
Lampiran 4. Standard Flange	96
Lampiran 5. ANSI B 36 10-1979	96
Lampiran 6. Strainer.....	97
Lampiran 7. Viscosity meter	98
Lampiran 8. Gate valve	99
Lampiran 9. Bleeding vent	100
Lampiran 10. Automatic Tank Gauge	101
Lampiran 11. SteriVent	102
Lampiran 12. Nitrogen Blanket.....	103
Lampiran 13. General Arrangement Tangki	104
Lampiran 14. Floating Roof Arrangement	105

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Semakin berkembang pesatnya kemajuan teknologi dan disusul dengan meningkatnya pertumbuhan ekonomi dan industri, menyebabkan semakin meningkat pula energi yang dibutuhkan. Disamping itu, ketergantungan terhadap bahan bakar fosil masih cukup tinggi sedangkan ketersediaannya semakin menipis. Sehingga perlu dilakukan terobosan untuk memanfaatkan sumber energi lain yang lebih terbarukan. Salah satunya yang dilakukan pemerintah yaitu mengeluarkan kebijakan penggunaan Biodiesel (B20) sebagai bahan bakar pengganti minyak solar baik dalam bidang transportasi, pembangkit listrik, ataupun kegiatan industri.

Berdasarkan peraturan Menteri ESDM No. 12 Tahun 2015 menetapkan penggunaan B20 sebagai bahan bakar mesin diesel sampai akhir tahun 2019 dan akan ditingkatkan penggunaannya menjadi 30% (B30) pada tahun 2020. Selain karena bertujuan mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil, biodiesel memiliki keunggulan yaitu merupakan bahan bakar yang ramah lingkungan karena tidak menghasilkan emisi sebanyak bahan bakar fosil. Namun pada praktiknya penggunaan biodiesel memiliki beberapa kendala. Kendala penggunaan biodiesel diantaranya mulai dari aliran distribusi yang kurang efektif sampai permasalahan fasilitas penyimpanan sebelum sampai ke konsumen.

Pada fasilitas penyimpanan yang sudah ada dan digunakan sekarang, terutamanya di kapal masih kurang optimal. Hal ini dikarenakan fasilitas penyimpanan yang digunakan awalnya adalah untuk bahan bakar fosil, sedangkan biodiesel memiliki karakteristik yang berbeda dengan bahan bakar fosil. Sehingga diperlukan modifikasi desain fasilitas penyimpanan yang kompatibel dengan biodiesel. Menurut Pedoman Umum Penanganan dan Penyimpanan Bahan Bakar Biodiesel (B100) dan Campuran Biodiesel (BXX), Kementerian ESDM bahwa biodiesel sangat mudah mengalami degradasi (reaksi oksidasi) karena terbuat dari minyak nabati yang memiliki asam lemak tidak jenuh yang tinggi. Sehingga adanya udara (utamanya Oksigen) dalam tangki penyimpanan biodiesel perlu diminimalisir. Reaksi oksidasi antara biodiesel dengan oksigen akan menghasilkan viskositas dan angka asam biodiesel meningkat, terbentuknya sedimen, serta air yang akan memicu adanya bakteri yang dapat merusak properti biodiesel. Sehingga berakibat fatal jika digunakan pada mesin (Ni Made Suaniti, 2017).

Sementara itu, sebelumnya aliran distribusi biodiesel dimulai dari BU BBN (Badan Usaha Bahan Bakar Nabati) kemudian di salurkan ke beberapa TBBM (Terminal Bahan Bakar Minyak) milik PT. Pertamina. Jumlah TBBM yang di suplai oleh BU BBN adalah 112 TBBM yang tersebar di seluruh Indonesia. Kegiatan distribusi biodiesel ini dilakukan dengan jalur darat dan laut. Dari hal tersebut tidak semua TBBM memiliki pelabuhan untuk kapal pengirim biodiesel bersandar, sehingga pelabuhan yang digunakan adalah pelabuhan daerah. Dengan menggunakan pelabuhan daerah maka akan menimbulkan lebih lamanya kegiatan bongkar muat kapal biodiesel. Semakin lama

bongkar muat yang dilakukan akan menimbulkan potensi kerusakan atau penurunan kualitas dari biodiesel semakin besar. Selain itu, hal ini diperparah dengan distribusi biodiesel untuk jalur laut hanya bisa dilakukan menggunakan kapal dengan spesifikasi khusus, sehingga jumlah kapal yang bisa digunakan kurang memenuhi.

Menurut Dirjen Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi (EBTKE) Kementerian ESDM Rida Mulyana akan dilakukan pemangkasan jumlah titik penerimaan biodiesel menjadi 10 titik. Sebanyak 10 titik penyaluran biodiesel tersebar di 6 kilang PT. Pertamina dan 4 TBBM. Ke 6 kilang tersebut antara lain kilang Dumai, Plaju, Cilacap, Balikpapan, Balongan, dan Kasim. Sedangkan keempat TBBM tersebut antara lain di Pulau Laut, Tuban, Sambas, dan Medan. Dari 10 titik tersebut ada 2 di antara itu terdapat *floating storage*. Lokasi penempatan *floating storage* salah satunya ada di Balikpapan dengan kapasitas 35.000 kilo liter yang diproyeksikan untuk menyuplai kebutuhan biodiesel di 25 TBBM di Indonesia timur.

Berdasarkan permasalahan diatas maka dibutuhkan inovasi desain tangki yang kompetibel untuk penyimpan biodiesel, lebih khususnya pada kapal *floating storage*. Kondisi laut yang lembab dan udara mengandung garam dapat mempercepat reaksi oksidasi biodiesel. Maka tangki yang di desain harus mampu mengurangi jumlah udara yang bereaksi dengan biodiesel. Salah satu cara adalah dengan merancang tangki dengan model *internal floating roof*. *Internal floating roof* adalah atap terapung dalam tangki yang tertutup atau *fixed roof* yang dapat naik-turun sesuai dengan level dari fluida dalam tangki. Pada *internal floating roof* di sekelilingnya dipasang seal untuk meminimalkan kontak udara dengan biodiesel. *Internal floating roof* di desain *full contact* dengan biodiesel agar tidak ada ruang untuk udara bertemu dengan biodiesel. Keuntungan lainnya dari *internal floating roof* ini adalah potensi terkontaminasi dengan air akan sangat kecil karena tangki memiliki dua atap yang mencegah pengaruh luar terhadap produk yang disimpan.

Pada penelitian ini lokasi operasional *floating storage* yang dipilih adalah berada di Bau-Bau (Sulawesi Tenggara) tepatnya Lokasi operasional ini terletak 3 km dari TBBM Bau-Bau Sulawesi Tenggara, tepatnya pada 5°31'17.3" Lintang selatan 122°32'34.1" Bujur timur. Lokasi ini dipilih karena disana terdapat fasilitas pelabuhan dan aktifitas bongkar muat yang cukup ramai. Selain itu, agar distribusi biodiesel tidak terlalu jauh dengan TBBM di Indonesia timur. Berdasarkan data Pertamina, 2019 Jetty di TBBM Bau-bau merupakan salah satu jetty yang melayani impor dan ekspor, sehingga bisa dikatakan disana merupakan wilayah yang cukup strategis. Apalagi wilayahnya tidak langsung bertemu dengan laut yang luas, sehingga kondisi laut cukup stabil. Selain itu draft atau kedalaman lautnya mencukupi untuk kapal *floating storage* bisa beroperasi disana.

Perancangan tangki ini mengacu pada API 650 dan ANSI 36 10-19797, serta standar desain lainnya yang membahas tentang perancangan tangki pada kapal. Kemudian untuk pemilihan seal-nya mengacu pada produk yang sudah ada. Selain itu, untuk perhitungan laju rugi penguapan mengacu pada EPA's AP-42 (*Environmental Protection Agency*), Section 7.1 *Organic Liquid Storage Tanks* dan API MPMS Chapter 19.2. Perancangan tangki ini juga menghitung tegangan yang terjadi pada pelat tangki. Hal tersebut bertujuan untuk mengetahui kekuatan dari pelat tangki, apakah sudah bisa dikatakan mampu menyimpan cairan dengan kapasitas yang ditentukan dan lingkungan

yang ada. Selain itu untuk menunjang kerja tangki lebih optimal maka perancangan juga perlu dilengkapi dengan fitting tangki.

1.2 Rumusan masalah

Rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana detail desain bagian utama tangki *internal floating roof* pada kapal *floating storage* ?
2. Bagaimana detail desain *floating roof* tangki *internal floating roof* pada kapal *floating storage*?
3. Bagaimana desain *fitting* tangki untuk mendukung kerja dari tangki *internal floating roof* pada kapal *floating storage*?
4. Bagaimana pengaruh desain tangki *internal floating roof* terhadap biodiesel yang disimpan?

1.3 Tujuan penelitian

Tujuan yang ingin di capai dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui bagaimana detail desain bagian utama tangki *internal floating roof* pada kapal *floating storage*.
2. Mengetahui bagaimana detail desain *floating roof* tangki *internal floating roof* pada kapal *floating storage*.
3. Mengetahui bagaimana desain *fitting* tangki untuk mendukung kerja dari tangki *internal floating roof* pada kapal *floating storage*
4. Mengetahui bagaimana pengaruh desain tangki *internal floating roof* terhadap biodiesel yang disimpan.

1.4 Batasan masalah

Batasan masalah dibuat agar lingkup penelitian ini lebih fokus, diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Bahan bakar yang disimpan dalam tangki adalah biodiesel B100 yang berasal dari BU BBN.
2. Kapal *floating storage* di rencanakan beroperasi di wilayah perairan Laut Bau-bau, Sulawesi Tenggara, Indonesia.
3. Tangki di desain dengan pengaruh kondisi operasional cuaca normal.
4. Perancangan tidak membahas teknologi pengelasan tangki.
5. Perancangan tidak membahas desain konstruksi lambung kapal *floating storage*.
6. Perancangan tidak membahas sistem-sistem lainnya yang ada di kapal *floating storage*.
7. Perancangan hanya fokus membahas tentang bagaimana desain tangki penyimpanan *internal floating roof* biodiesel yang optimal mengurangi reaksi dengan udara.
8. Perancangan tidak membahas pertimbangan dari segi ekonomis dalam pembangunan dan operasional tangki.
9. Prakiraan kondisi biodiesel ketika disimpan dengan tangki *internal floating roof* yang dirancang, menggunakan asumsi pertimbangan rugi penguapan.

10. Perancangan tidak menghitung bagaimana pergerakan fluida yang di simpan dalam tangki yang merupakan akibat dari adanya pengaruh gelombang laut yang ada di lingkungan operasional.
11. Perancangan tidak membahas sistem instrumentasi tangki secara mendetail.
12. Kapal *floating storage* hanya sebagai media tempat tangki di operasikan, tidak ada pembahasan lebih dalam mengenai kapal tersebut, selain dimensi tangki yang berasal dari dimensi lambung.

1.5 Manfaat penelitian

Manfaat yang diperoleh pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Memberikan alternatif solusi untuk penyimpanan biodiesel yang lebih optimal.
2. Sebagai sumber referensi untuk penelitian selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Biodiesel

Biodiesel adalah bahan bakar yang digunakan untuk mesin diesel yang berupa *ester metil*, asam lemak atau FAME (*Fatty Acid Methyl Ester*) yang terbuat dari lemak nabati atau lemak hewani yang memenuhi persyaratan standar mutu. SK Dirjen EBTKE No. 100.K/10/DJE/2016 yang merujuk pada SNI 7182:2015 revisi kedua adalah peraturan pemerintah yang mengatur tentang biodiesel. Biodiesel murni bisa disebut B100, sedangkan campuran biodiesel disebut B-XX yang menyatakan persentase biodiesel dalam campurannya dengan minyak solar. Biodiesel (B100) mempunyai sifat-sifat kimia fisik yang mirip (meskipun tidak sama persis) dengan minyak solar sehingga bahan bakar campurannya dapat digunakan langsung pada mesin-mesin diesel tanpa adanya modifikasi (Direktorat Energi, 2018).

Sumber utama bahan baku minyak lemak biodiesel di Indonesia adalah kelapa sawit (*Elaeis guineensis*) dengan total produksi 36 juta ton per tahun (2017). Sumber tanaman potensial lainnya yang juga dapat dikembangkan sebagai bentuk diversifikasi bahan baku adalah kelapa (*Cocos Nucifera*), nyamplung (*Calophyllum Inophyllum*), malapari (*Pongamia Pinnata*), jarak pagar (*Jathropa Curcas*), dan lainnya. (Direktorat Energi, 2018). Bagian-bagian sumber minyak dari tanaman tersebut ditampilkan pada gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Beberapa bahan baku pembuatan Biodiesel

Pada umumnya biodiesel tidak mengandung senyawa sulfur dan aromatik sehingga gas buang yang dihasilkan dari pembakaran biodiesel lebih baik dibandingkan dengan minyak solar. Berdasarkan hasil penelitian (Dewan Minyak Sawit Indonesia, 2013) yaitu bahwa campuran biodiesel 20% (B20) memiliki emisi gas buang $\pm 50\%$ lebih rendah dibandingkan minyak solar. Sedangkan jika ditinjau dari asam lemak penyusunnya, minyak sawit mengandung asam lemak jenuh (43%-47%) dan asam lemak tak jenuh tunggal (43%-47%) dengan kadar hampir sama dan hanya mengandung sedikit asam lemak tak jenuh ganda (10%). Dengan komposisi tersebut, biodiesel berbasis minyak kelapa sawit memberikan dampak positif terhadap parameter stabilitas oksidasi (> 12 jam), angka iodium (mencapai 60 mg I_2 /gr), dan angka setana (minimal 51) (Direktorat Energi, 2018).

2.2 Karakteristik biodiesel

Biodiesel diproduksi melalui tahapan proses transesterifikasi yang selanjutnya dimurnikan hingga diperoleh produk Biodiesel (B100) sesuai dengan standar mutu yang dipersyaratkan. Bahan baku minyak nabati atau lemak hewani akan mempengaruhi sifat dan karakteristik Biodiesel (B100) yang dihasilkan, sedangkan pemilihan teknologi proses dan penanganan biodiesel termasuk penyimpanan dan transportasi akan berpengaruh pada kualitas Biodiesel. Semakin tinggi konsentrasi biodiesel yang dicampurkan dalam minyak solar, maka sifat dan karakteristik campuran biodiesel (B-XX) akan semakin mengarah ke sifat dan karakteristik biodiesel. Perbedaan mendasar antara biodiesel dan minyak solar ditinjau dari sumber bahan baku diuraikan pada tabel 2.1 berikut.

Tabel 2. 1 Perbedaan Karakteristik antara B100 dan B0 (Direktorat Energi, 2018).

Biodiesel (B100)	Solar (B0)
Terbarukan, diproduksi dari minyak nabati	Tidak terbarukan, diproduksi dari minyak bumi atau sumber daya fosil lain
Terdiri atas campuran ester metil asam-asam lemak jenuh dan tidak jenuh	Terdiri dari senyawa hidrokarbon dengan panjang rantai C ₁₄ -C ₁₈
Bersifat sebagai pelarut (<i>mild solvent</i>) yang sedikit polar sehingga sedikit melarutkan air	Bersifat <i>non-polar</i> , tidak larut dalam air dan tidak melarutkan air.
Kandungan sulfur sangat rendah	Kandungan sulfur tinggi
Terdapat kandungan oksigen (O ₂) dalam biodiesel	Tidak ada kandungan oksigen (O ₂) dalam senyawa
<i>Biodegradable</i>	Sangat sulit terdegradasi
Kestabilan terhadap oksidasi sedang	Kestabilan terhadap oksidasi tinggi
Berpengaruh terhadap material karet alam, dan asfalt, dipengaruhi oleh logam (katalis oksidasi)	Praktis tak berpengaruh pada karet alam dan asfalt serta tak dipengaruhi oleh logam (katalis oksidasi),
Lebih aman disimpan karena titik nyala lebih tinggi	Titik nyala rendah sehingga harus disimpan dengan baik
Berat jenis lebih berat dari B0	Berat jenis relatif lebih ringan dari B100

Untuk mengetahui tingkat perbedaan karakteristik kimia antara biodiesel dan minyak solar, maka dilakukan pengujian laboratorium. Perbedaan keduanya ditampilkan pada tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Perbedaan Parameter Kimia pada B100 dan B0 (Direktorat Energi, 2018).

No.	Parameter	B0	B100
1.	Nilai Kalor	42,7 MJ/kg	37 MJ/kg
2.	Berat Jenis	B0 < B100	
3.	Angka Setana	B0 (min. 48) < B100 (min. 51)	
4.	Titik Nyala	B0 (minimal 55°C) < B100 (minimal 100°C)	
5.	Kandungan Sulfur	B0 (3000 ppm) > B100 (100 ppm)	
6.	Titik Tuang	B0 < B100	

7.	Viskositas	B0 (relatif) < B100	
8.	Polaritas	<i>Non-polar</i>	Sedikit/agak polar
9.	Komposisi Senyawa	Hidrokarbon	Ester metil asam lemak (jenuh dan tidak jenuh)

Sifat dan karakteristik biodiesel ini penting diketahui sehingga dapat memudahkan pihak-pihak pengguna dalam menganalisa beberapa permasalahan pada proses penanganan, penyimpanan, maupun masalah teknis di mesin diesel, seperti yang diuraikan dalam tabel 2.3.

Tabel 2. 3 Konsekuensi dari karakter Biodiesel (B100) (Direktorat Energi, 2018).

No.	Sifat dan Parameter	Konsekuensi
1.	Kandungan Oksigen pada senyawa-senyawa penyusun biodiesel.	Menaikkan angka setana sehingga meningkatkan kesempurnaan pembakaran bahan bakar dalam ruang bakar mesin.
2.	Tingkat kadar ester metil asam lemak tak jenuh ganda dalam biodiesel.	Berakibat buruk pada tingkat kestabilan biodiesel terhadap oksidasi. Dapat diredam dengan pembubuhan aditif antioksidan. Tingkat kestabilan yang rendah terhadap oksidasi menyebabkan biodiesel mudah naik angka asam dan kadar airnya dan membentuk sludge apabila disimpan dalam jangka waktu lama.
3.	Bahan agak polar yang dapat melarutkan sedikit air	Mempengaruhi kejernihan biodiesel. Menimbulkan karat pada logam tertentu.
4.	Kemampuan melarutkan (<i>solveny</i>) yang disebabkan senyawa ester.	Memiliki kemampuan membersihkan kerak dari logam material pipa atau tangki penyimpanan. Mempengaruhi beberapa material elastomer (karet alami, dan sejenisnya). Mengakibatkan pembengkakan (<i>swelling</i>) pada material karet karena proses ' <i>cross-linking</i> ' oleh senyawa ester.
5.	Senyawa organik yang mudah terkontaminasi oleh mikroba	Terjadi bila biodiesel disimpan dalam jangka waktu lama. Timbul karena pengaruh akumulasi air di dasar tangki. Bisa menyebabkan degradasi kualitas biodiesel.

2.2.1 Solveny (efek kelarutan)

Biodiesel merupakan senyawa ester yang memiliki kemampuan untuk melarutkan akumulasi pengotor yang menempel pada dinding tangki penyimpanan, tangki bahan bakar mesin, dan perpipaan, khususnya yang telah lama dipakai sebagai penyimpan atau melayani produk minyak solar. Kerak-kerak yang terlarut akan terakumulasi di dasar tangki maupun sedikit teremulsi di dalam bahan bakar, yang nantinya apabila terikut masuk ke dalam sistem pembakaran dapat menyebabkan tersumbatnya filter bahan bakar hingga malfungsi injektor (Direktorat Energi, 2018).

2.2.2 Air dan sedimen

Keberadaan air dalam biodiesel dapat bersumber dari proses pemurnian yang belum sempurna dari proses produksi biodiesel, juga air bebas yang bertambah akibat prosedur penanganan dan penyimpanan yang belum maksimal. Akumulasi air pada dasar tangki akan mendorong pertumbuhan mikroba, selain itu perbedaan tingkat afinitas biodiesel dan minyak solar dapat menyebabkan pembentukan emulsi yang ditandai dengan keruhnya bahan bakar dalam penyimpanan. Air juga dapat menyebabkan karat pada logam-logam tertentu dan berpotensi menurunkan efisiensi pembakaran.

Pemisahan air dapat dilakukan dengan proses separasi, dengan bantuan peralatan *water stripping filter* atau dengan *water coalescence filter*. Air yang terakumulasi nantinya akan terkumpul di bagian bawah filter dan perlu dilakukan pengurasan harian untuk mencegah terserapnya kembali air ke bahan bakar. Penggunaan filter berlapis (*multi stage filter*) dapat membantu mengurangi beban kerja filter utama (Direktorat Energi, 2018).

2.2.3 Stabilitas dan pembentukan deposit

Stabilitas oksidasi biodiesel dibatasi minimal 8 jam (SNI 7182:2015), namun produksi biodiesel di Indonesia yang menggunakan bahan baku berbasis minyak sawit menghasilkan biodiesel dengan stabilitas oksidasi rata-rata lebih dari 12 jam tanpa tambahan anti oksidan.

Stabilitas oksidasi - dikarenakan sifat kimianya, biodiesel lebih mudah mengalami degradasi oksidatif dibandingkan minyak solar. Hal ini berkaitan dengan tingginya kandungan senyawa ester *poli unsaturasi* yang mengandung banyak ikatan rangkap dan rentan terhadap oksidasi. Rendahnya nilai stabilitas oksidasi dapat menyebabkan permasalahan pada elastomer khususnya pada sistem saluran bahan bakar. Produk oksidasi yaitu hidroperoksida mudah terpolimerisasi dengan radikal bebas yang akhirnya membentuk sedimen tidak terlarut dan gum, menyebabkan penyumbatan filter bahan bakar dan deposit pada sistem injeksi dan ruang bakar (Mittelbach and Gangl, 2001). Produk oksidasi lainnya seperti aldehid, keton, dan asam karboksilat rantai pendek dapat menyebabkan permasalahan korosi pada sistem injeksi. Hal ini dikarenakan kenaikan angka asam dan peningkatan angka peroksida.

Stabilitas termal – dalam sistem injeksi diesel, sebagian bahan bakar disirkulasikan dan mengalami tekanan termal dalam waktu yang cukup panjang. Pada awal kerusakan minyak dan asam lemak, radikal bebas memulai proses siklisasi dan oligomerisasi. Industri otomotif mensyaratkan stabilitas termal minimum untuk mencegah pembentukan produk polimerisasi, menyebabkan senyawa lengket pada pompa injeksi maupun penyumbatan filter bahan bakar (Direktorat Energi, 2018).

Stabilitas penyimpanan – berkaitan dengan masa akhir penyimpanan biodiesel. Perubahan selama penyimpanan dapat disebabkan oleh reaksi hidrolitik dan oksidatif. Pada tahap awal terjadi pembentukan asam karboksilat bebas yang ditandai dengan kenaikan angka asam, selanjutnya membentuk hidroperoksida yang diikuti dengan pembentukan produk terpolimer dan kenaikan viskositas bahan

bakar. Reaksi hidrolitik diawali dengan tingginya kandungan asam lemak bebas dan air, serta pengotor higroskopik lainnya. Laju degradasi oksidatif tergantung pada komposisi asam lemak bebas, paparan udara, cahaya/panas matahari, dan antioksidan (Direktorat Energi, 2018).

2.2.4 Pengaruh suhu lingkungan

Suhu merupakan salah satu kondisi yang perlu diperhatikan dalam penanganan (penyimpanan dan transportasi) biodiesel dan campurannya. Pada cuaca dingin, biodiesel dapat mengendapkan gel yang akan menyumbat filter pada peralatan dan menjadi terlalu kental untuk dipompa. Parameter yang perlu dimonitor untuk penanganan biodiesel adalah sebagai berikut (Direktorat Energi, 2018) :

- a. *Cloud point*/titik kabut, yaitu suhu dimana ‘awan’ padatan (gabungan kristal-kristal kecil) mulai terbentuk di dalam biodiesel. Padatan ini dapat menyumbat filter dan dapat mengendap di dalam tangki penyimpanan.
- b. *Pour point*/titik tuang, yaitu suhu dimana telah terbentuk sangat banyak ‘awan’ padatan/kristal di seluruh badan cairan, sehingga cairan (biodiesel) tidak dapat mengalir sekalipun dipompa. Titik tuang biasanya lebih rendah dari titik kabut.

2.2.5 Biodegradasi

Kontaminasi mikrobiologikal seperti *aerobic* jamur, bakteri, dan yeast dapat timbul akibat tingginya kadar air di dalam Biodiesel. *Anaerobic colonies*, yang biasanya mereduksi sulfur, dapat aktif di dalam sedimen pada permukaan tangki dan menyebabkan korosi. Untuk mencegah adanya kontaminasi mikrobiologis di dalam biodiesel yang akan disimpan cukup lama (katakanlah lebih dari sebulan), dapat ditambahkan bahan aditif (*biocides*) yang biasa digunakan untuk solar (Direktorat Energi, 2018).

2.3 Kerusakan biodiesel

Seperti yang disebutkan diatas bahwa biodiesel adalah bahan bakar yang memiliki stabilitas rendah, sehingga mudah mengalami kerusakan.

2.3.1 Penyebab kerusakan minyak

Dibawah ini adalah penyebab dari kerusakan biodiesel, diantaranya adalah sebagai berikut :

- a. **Hidrolisis**, Dengan adanya air, dapat terhidrolisis menjadi gliserol dan asam lemak. Reaksi ini dipercepat oleh asam basa, enzim-enzim. Hidrolisis sangat menurunkan mutu minyak nabati. Minyak yang terhidrolisis, *smoke point*-nya menurun, bahan-bahan menjadi coklat dan lebih banyak menyerap minyak (Sudarmadji dkk, 1996), (Ketaren, 1986), (Ketaren, 2005).
- b. **Oksidasi**, Kerusakan minyak yang utama adalah timbulnya bau dan rasa tengik yang disebut proses ketengikan. Hal ini disebabkan oleh autooksidasi radikal asam lemak tidak jenuh dalam lemak. Autooksidasi dimulai dengan

pembentukan radikal-radikal bebas yang disebabkan oleh faktor-faktor yang mempercepat reaksi seperti cahaya, panas, peroksida (F.G. Winarno, 2004).

2.3.2 Faktor kecepatan reaksi oksidasi minyak

Faktor-faktor yang mempercepat oksidasi (akselerator) dapat dibagi menjadi 4 kelas yaitu (F.G. Winarno, 2004), (Siti Yubaidah, 2009) :

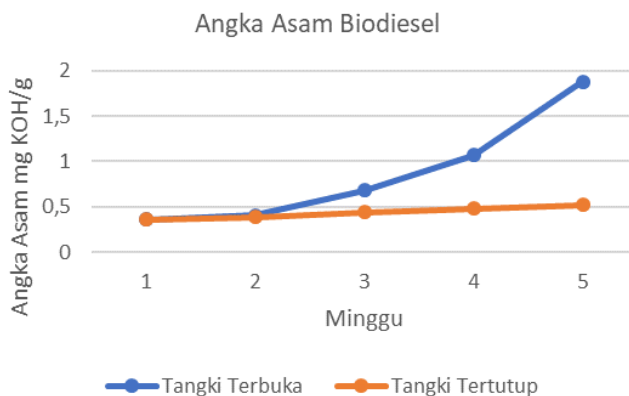
- a. Radiasi, misalnya oleh panas dan cahaya. Kecepatan oksidasi lemak yang dibiarkan terpapar di udara akan bertambah dengan kenaikan suhu dan akan berkurang dengan penurunan suhu. Kecepatan akumulasi peroksida selama proses aerasi minyak pada suhu 100-115° C adalah 2 x lebih besar dibandingkan pada suhu 10° C. Kombinasi dari oksigen dan cahaya akan mempercepat proses oksidasi.
- b. Bahan Pengoksidasi, misalnya peroksida, perasid, ozon, asam nitrat serta beberapa senyawa organik nitro dan aldehide aromatik
- c. Katalis Metal, khususnya garam dari beberapa macam logam berat seperti Cu, Fe, Co dan Mn.
- d. Sistem Oksidasi, misalnya adanya katalis organik yang labil terhadap panas.

2.4 Penyimpanan biodiesel

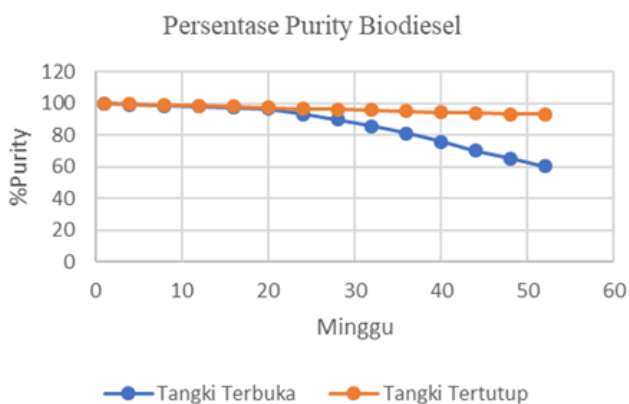
Penyimpanan biodiesel direkomendasikan tidak lebih dari 3 (tiga) bulan, kecuali di dalam tangki yang ruang uapnya bebas oksigen (misalnya dengan *nitrogen blanket*), atau biodieselnnya sudah dibubuhi antioksidan, dan pada tangki terpasang filter udara sehingga ketika biodiesel dikeluarkan dari tangki, udara yang masuk ke dalam ruang uap tangki bebas dari mikroba. Penyimpanan biodiesel disarankan tidak dilakukan di dalam tangki bawah tanah, kecuali temperatur tangki bawah tanah tersebut dapat dijamin tidak pernah lebih rendah dari titik kabut biodiesel, dan tangki bebas rembesan air. Hal-hal berikut ini harus diperhatikan dalam penyimpanan Biodiesel (Direktorat Bioenergi, 2018), yaitu:

- a. Biodiesel sebaiknya disimpan pada suhu tidak lebih rendah dari titik kabutnya.
- b. Penyimpanan biodiesel maupun pencampurannya dengan minyak solar disarankan tidak dilakukan di lokasi-lokasi yang suhunya bisa lebih rendah dari 20°C.

Penyimpanan biodiesel dengan kondisi terbuka akan menyebabkan kenaikan bilangan asam yang signifikan dibanding dengan penyimpanan dengan kondisi tertutup. Seperti pada gambar 2.2 penyimpanan selama 5 minggu pada kondisi terbuka angka asam naik menjadi 1,88 mg KOH/g dengan awalnya angka asam yaitu 0,36 mg KOH/g. Sedangkan pada kondisi tertutup hanya mengalami sedikit kenaikan menjadi 0,52 mg KOH/g (R. Sudradjat, dkk. 2009). Sedangkan pada gambar 2.3 untuk kemurnian (*Purity*) dari biodiesel yang disimpan tertutup selama 52 minggu dari awalnya 99,7% menurun menjadi 92,9%, dan yang terbuka menjadi 60,2%. Yang dimaksud kemurnian adalah keadaan atau kondisi fisik biodiesel masih sama dengan awal penyimpanan, sehingga jika nilai *purity* rendah maka kondisi biodiesel yang disimpan sudah berbeda jauh dengan awalnya. Dan untuk angka asamnya yang tertutup dari 0,15 mg KOH/g menjadi 0,75 mg KOH/g dan yang terbuka menjadi 17,69 mg KOH/g. (Leung, dkk. 2009).



(a)



(b)

Gambar 2. 2 (a) Perbandingan angka asam biodiesel (R.Sudradjat, dkk. 2009) dan (b). % Purity biodiesel pada penyimpanan terbuka dan tertutup. (Leung, dkk. 2009).

Sehingga sangat disarankan untuk tangki penyimpanan biodiesel dengan desain tertutup dan sebisa mungkin mengurangi kontak dengan udara secara langsung. Berdasarkan Pedoman Umum Penanganan dan Penyimpanan Bahan Bakar Biodiesel (B100) dan Campuran Biodiesel (BXX), Kementerian ESDM menyarankan untuk menggunakan tangki jenis *internal floating roof* untuk menyimpan biodiesel, dikarenakan tangki *internal floating roof* bisa dikatakan dua kali mengurangi kontak udara dengan biodiesel.

2.5 Tangki penyimpanan

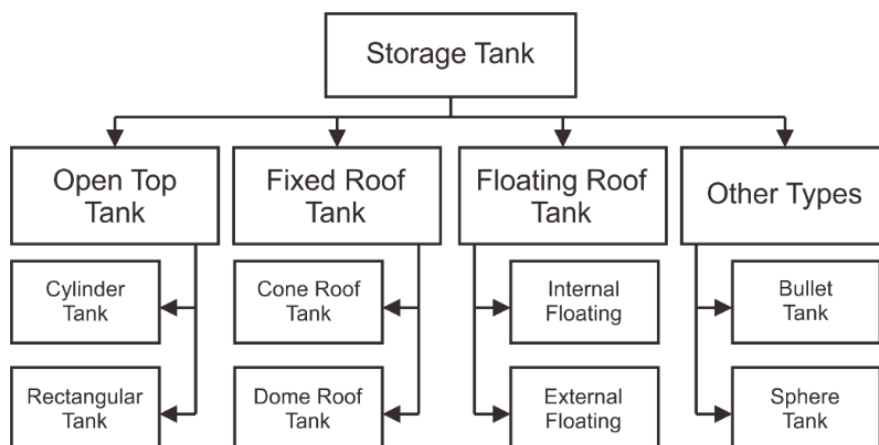
Tangki penyimpanan atau biasanya di darat disebut dengan tangki timbun adalah tempat yang digunakan untuk menyimpan produk minyak sebelum didistribusikan kepada konsumen. Tangki timbun ini biasanya berukuran sangat besar dan digunakan

untuk tekanan rendah. Di dalam suatu *refinery*, tangki memiliki desain yang beranekaragam berdasarkan fungsinya atau jenis fluida yang ditampungnya.

Konstruksi, bentuk, tekanan kerja, jenis atap tangki dapat diklasifikasikan berdasarkan fungsional operasi, suhu dan tekanan operasi, konstruksi material, dan geometri dari tangki itu sendiri. Tipe tangki yang paling banyak dijumpai dapat diklasifikasikan berdasarkan bentuk geometri tangki (Dewi Cendana, 2011).

2.5.1 Jenis-jenis tangki penyimpanan

Storage tank atau tangki penyimpanan dapat memiliki berbagai macam bentuk dan tipe seperti yang ditunjukkan gambar 2.3 berikut. (Dewi Cendana, 2011).



Gambar 2. 3 Klasifikasi jenis tangki penyimpanan

1. Berdasarkan letaknya

Berdasarkan letaknya tangki penyimpanan dibagi menjadi 3 jenis, berikut penjelasan lebih detailnya. Sedangkan pada gambar 2.4 dapat dilihat penggolongan tangki berdasarkan letaknya.

- a. **Aboveground Tank**, Yaitu tangki penimbun yang terletak di atas permukaan tanah. Tangki ini sering dipergunakan untuk menyimpan minyak (*fuel oil*) dan cairan yang mengandung *chemical*. Tangki penimbun ini bisa berada dalam posisi horizontal dan dalam keadaan tegak (*vertical tank*). Dapat dibagi menjadi 2 jenis berdasarkan cara perletakan di atas tanah, yaitu tangki di permukaan tanah dan tangki menara.
- b. **Underground Tank**, Yaitu tangki penimbun yang terletak di bawah permukaan tanah. Tangki ini pada umumnya dipergunakan untuk menyimpan bahan bakar minyak (BBM) di stasiun pompa bahan bakar untuk umum *Station Pump Booster Unit* (SPBU).

- c. **Floating Storage**, Yaitu tangki penyimpanan yang berada di kapal FSO (*Floating Storage & Offloading*). Tangki ini umumnya digunakan untuk bahan bakar gas LNG, LPG, atau hasil *drilling* minyak bumi.



Aboveground tank



Underground tank



Floating storage

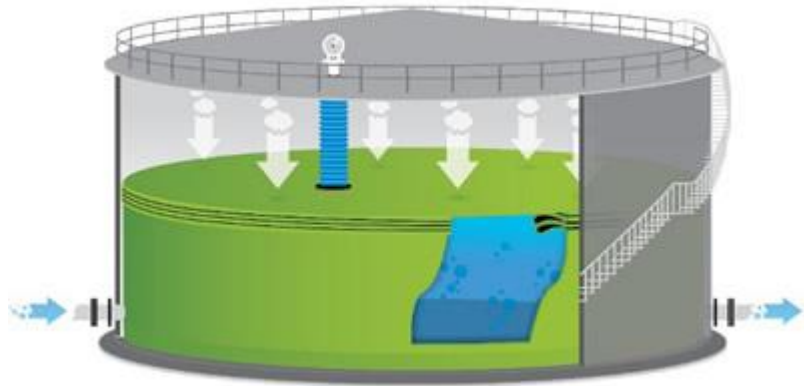
Gambar 2. 4 Penggolongan tangki berdasarkan letaknya

2. Berdasarkan bentuk atapnya

Berdasarkan bentuk atapnya tangki penyimpanan dibagi menjadi 2 jenis, berikut penjelasan lebih detailnya.

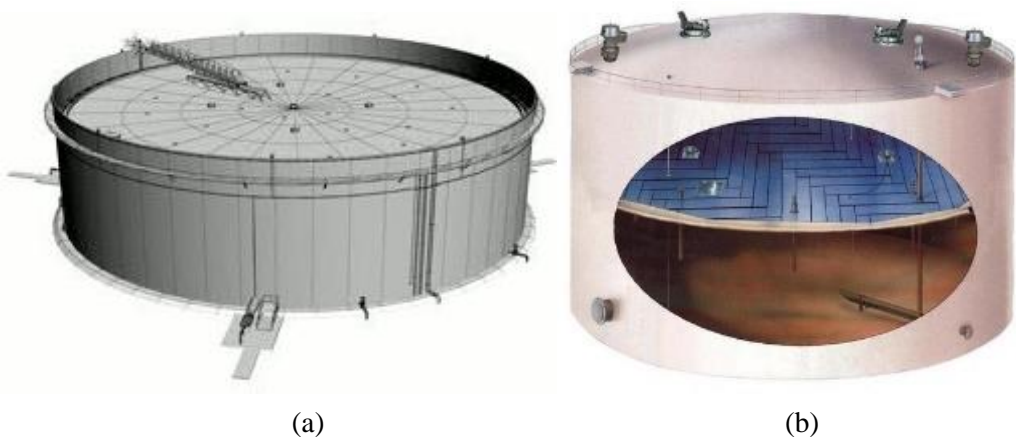
- a. **Fixed Roof Tank**, Dapat digunakan untuk menyimpan semua jenis produk, seperti *crude oil*, *benzene*, *fuel* dan lain – lain termasuk produk atau bahan baku yang bersifat korosif, mudah terbakar, dan ekonomis. Dibagi menjadi dua jenis bentuk atap yaitu :
- **Cone Roof**, Jenis tangki penyimpanan ini paling sering digunakan untuk menyimpan fluida yang tidak terlalu volatil. Mempunyai kelemahan, yaitu terdapat *vapor space* antara ketinggian cairan dengan atap. Jika *vapor space* berada pada keadaan mudah terbakar, maka akan terjadi ledakan. Oleh karena itu *fixed cone roof* tank dilengkapi dengan vent untuk mengatur tekanan dalam tangki sehingga mendekati tekanan atmosfer.

- **Dome Roof**, adalah atap yang dibentuk menyerupai permukaan bulatan dan hanya ditopang pada keliling kubah yang biasanya digunakan untuk menyimpan cairan kimia yang bersifat volatil pada tekanan rendah. Tutup tangki jenis ini berbentuk cembung.



Gambar 2. 5 Fixed roof tank

- b. **Floating Roof Tank**, Yaitu tangki dengan atap terapung, atap tangki dapat bergerak keatas dan kebawah sesuai dengan tinggi permukaan cairan di dalam tangki pada saat itu. Disekeliling atap tangki di lengkapi dengan perapat (*seal*) untuk menahan uap minyak yang keluar melalui sela-sela diantara atap dengan dinding tangki. Tangki ini biasanya digunakan untuk menyimpan minyak mentah dan premium. Keuntungannya yaitu tidak terdapat *vapour space* dan mengurangi kehilangan akibat penguapan. *Floating roof tank* terbagi menjadi dua yaitu *external floating roof* dan *internal floating roof* seperti pada gambar 2.6 di bawah ini.

Gambar 2. 6 (a) *External Floating Roof* (EFR); (b) *Internal Floating Roof* (IFR)

2.6 Floating roof tank

Seperti yang dijelaskan diatas bahwa *floating roof tank* termasuk salah satu jenis tangki penyimpanan. Berikut lebih jelasnya mengenai *floating roof tank* mulai dari sejarah, prinsip kerja, persyaratan design, dan jenis-jenis dari *floating roof tank*, dan keuntungan dari *internal floating roof tank* :

2.6.1 Prinsip kerja

Floating roof tank adalah tangki dengan struktur baja yang memanfaatkan prinsip *built in buoyancy* yang mengakibatkan *floating roof* tangki dapat mengambang atau menempel pada permukaan produk cairan, baik pada tangki jenis tertutup atau terbuka. Untuk melindungi produk di dalam tangki dari evaporasi pada atmosfer dan kontaminasi air hujan yang melalui celah antara rim terluar dan dinding tangki, celah tersebut ditutup dan di isolasi dengan sistem yang fleksibel. (Siew Yeng Kwan, 2009).

2.6.2 Jenis-jenis floating roof

Pada gambar 2.7 menurut API Standard 650, Appendix H, klasifikasi *internal floating roof* dapat dibagi menjadi beberapa jenis, berikut penjelasan tentang jenis *floating roof* serta kelebihan dan kekurangannya menurut Ergil Group dan CTS Group:

a. Metallic pan roof

Kontak dengan liquid secara langsung dan dikelilingi seal, biasanya dibangun dari baja tahan karat.

Kelebihan :

- Meminimalkan adanya kontak udara dengan bahan bakar, karena *roof* bersentuhan langsung dengan bahan bakar
- Pemasangan lebih mudah
- Tidak membutuhkan banyak material, sehingga bisa di katakan ekonomis

Kekurangan :

- Memiliki potensi terjadi deformasi pada *roof* yang mengakibatkan tidak berfungsi seperti pada mestinya
- Stabilitas yang buruk, karena terlalu ringan

b. Metallic bulkhead roof

Kontak dengan liquid secara langsung dan memiliki sekat terbuka dibagian atas, biasanya dibangun dari baja tahan karat.

Kelebihan :

- Meminimalkan adanya kontak udara dengan bahan bakar, karena *roof* bersentuhan langsung dengan bahan bakar

- Pemasangan lebih mudah
- Tidak membutuhkan banyak material, sehingga bisa di katakan ekonomis

Kekurangan :

- Memiliki potensi terjadi deformasi pada *roof* yang mengakibatkan tidak berfungsi seperti pada mestinya
- Stabilitas yang buruk, karena terlalu ringan

c. **Metallic pontoon roof**

Kontak dengan liquid secara langsung dan memiliki pontoon, biasanya dibangun dari baja tahan karat.

Kelebihan :

- Struktur kuat, rentang operasi panjang
- Efisiensi kedap air seal terbaik
- Dapat mengurangi rugi penguapan yang keluar dari tangki sebesar 90%
- Ekonomis dan lebih sedikit material yang digunakan

Kekurangan :

- Hanya dapat di pasang pada tangki baru, karena pada tangki lama perlu dilakukan pembongkaran atap terlebih dulu
- Ketika terjadi guncangan besar dapat merusak dinding tangki

d. **Metallic double deck roof**

Kontak dengan liquid secara langsung dengan lapisan ganda, biasanya dibangun dari baja tahan karat.

Kelebihan :

- Baik digunakan untuk tangki dengan diameter diatas 60 m
- Stabilitas *roof* baik, sehingga memiliki fungsi apung yang baik
- Dapat mengurangi rugi penguapan lebih baik dari *single deck (metallic pontoon roof)*

Kekurangan :

- Cukup mahal karena menghabiskan banyak material
- *Roof* lebih berat sehingga tekanan dalam tangki juga lebih besar
- Ketika terjadi guncangan besar dapat merusak dinding tangki

e. **Metallic roof on float**

Didukung oleh kompartemen ponton tertutup untuk daya apung. *Deck* atap ini tidak bersentuhan penuh dengan permukaan cair dan biasanya dibangun dari paduan aluminium atau baja tahan karat.

Kelebihan :

- Ringan dan biaya rendah
- Pemasangan yang mudah dan cepat

Kekurangan :

- Terdapat rongga udara antara roof dan liquid, sehingga terdapat adanya kontak udara dengan bahan bakar
- Mudahnya terjadi deformasi pada *roof*
- Memiliki rugi penguapan yang tinggi

f. **Metallic sandwich panel roof**

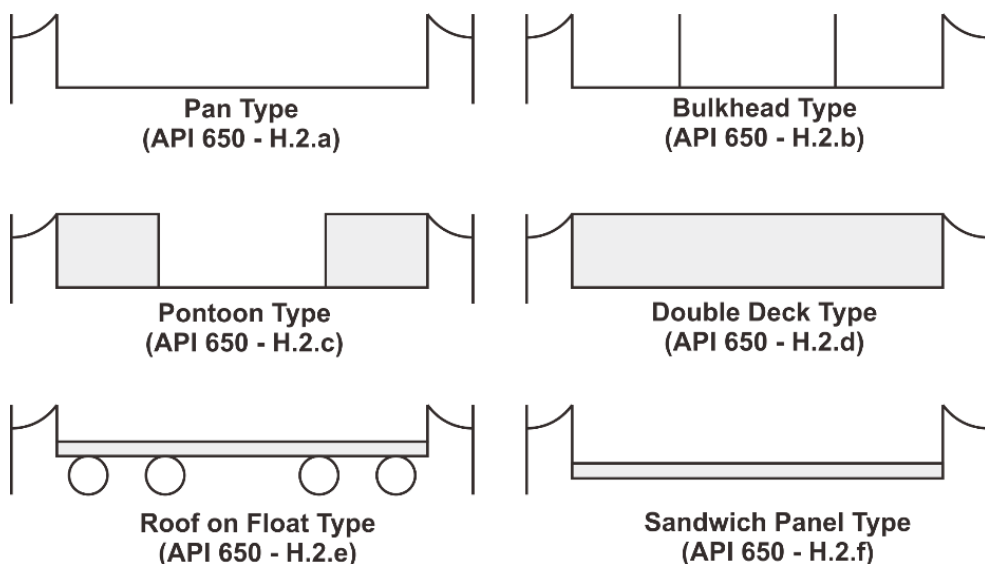
Menggunakan panel sarang lebah dengan permukaan di lapisi cat dan kontak dengan cairan, biasanya dibangun dari baja tahan karat.

Kelebihan :

- Stabilitas *roof* baik, sehingga memiliki fungsi apung yang baik
- Dapat mengurangi rugi penguapan lebih baik dari pada pontoon roof
- Memiliki struktur roof yang kuat, sehingga mengurangi potensi adanya deformasi
- Biaya lebih rendah dibandingkan *double deck*

Kekurangan :

- Ketika lem perekat antar lapisan pada roof krang kuat maka akan terjadi semacam pengelupasan lapisan pada *roof*.



Gambar 2. 7 Tipe *floating roof* menurut API Standard 650

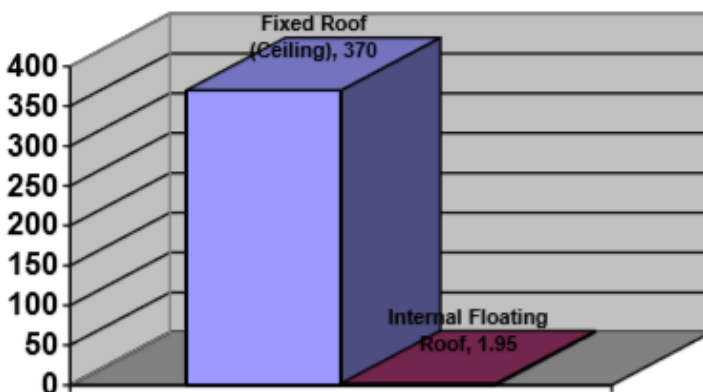
2.6.4 Kelebihan internal floating roof

Dibandingkan dengan jenis bentuk atap tangki lainnya, *internal floating roof* memiliki kelebihan yang paling menonjol adalah *evaporation loss* yang sangat kecil, sehingga adanya pertukaran udara dalam tangki sangat minim. Berikut kelebihan IFR dibandingkan tangki lainnya dapat dilihat pada tabel 2.4 (PT. Wijaya Karya).

Tabel 2. 4 Perbandingan EFR dan IFR

External Floating Roof	Internal Floating Roof
Tidak ada <i>vapor space</i> sehingga mengurangi potensi kebakaran pada area internal tangki.	Tidak ada <i>vapor space</i> sekaligus menghilangkan aroma fuel oil diatas tangki hingga 100 %.
Jika musim hujan , air akan tergenang di bagian atap tangki yang horizontal	Kemungkinan air tergenang tidak ada karena tipe <i>fixed roof</i> berupa dome maupun cone.
Terdapat pipa fleksibel di atap tangki yang digunakan untuk membuang genangan air di atap tangki , pipa ini rawan terjadi kebocoran.	Biaya material dan kontruksi relatif lebih murah (bahan IFR berupa alumunium)
Biaya material dan kontruksi lebih mahal (bahan EFR berupa baja).	

Menurut Ergil Group, Terdapat 2 jenis tangki yang memiliki *Evaporation loss* paling rendah yaitu *fixed roof* dan *internal floating roof*. berdasarkan penelitian ergil group *evaporation loss* dari *fixed roof* lebih besar daripada *internal floating roof*. *fixed roof* memiliki loss sebesar 370 m³/tahun, sedangkan *internal floating roof* hanya memiliki 1,95 m³/tahun seperti pada gambar 2.8 berikut.



Gambar 2. 8 Grafik perbandingan *evaporation loss* dari *fixed* & *internal floating roof* menurut Ergil Group Turkey.

2.7. Perancangan tangki internal floating roof

Dalam merancang sebuah tangki maka diperlukan perencanaan yang matang dan berurutan, mulai dari material, tekanan, tegangan, bagian utama, *floating roof*, dan fitting tangki. Berikut ini adalah penjelasan lebih detailnya tentang perancangan tangki.

2.7.1 Material tangki

Material tangki selain kuat harus juga mampu menjaga kondisi dari cairan yang disimpan atau bisa dikatakan kompatibel. Biodiesel memiliki material khusus untuk penyimpanannya. Kompatibilitas material terhadap biodiesel sendiri sangat berbeda dengan terhadap solar. Oleh karena itu, suatu material yang kompatibel dengan solar belum tentu kompatibel dengan biodiesel. Tabel 2.5 menunjukkan kompatibilitas berbagai material non logam terhadap biodiesel.

Tabel 2. 5 Kompatibilitas Elastomer Terhadap Biodiesel (Direktorat Bioenergi, 2018).

Material	Keterangan
Chemraz	Kompatibel
Fluorocarbon	Kompatibel
Fluorosilicon	Efek ringan, meningkatkan <i>swelling</i>
Hifluour	Kompatibel
Nitrile, high aceto-nitrile	Efek ringan dengan penggunaan B20, mempengaruhi <i>swelling</i> dan menurunkan kekuatan
Nitrile, peroxide-cured	Efek ringan dengan penggunaan B20, mempengaruhi <i>swelling</i> dan menurunkan kekuatan
Nylon	Kompatibel
Perfluoroelastomer	Kompatibel
Polyurethane	Efek ringan, meningkatkan <i>swelling</i>
Teflon	Kompatibel
Viton	Kompatibel
Viton A-410C	Kompatibel dengan <i>rapseeds methyl ester</i> , tidak direkomendasikan untuk B20 yang teroksidasi dan di atasnya
Viton F-605c	Kompatibel dengan <i>rapseeds methyl ester</i> , tidak direkomendasikan untuk B20 yang teroksidasi dan di atasnya
Viton GBL-S	Kompatibel dengan <i>rapseeds methyl ester</i> dan semua campuran yang teroksidasi
Viton GF-S	Kompatibel dengan <i>rapseeds methyl ester</i> dan semua campuran yang teroksidasi

Beberapa logam yang dapat mempercepat proses oksidasi dan menyebabkan timbulnya material yang tidak terlarut di dalam biodiesel adalah timah, timbal, kuningin, perunggu, dan zink. Logam yang tergalvanisasi juga tidak kompatibel dengan biodiesel murni maupun campuran. Material konstruksi yang sesuai untuk tangki penyimpanan biodiesel adalah dari baja karbon, baja tahan karat (*stainless steel*), aluminium, baja, *fluorinated polyethylene*, *fluorinated polypropylene*, teflon, dan fiberglass (Direktorat Bioenergi, 2018).

2.7.2 Safety factor tangki

Faktor Keamanan (*Safety factor*) adalah faktor yang digunakan untuk méngevaluasi agar perencanaan elemen mesin terjamin keamanannya dengan dimensi yang minimum (Joseph, 1957). Tabel 2.6 dan 2.7 menunjukkan faktor Keamanan/*Safety Factor* (sf) berdasarkan jenis beban kerjanya.

Tabel 2. 6 Jenis beban kerja *Safety factor* (Engineering ToolBox, 2010)

Equipment	Factor of Safety
Aircraft components	1.5 - 2.5
Boilers	3.5 - 6
Bolts	8.5
Cast-iron wheels	20
Engine components	6 - 8
Heavy duty shafting	10 - 12
Lifting equipment - hooks	8 - 9
Pressure vessels	3.5 - 6
Turbine components - static	6 - 8
Turbine components - rotating	2 - 3
Spring, large heavy-duty	4.5
Structural steel work in buildings	4 - 6
Structural steel work in bridges	5 - 7
Wire ropes	8 - 9

Tabel 2. 7 Rekomendasi penentuan faktor keamanan (Engineering ToolBox, 2010)

Safety Factor (Sf)	Keterangan
1,25 – 1,5	Untuk digunakan dengan bahan yang sangat handal teruji dan lingkungan tidak parah dan beban dapat diperhitungkan.
1,5 – 2,0	Untuk digunakan dengan bahan yang cukup handal teruji dan lingkungan tidak parah dan beban dapat diperhitungkan.
2,0 – 2,5	Untuk digunakan dengan bahan yang cukup handal teruji dan lingkungan tidak parah, namun beban tidak dapat diperhitungkan.
2,5 – 3,0	Untuk material kurang baik atau material getas dengan pembebanan dan lingkungan rata-rata
3,0 – 4,5	Untuk material belum teruji dalam pembebanan dan lingkungan rata-rata. Atau material yang sudah teruji tapi kondisi lingkungan dan pembebanan tidak dapat ditentukan.

2.7.3 Tegangan tangki

Tegangan/stress didefinisikan sebagai besarnya gaya yang diberikan setiap satu satuan luas penampang material. Tegangan maksimum akibat gaya atau beban

maksimum yang mengenai benda, sangat menentukan sekali bagi keberhasilan material benda untuk bertahan dari kerusakan. Karena akan menjadi batasan maksimum bagi kekuatan struktur material benda untuk bertahan dari pembebanan lebih (diluar kondisi normal).

a. Tegangan ijin (σ ijin)

Tegangan ijin adalah tegangan maksimal yang di ijinakan diterima atau boleh bekerja pada material. Tegangan yang terjadi akibat pembebanan yang berlangsung tak terbatas lamanya pada elemen mesin, tanpa mengakibatkan terjadinya kepatahan maupun perubahan bentuk yang menuju ke kerusakan. Tegangan ijin sendiri dapat dicari dengan menggunakan persamaan 2.1 berikut (Pekik, 2018).

$$\sigma \text{ ijin} = \frac{\sigma_y}{sf1 \times sf2} \quad (2.1)$$

Dimana,

σ ijin = Tegangan ijin sesuai ketebalan pelat (N/m²)

σ_y = *Yield stress* material (N/m²)

sf1 = *Safety factor* 1

sf2 = *Safety factor* 2 (0,5 x sf1)

2.7.4 Tekanan & beban tangki

Ketebalan dinding akan berbeda dari dasar tangki sampai puncak. Hal ini karena tekanan zat cair akan semakin tinggi dengan bertambahnya jarak titik dari permukaan zat cair tersebut ke dasar tangki. Sehingga tekanan paling besar adalah tekanan paling bawah.

a. Tekanan uap cairan (Pu)

Perancangan akan dilakukan pada temperatur tersebut dengan tujuan untuk menjaga temperatur fluida di dalam tangki untuk menghindari adanya transfer panas dari dinding tangki ke fluida. Jika terjadi transfer panas dari dinding tangki ke fluida akan menyebabkan tekanan uap fluida semakin besar. Dengan peningkatan tekanan uap, perancangan dinding tangki akan semakin tebal. Nilai Pu biodiesel pada suhu 35°C adalah 0,31 Psi (Papa M. Ndiaye, 2005).

b. Tekanan desain tangki

Ketebalan dinding akan berbeda dari dasar tangki sampai puncak. Hal ini karena tekanan zat cair akan semakin tinggi dengan bertambahnya jarak titik dari permukaan zat cair tersebut ke dasar tangki. Sehingga tekanan paling besar adalah tekanan paling bawah. Tekanan desain dihitung dengan persamaan 2.2 berikut (Coulson, 1988 hal. 637) :

$$P_{\text{design}} = P_{\text{abs}} \times 110\% \quad (2.2)$$

Dimana,

$$P_{\text{design}} = \text{Tekanan desain} \quad (\text{N/m}^2)$$

$$P_{\text{abs}} = \text{Tekanan absolut} \quad (\text{N/m}^2)$$

$$= P_u + P_{\text{Hidrostatik}}$$

$$P_u = \text{Tekanan uap} \quad (\text{N/m}^2)$$

$$P = \text{Tekanan hidrostatik} \quad (\text{N/m}^2)$$

$$= \rho \times g \times H_T$$

2.7.5 Bagian utama tangki

Bagian utama tangki yang dimaksud adalah bagian minimal yang harus ada untuk membentuk suatu tangki. Bagian tersebut adalah dinding, atap dan dasar tangki.

a. Dinding tangki

Ketebalan Dinding Tangki (t_w), Ketebalan pelat dinding yang digunakan sebaiknya lebih besar dari ketebalan pelat dinding rencana, termasuk penambahan korosi atau ketebalan berdasarkan test hidrostatik. Tetapi ketebalan dinding tidak boleh kurang dari ketebalan nominal yang disyaratkan pada tabel 2.8 di bawah ini.

Tabel 2. 8 Ketebalan Pelat Dinding Tangki (API 650).

Panjang Nominal Tangki (m)	Tebal Nominal Pelat (mm)
<15	5
15-36	6
36-60	8
>60	10

Sementara berdasarkan standard API 650 untuk menghitung ketebalan pelat dinding tangki dapat di hitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$t_w = \frac{4,9.D_T.(H_T-0,3).G}{E.Sd} + CA \quad (2.3)$$

$$t_{wh} = \frac{4,9.D_T.(H_T-0,3)}{E.St} \quad (2.4)$$

Dimana,

$$t_w = \text{Ketebalan plat dinding + ketebalan korosi} \quad (\text{mm})$$

$$t_{wh} = \text{Ketebalan plat hidrostatik tes, } t_{wh} < t_w \quad (\text{mm})$$

$$D_T = \text{Diagonal tangki} \quad (\text{m})$$

$$H_T = \text{Tinggi tangki} \quad (\text{m})$$

$$G = \text{Spesifik gravity}$$

$$= \text{Densitas biodiesel/ densitas air}$$

E	= Efisiensi sambungan atau pengelasan, 1	
Sd	= Tekanan leleh material desain	(Mpa)
	= 0,66 x Yield stress	(2.5)
St	= Tekanan leleh material hidrostatis tes	(Mpa)
	= 0,75 x Yield stress	(2.6)
CA	= Corrosion allowance	(mm)
	= 3 mm (Marine Application)	
Hp	= Tinggi pelat	(m)
Bp	= Panjang pelat	(m)

Massa dinding tangki (mw), Massa dinding tangki dapat di cari menggunakan persamaan berikut :

$$mw = 2 \times ((L_T + t_w) + (B_T + t_w)) \times t_w \times H_T \times \gamma_w \quad (2.7)$$

$$ww = mw \times g \quad (2.8)$$

Dimana,

$$\gamma_w = \text{massa jenis material dinding tangki sesuai course} \quad (\text{kg/m}^3)$$

$$g = \text{percepatan gravitasi bumi} \quad (\text{m/s}^2)$$

b. Atap tangki

Atap tangki untuk *internal floating roof* dirancang dengan model *flat roof* untuk memudahkan konstruksi, selain itu mengurangi jumlah udara dalam tangki. Kemudian berdasarkan API 650, tebal pelat atap tangki minimal adalah 5 mm. Massa dari atap tangki sendiri dapat dicari dengan persamaan berikut (Dewi Cendana, 2011) :

$$mt = B_T \times L_T \times t_w \times \gamma_w \quad (2.9)$$

c. Dasar tangki

Berdasarkan API 650, tebal pelat atap tangki minimal adalah 6,5 mm. Sedangkan untuk menentukan tebal pelat dasar tangki dapat menggunakan persamaan berikut (Brownell & Young, 1959) :

Tegangan kerja pada dasar :

- Tegangan berasal dari cairan yang disimpan

$$S_1 = wf : A \quad (2.10)$$

Dimana,

$$wf = \text{Berat cairan yang di simpan} \quad (\text{kg})$$

$$Vf = \text{Volume maksimal cairan tangki} \quad (\text{m}^3)$$

A = Luasan area dasar tangki (m²)

- Tegangan dari berat dinding tangki
 $S_2 = H_T \times \gamma_w \times g$ (2.11)

Dimana,

H_T = Tinggi tangki (m)
 γ_w = Massa jenis dinding tangki (kg/m³)
 g = Percepatan gravitasi (m/s²)

- Koreksi Tegangan
 $S_{\text{to}} = S_1 + S_2$ (2.12)
 $S_{\text{to}} < \text{Tegangan ijin}$

Dimana,

σ = Tegangan ijin material (kN/m²)

Massa pelat dasar tangki sendiri dapat dicari dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (Dewi Cendana, 2011) :

$$mb = B_T \times L_T \times t_w \times \gamma_w \quad (2.13)$$

2.7.6 Internal floating roof

Selain berdasarkan persyaratan desain *floating roof* pada tentang Prinsip Kerja. Berdasarkan API 650 Annex H.4.4.3 juga mengatur tentang desain *internal floating roof* bahwa minimal jarak antara dinding tangki dengan rim adalah 100 mm. Hal ini bertujuan untuk memberi ruang gerak untuk *deck seam* yang tidak terlalu lebar, dan juga tidak terlalu sempit karena bisa merusak dinding tangki. Selain itu syarat yang harus dipenuhi adalah berat mati *floating roof* harus lebih kecil dari kemampuan terapungnya.

2.7.7 Fitting tangki

Fitting atau perlengkapan tangki adalah komponen yang menunjang kerja tangki. Menurut Direktorat Jenderal Standardisasi & Perlindungan Konsumen No. 249/SPK/KEP/12/2013 tentang syarat teknis tangki kapal & API 650, persyaratan *fitting* tangki yang harus ada diantaranya adalah sebagai berikut:

Tabel 2. 9 Persyaratan Fitting Tangki (Dirjen Standardisasi & Perlindungan Konsumen, 2013)

Fitting	Spesifikasi Minimum
Manhole	2, DN minimal 600
Discharge Nozzle	By design

Suction Nozzle	
Drain Nozzle	

Tabel 2. 10 Persyaratan *Fitting Internal Floating roof*

Fitting	Spesifikasi Minimum
Automatic Bleeder Vent	1 Set
Sounding Hatch	
Roof Supporting Legs	



Gambar 2. 9 Manhole tangki



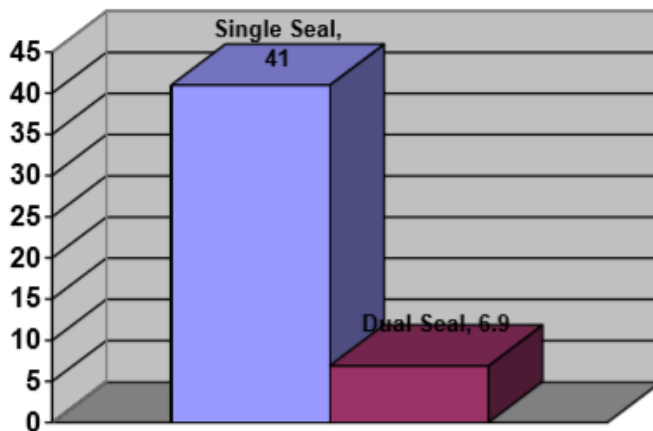
Gambar 2. 10 Nozzle tangki

Gambar 2. 11 *Bleeder vent*

2.7.8 Sistem seal tangki

Sistem seal adalah merupakan hal paling penting dalam perancangan tangki ini, karena sistem seal dapat menentukan berapa baik kedekatan tangki sehingga dapat dikatakan tangki ini sangat dapat meminimalkan kontak udara dengan biodiesel. Terdapat 2 model penggunaan seal yaitu dengan *single seal* dan *double seal*. *Single seal* berarti hanya menggunakan satu seal saja, sedangkan *double seal* berarti menggunakan dua lapis seal.

Menurut Ergil Group (NA), *Double seal* lebih baik untuk melindungi cairan dalam tangki agar tak bertemu dengan udara, sehingga dapat mengakibatkan penguapan atau kerusakan cairan tersebut. Dengan menggunakan *double seal* tangki akan mengalami rugi penguapan sebesar 6,9 m³/tahun, sedangkan *single seal* 41 m³/tahun seperti pada gambar 2.12 berikut.



Gambar 2. 12 Grafik perbandingan *evaporation loss* antara *double seal* dengan *single seal* menurut Ergil Group Turkey.

Untuk penampakan gambar sealnya dapat dilihat pada gambar 2.13. (Standard API 650), serta karakteristik dari beberapa perusahaan pembuatan seal terdapat sebagai berikut :

- a. **Liquid-mounted rim seal**, seal yang langsung bersentuhan dengan cairan yang di simpan. Contohnya : *Liquid filled seal* dan *Foam log seal*.

Liquid Filled Seal

Karakteristik :

- Instalasi mudah dikerjakan
- Tekanan kedap lembut ke dinding tangki
- Biaya perawatan rendah
- Fleksibilitas sangat baik
- Lebih efektif dari pada *mechanical shoe seal*

- 80% kededapan, sehingga hampir tidak terdapat aroma cairan yang keluar tangki
- Tidak adanya rongga udara antara seal dengan cairan yang disimpan
- Jangka waktu operasi sekitar 25 tahun

Foam Log Seal

Karakteristik :

- Instalasi mudah dikerjakan
- Tekanan kedap lembut ke dinding tangki
- Biaya perawatan rendah
- Fleksibilitas sangat baik
- Lebih efektif dari pada *mechanical shoe seal*
- 100% kededapan, sehingga tidak terdapat sama sekali aroma cairan yang keluar tangki
- Tidak adanya rongga udara antara seal dengan cairan yang disimpan
- Jangka waktu operasi sekitar 25 tahun
- Tidak mengakibatkan kelembapan dalam tangki

- b. Vapor-mounted rim seal**, seal yang tidak langsung bersentuhan dengan cairan yang disimpan. Contohnya : *Flip flop wiper seal*

Flip Flop Wiper Seal

Karakteristik :

- Instalasi mudah dikerjakan
- Tekanan kedap lembut ke dinding tangki
- Biaya perawatan rendah
- Fleksibilitas sangat baik
- 100% kededapan, sehingga tidak terdapat sama sekali aroma cairan yang keluar tangki
- Terdapat rongga udara antara seal dengan cairan yang disimpan
- Jangka waktu operasi sekitar 5-10 tahun
- Jika dipasang sebagai single seal, maka dapat mengakibatkan kelembapan dalam tangki

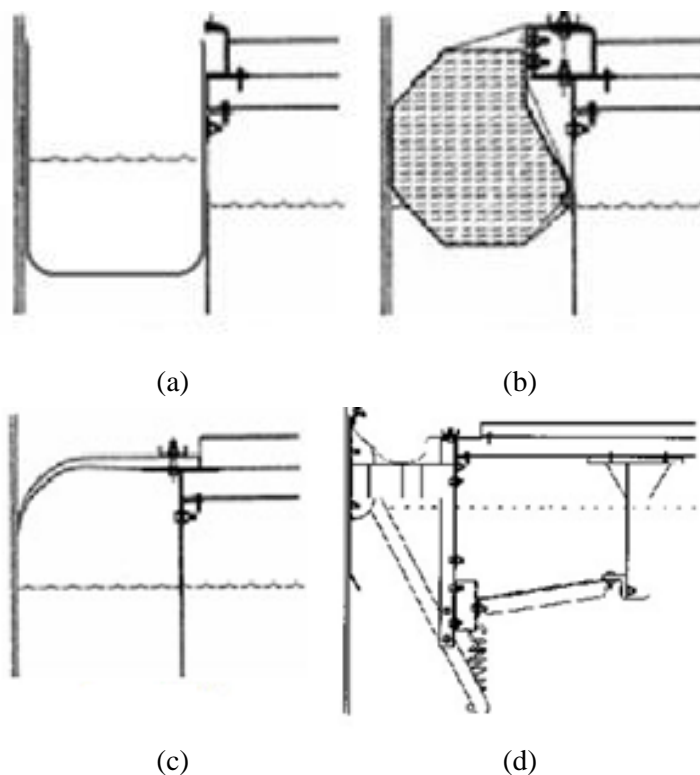
- c. Mechanical shoe**, seal berkerja dengan cara mekanik untuk menutup celah floating roof dengan dinding tangki. Contohnya : *Scissor shoe seal*.

Scissor Shoe Seal

Karakteristik :

- Instalasi mudah dikerjakan
- Tekanan kedap lembut ke dinding tangki
- Biaya perawatan rendah
- 90% kededapan, sehingga hampir tidak terdapat aroma cairan yang keluar tangki
- Terdapat rongga udara antara seal dengan cairan yang disimpan
- Jangka waktu operasi sekitar 5-10 tahun

- Jika dipasang sebagai single seal, maka dapat mengakibatkan kelembapan dalam tangki



Gambar 2. 13 Jenis seal menurut API Standard 650, (a). *Liquid Filled*, (b). *Foam Log Seal*, (c) *Flip Flop Wiper*, (d). *Scissor Seal*.

2.7.9 Rugi penguapan

Rugi penguapan adalah hilangnya cairan dari dalam tangki akibat proses penguapan. Semua jenis tangki mengalami rugi penguapan. Faktor yang mempengaruhi besar kecilnya rugi penguapan diantaranya adalah bentuk, jenis, dimensi, cairan, sistem seal, cairan yang di simpan, dan lokasi tangki di operasikan. Berdasarkan EPA's AP-42 (*Environmental Protection Agency*), Section 7.1 *Organic Liquid Storage Tanks* dan API MPMS Chapter 19.2 rugi penguapan berasal dua jenis kerugian, yaitu *standing loss* dan *working loss*.

Standing loss berasal dari peningkatan suhu pada siang hari yang dapat mengakibatkan peningkatan tekanan uap dalam tangki. Sedangkan *working loss* berasal dari perubahan volume cairan tangki akibat adanya *pump-in* atau *pump-out*. Perubahan tekanan dalam tangki yang mengakibatkan adanya rugi penguapan. Sehingga rugi penguapan total pada tangki *internal floating roof* dapat di rumuskan dengan persamaan berikut :

$$L_T = L_S + L_W \quad (2.14)$$

Dimana,

L_T = Total rugi penguapan (lb/tahun)

L_S = *Standing loss* (lb/tahun)

L_W = *Working loss* (lb/tahun)

a. Standing loss

Standing loss dapat di cari menggunakan persamaan berikut :

$$L_S = (F_R + F_D) \cdot P^* \cdot M_V \cdot K_C \quad (2.15)$$

Dimana,

F_R = Total faktor rugi rim-seal (lb-moles/tahun)
 $= (K_{RA} + K_{RB} \cdot v^n)$ (2.16)

K_{RA} = Faktor kerugian seal (lb-mole/ft tahun)
 (Lihat Tabel 2.11)

K_{RB} = Faktor kerugian seal akibat kecepatan angin. (lb-mole/(mph)ⁿft yr)
 (Lihat Tabel 2.11)

v = Kecepatan angin rata-rata, (mph)

n = Faktor eksponen rugi seal dan angin (Lihat Tabel 2.11)

F_D = Faktor loss deck-seam (lb-mole/tahun)

P^* = Koefisien tekanan uap

$$= \frac{\frac{P_{VA}}{P_A}}{[1 + (1 - \left[\frac{P_{VA}}{P_A}\right])^{0,5}]^2} \quad (2.17)$$

P_{VA} = Tekanan uap permukaan cairan (psia)

P_A = Tekanan atmosfer (psia)

M_V = Berat rata-rata molekul uap (lb/lb-mole)

K_C = Faktor cairan yang disimpan;
 $= 0.4$ untuk crude oil; 1 untuk cairan lainnya.

Keterangan:

- **Faktor loss deck seam** (F_D), adalah faktor losses yang disebabkan oleh model *fitting* pada deck seam. Deck seam tidak akan mengalami rugi penguapan dengan jenis *fitting welded*, sehingga nilai $F_D = 0$ (HMT Tank, 1978).
- **Tekanan uap permukaan cairan** (P_{VA}), adalah tekanan uap yang terbentuk akibat pengaruh temperatur lingkungan (90°F). Untuk minyak nabati tekanan uap permukaannya adalah sekitar 0,19 sampai 2,16 kPa atau sekitar 0,027 sampai 0,313 psi. (Papa M. Ndiaye, 2005).
- **Berat rata-rata molekul uap** (M_V), minyak nabati memiliki nilai berat molekul uap 40 lb/lb-mole.

b. Working loss

Working loss dapat di cari menggunakan persamaan berikut :

$$L_w = \frac{(0,943).Q.C.\rho}{D} \left[1 + \frac{N_c.F_c}{D} \right] \quad (2.18)$$

Dimana,

$$\begin{aligned} Q &= \text{Kapasitas rata-rata cairan selama setahun} && (\text{bbl/tahun}) \\ &= V_w \times N && (2.19) \\ V_w &= \text{Volume kerja} && (\text{bbl}) \\ N &= \text{Jumlah pengurasan selama setahun} \\ C &= \text{Faktor kondisi tangki} && (\text{Lihat tabel 2.12}) \\ \rho &= \text{Massa jenis cairan} && (\text{lb/gal}) \\ D &= \text{Diagonal tangki} && (\text{ft}) \\ N_c &= \text{Jumlah kolom pendukung fixed roof} \\ F_c &= \text{Diameter efektif kolom} && (\text{ft}) \end{aligned}$$

Keterangan:

- **Kapasitas rata-rata cairan selama setahun (Q)**, adalah jumlah volume kerja dikalikan dengan berapa kali tangki mengalami pengurasan dan pengisian.
- **Volume Kerja (V_w)**, adalah jumlah volume maksimal yang bisa ditampung oleh tangki.
- **Jumlah kolom pendukung fixed roof (N_c)**, untuk tangki dibawah diagonal atau diameter 85 ft atau 25 m cukup menggunakan 1 kolom saja.
- **Diameter efektif kolom (F_c)**, diameter kolom minimal 1 ft.

Sedangkan untuk mengetahui seberapa efektif desain tangki ini mencegah reaksi biodiesel dengan udara maka diperlukan pembanding dengan tangki yang digunakan selama ini. Tangki yang digunakan selama ini adalah jenis *fixed roof tank*. Untuk menghitung rugi penguapan tangki jenis *fixed roof* dapat digunakan persamaan 2.19 berikut :

$$L_T = L_S + L_W$$

Dimana,

$$L_T = \text{Total rugi penguapan} \quad (\text{lb/tahun})$$

$$L_S = \text{Standing loss} \quad (\text{lb/tahun})$$

$$L_W = \text{Working loss} \quad (\text{lb/tahun})$$

a. Standing loss

Standing loss dapat di cari menggunakan persamaan berikut :

$$L_S = 365. V_v. W_v. K_E. K_S \quad (2.20)$$

Dimana,

$$\begin{aligned} V_v &= \text{Vapor space volume} && (\text{ft}^3) \\ &= B_T \times L_T \times H_{VO} && (2.21) \end{aligned}$$

$$H_{VO} = \text{Vapor space outage} \quad (\text{ft})$$

$$= H_T - H_L \quad (2.22)$$

$$H_T = \text{Tinggi tangki} \quad (\text{ft})$$

$$H_L = \text{Tinggi cairan dalam tangki}$$

$$W_V = \text{Vapor density} \quad (\text{lb/ft}^3)$$

$$= \frac{M_V P_{VA}}{RT_{LA}} \quad (2.23)$$

$$M_V = \text{Berat rata-rata molekul uap} \quad (\text{lb/lb-mole})$$

$$P_{VA} = \text{Tekanan uap permukaan cairan} \quad (\text{psia})$$

$$R = \text{Konstanta gas ideal}$$

$$= 10,731 \text{ psia.ft}^3/\text{lb-mole.R}^\circ$$

$$T_{LA} = \text{Temperature permukaan cairan} \quad (\text{R}^\circ)$$

$$K_E = \text{Vapor space expansion factor}$$

$$= \frac{\Delta T_V}{T_{LA}} + \frac{\Delta P_V - \Delta P_B}{P_A - P_{VA}}$$

$$\Delta T_V = 0,72 \Delta T_A + 0,028 \alpha I \quad (2.24)$$

$$\Delta T_A = \text{daily ambient temperature range} \quad (\text{R}^\circ)$$

$$\alpha = \text{tank paint solar absorptance}$$

$$I = \text{daily total solar insolation factor} \quad (\text{Btu/ft}^2 \text{ d})$$

$$\Delta P_V = \text{daily vapor pressure range} \quad (\text{psia})$$

$$= \frac{0,5BP_{VA}\Delta T_V}{T_{LA}^2} \quad (2.25)$$

$$B = \text{constant in the vapor pressure equation} \quad (\text{R}^\circ)$$

$$= 7.261 - 1.216 \ln(\text{RVP}) \quad (2.26)$$

$$\text{RVP} = \text{stock Reid vapor pressure} \quad (\text{psi})$$

$$\ln = \text{natural logarithm function}$$

$$\Delta P_B = \text{breather vent pressure setting range} \quad (\text{psi})$$

$$K_S = \text{Vented vapor saturation factor}$$

$$= \frac{1}{1+0,053P_{VA}H_{VO}} \quad (2.27)$$

Keterangan:

- **Vapor space volume** (V_V), adalah total ruangan yang tersedia atau terbentuk diantara *floating roof* dan *fixed roof*.
- **Tank paint solar absorptance** (α), warna dinding tangki aluminium specular dengan kondisi baik, maka nilainya adalah 0,39.
- **Daily total solar insolation factor** (I), adalah total insulasi sinar matahari selama sehari. Karena tangki dioperasikan di Indonesia maka nilai $I = 20 \text{ MJ/m}^2\text{day}$ atau $1761,10 \text{ Btu/ft}^2\text{day}$. (G.L Morisson, dkk. 1992)
- **RVP**, *Reid Vapor Pressure* adalah tekanan uap (vapor pressure) liquid pada 100°F dalam ukuran absolut (*absolute vapor pressure*). Makin besar RVP suatu sample menunjukkan bahwa sample tersebut semakin mudah menguap. Karena biodiesel lebih sulit menguap maka nilai RVP lebih rendah dari cairan petroleum lainnya, sekitar 2 psi.

b. Working loss

Working loss dapat di cari menggunakan persamaan berikut :

$$L_W = 0,0010 \cdot M_V P_{VA} Q K_N K_P \quad (2.28)$$

Dimana,

M_V = Berat rata-rata molekul uap (lb/lb-mole)

P_{VA} = Tekanan uap permukaan cairan (psia)

Q = Kapasitas rata-rata cairan selama setahun (bbl/tahun)

K_N = Turnovers Factor

= Turnover > 36 = $K_N = 1$

K_P = working loss product factor

$K_P = 0,75$ (For crude oils)

$K_P = 1$ (For all other organic liquids)

Tabel 2. 11 Faktor rugi Rim-seal (EPA's AP-42, 1997)

Rim-seal system		Average Fitting Seals		
		K_{RA}	K_{RB}	n
Mechanical-shoe seal	Primary only	5,8	0,3	2,1
	Shoe-mounted secondary	1,6	0,3	1,6
	Rim-mounted secondary	0,6	0,3	1,0
Liquid-mounted seal	Primary only	1,6	0,3	1,5
	Weather shield	0,7	0,3	1,2
	Rim-mounted secondary	0,3	0,6	0,3
Vapour-mounted seal	Primary only	6,7	0,2	3,0
	Weather shield	3,3	0,1	3,0
	Rim-mounted secondary	2,2	0,003	4,3

Tabel 2. 12 Faktor kondisi tangki (EPA's AP-42, 1997)

Cairan yang disimpan	Kondisi Tangki		
	Karat Ringan	Karat Menengah	Karat Parah
Gasoline	0,0015	0,0075	0,15
Cairan lainnya	0,0015	0,0075	0,15
Crude Oil	0,0060	0,030	0,60

BAB III

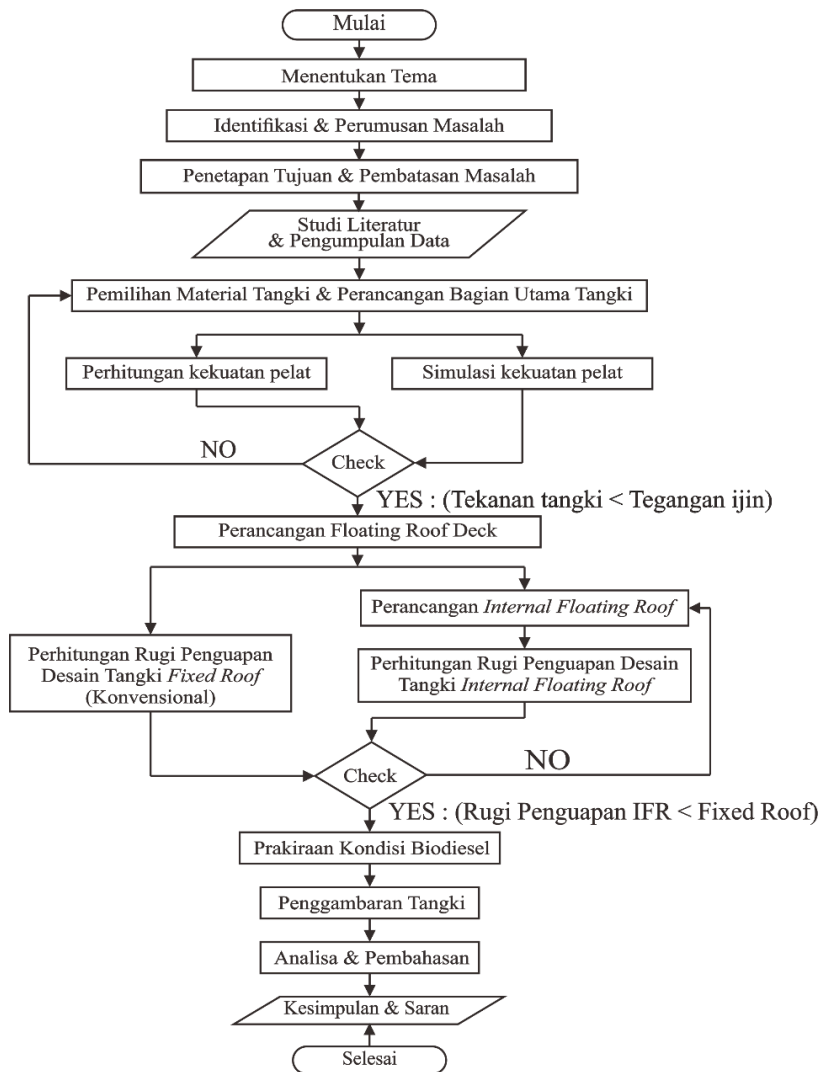
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metodeologi penelitian

Metode penelitian merupakan suatu langkah-langkah sistematis yang akan menjadi acuan dalam penyelesaian masalah (Sugiyono, 2004).

3.2 Diagram alir penelitian

Pada gambar 3.1 adalah diagram alir yang digunakan untuk membantu analisis untuk memecahkan masalah.



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

3.3 Studi literatur & pengumpulan data

a. Studi literatur

Adapun literatur yang dibutuhkan sebagai pertimbangan desain diantaranya adalah sebagai berikut :

- **Karakteristik biodiesel**, Karena bahan bakar yang di simpan adalah biodiesel, maka pengetahuan akan karakteristik biodiesel sangat di perlukan. Hal ini bertujuan untuk mampu merancang tangki yang optimal menyimpan biodiesel.
- **Material tangki penyimpanan biodiesel**, Biodiesel adalah bahan bakar yang sangat sensitif, sehingga material tangki penyimpanan haruslah kompetibel.
- **Pedoman desain tangki internal floating roof**, Untuk merancang tangki penyimpanan yang optimal maka di perlukan berbagai pedoman dan standar desain tangki, terutamanya tangki internal floating roof.
- **Perancangan tangki internal floating roof**, untuk merancang tangki *internal floating roof* dibutuhkan literatur dari berbagai standard. Mulai dari standard utamanya yaitu API 650, sampai ke berbagai standard pelat dan pipa.
- **Perhitungan kekuatan suatu konstruksi**, untuk memastikan bahwa tangki yang dirancang kuat dan aman, maka dibutuhkan literatur yang mampu digunakan untuk menghitung kekuatan tangki tersebut. Beberapa parameter yang digunakan untuk menghitung kekuatan tangki diantaranya tegangan *yield stress*, tegangan ijin, dan tekanan tangki.
- **Perhitungan rugi penguapan**, untuk mengetahui performa dari tangki yang didesain dibanding dengan tangki yang sudah ada maka diperlukan sumber untuk menghitung dari performa tangki tersebut, salah satu parameter performa tangki adalah rugi penguapa.
- **Kondisi biodiesel akibat penyimpanan**, biodiesel adalah bahan bakar yang sensitif terhadap udara, maka dari sana bisa dijadikan sumber literatur untuk memprakirakan kondisi biodiesel saat di simpan menggunakan tangki yang didesain.

b. Pengumpulan data

Adapun data yang perlu di kumpulkan sebagai pertimbangan desain diantaranya adalah sebagai berikut :

- **Distribusi biodiesel**, Data distribusi biodiesel bisa di jadikan sebagai input data untuk menentukan kapasitas tangki yang akan di rancang.
- **Kondisi lokasi operasional**, Kondisi lokasi akan sangat berpengaruh pada desain tangki, karena dalam operasionalnya tangki akan sangat di pengaruhi lingkungan. Kondisi lingkungan yang mempengaruhi di antaranya adalah kecepatan angin, tinggi gelombang, temperatur, dll.
- **Kapal FSO**, Mengetahui data kapal FSO yang akan digunakan, tentunya akan menjadi input data sebagai penentuan dimensi dari tangki itu sendiri.
- **Standard pelat, pipa, flange, dll.** Digunakan untuk memastikan rancangan tangki sudah sesuai standard yang berlaku

- **Fitting maker**, spesifikasi fitting dari maker atau pembuat produk harus diketahui, hal ini digunakan untuk penentuan produk yang mana yang akan digunakan pada tangki.

3.4 Lokasi & kapal floating storage

Dibawah ini adalah data lokasi dan kapal floating storage yang akan digunakan sebagai operasional tangki, berikut penjelasannya :

3.4.1 Peta lokasi operasional

Lokasi operasional ini terletak 3 km dari TBBM Bau-Bau Sulawesi Tenggara, tepatnya pada $5^{\circ}31'17.3''$ Lintang selatan $122^{\circ}32'34.1''$ Bujur timur. Lokasi ini dipilih karena disana terdapat fasilitas pelabuhan dan aktifitas bongkar muat yang cukup ramai. Selain itu, agar distribusi biodiesel tidak terlalu jauh dengan TBBM di Indonesia timur. Berdasarkan data Pertamina, 2019 Jetty di TBBM Bau-bau merupakan salah satu jetty yang melayani impor dan ekspor, sehingga bisa dikatakan disana merupakan wilayah yang cukup strategis. Apalagi wilayahnya tidak langsung bertemu dengan laut yang luas, sehingga kondisi laut cukup stabil. Peta rencana pengoperasian FSO dapat dilihat pada gambar 3.2 berikut.



Gambar 3. 2 Rencana Lokasi Operasional Floating Storage (Google Maps, 2019)

3.4.2 Kondisi geografis

Perairan Bau-bau termasuk dalam kawasan perairan dalam Indonesia, sehingga memiliki keadaan lingkungan yang tidak terlalu ekstrem seperti diperairan luar Indonesia yang langsung berhadapan dengan samudera. Pada tabel 3.1 adalah data kondisi geografis lokasi yang dipilih.

Tabel 3. 1 Kondisi Lingkungan Lokasi

Parameter	Nilai	Sumber
Iklim	Tropis	Roni Kurniawan dkk, 2011
Kedalaman Laut	18 m	Google Earth, 2019
Kecepatan Angin	8 – 12 knots (4 – 6,5 m/s)	Roni Kurniawan, dkk, 2011
Temperatur	26 – 30° C	Pusat Riset Kelautan, 2015
Curah Hujan	10 – 15 mm/hari (Ringan)	Roni Kurniawan, dkk, 2011
Tinggi Gelombang	1 – 2 m	Roni Kurniawan, dkk, 2011
Kelembaban	80%	Pusat Riset Kelautan, 2015
Arah angin dominan	Barat Laut	Roni Kurniawan, dkk, 2011

3.4.3 Kapal floating storage

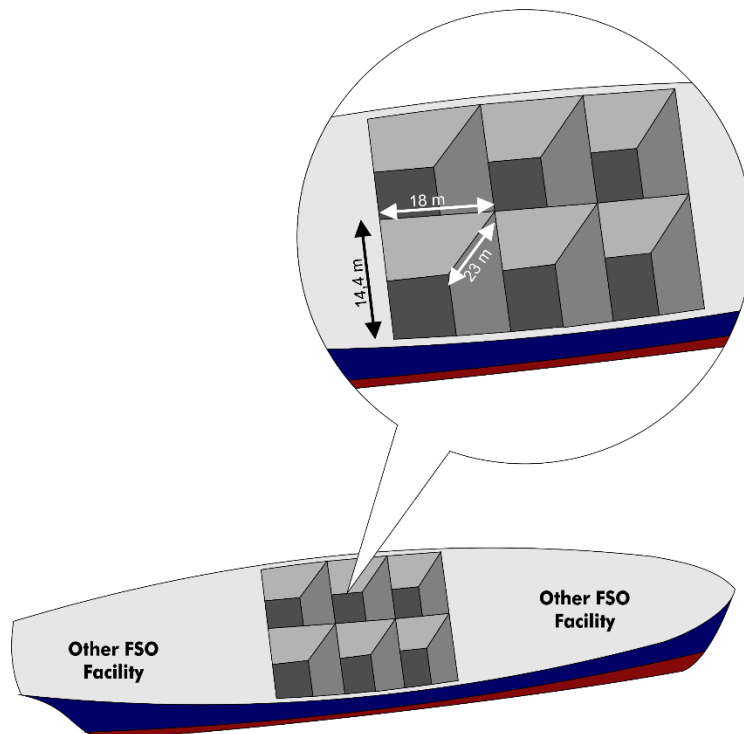
Kapal yang digunakan adalah kapal FSO Cinta Natomas. Tabel 3.2 dibawah ini adalah spesifikasi dimensi dari kapal tersebut. (ABSG Consulting Inc, 2004).

Tabel 3. 2 Data kapal FSO Cinta Natomas

Parameter	Nilai
LOA	183,6 m
LPP	178,8 m
B	40,6 m
H	25,6 m
T	15 m
Cargo Capacity	136. 959 ton
Maximum Discharger Rate	3 x 335.843 bareel/day
Cargo Tank Number	24 tanks
Frame Spacing	0,8 m

3.4.4 Penentuan kapasitas & dimensi tangki

Karena terdapat 24 tangki pada kapal FSO yang digunakan rencana penempatan tangki berada di sekitar *parallel middle body* dari kapal, sehingga bentuk tangki dapat menjadi bujur sangkar. Pemberian sekat pada *center line* untuk mengurangi pengaruh adanya sloshing. Penentuan dimensi tangki tergantung pada dimensi dari kapal sendiri, berdasarkan data dimensi kapal maka di ambil dimensi tangki dengan pertimbangan adanya ruang untuk wing tank dan double bottom kapal, yaitu sebagai berikut : B_T : 18 m, H_T : 23 m, L_T : 14,4 m, V_T : 4.924,6 m³. Penempatannya dapat di lihat pada gambar 3.3 berikut.



Gambar 3. 3 Rencana penempatan tangki di kapal FSO

3.5 Pemilihan material

Berdasarkan dari Direktorat Bioenergi, 2018 terdapat beberapa rekomendasi material, karakteristik yang dibutuhkan adalah tahan korosi, tidak mudah teroksidasi, cukup kuat, dan ekonomis, maka di pilih aluminium. Aluminium 5083 merupakan paduan aluminium dengan magnesium (Mg), paduan ini memiliki sifat tidak dapat diperlakukan panas, tetapi memiliki sifat baik dalam daya tahan korosi terutama korosi oleh air laut dan sifat mampu las. Al-Mg banyak dipakai untuk konstruksi umum termasuk konstruksi kapal. Untuk detail spesifikasi pelat dapat dilihat pada Lampiran 1. Adapun propertis dari aluminium 5083 (BS EN 573-3,2009):

Tabel 3. 3 Propertis Aluminium 5083 (BS EN 573-3,2009).

Propertis	Nilai	Satuan
Massa jenis	2,66	Ton/m ³
Melting Point	570	°C
Thermal Expansion	25×10^{-6}	/K
Modulus of Elasticity	72	GPa
Thermal Conductivity	121	W/m.K
Electrical Resistivity	$0,058 \times 10^{-6}$	Ω.m

Tabel 3. 4 Persentase logam campuran aluminium 5083 (BS EN 573-3,2009).

Komponen	%(Max)	Komponen	%(Max)	Komponen	%(Max)
Al	95,6	Mn	1	Si	0,4
Mg	4,9	Fe	0,4	Ti	0,15
Cr	0,25	Cu	0,1	Zn	0,25

Tabel 3. 5 Propertis pelat aluminium 5083 tebal 6,3-80 mm (BS EN 485-2, 2008)
(ABS, Rules for Materials and Welding, 2006)

Mechanical Property	Value	Unit
Yield Stress	145	MPa
Tensile Strength	300	MPa
Hardness Brinell	75	HB

3.5.1 Penentuan safety factor

Material yang digunakan sudah teruji dan data profil materialnya ada. Tangki ini dioperasikan di kapal FSO, yang berarti kondisi lingkungan masih belum dapat ditentukan langsung. Sesuai dengan tabel 2.6 dan tabel 2.7 perancangan tangki dapat digolongkan dalam *pressure vessel* dan digunakan dengan bahan yang cukup handal teruji dan lingkungan tidak parah, namun beban tidak dapat diperhitungkan sehingga nilai *safety factor* yang diambil adalah 4.

3.5.2 Perhitungan tegangan ijin tangki

Tegangan ijin adalah tegangan maksimal yang diijinkan diterima atau boleh bekerja pada material. Tegangan ijin sendiri dapat dicari dengan menggunakan persamaan berikut (Pekik, 2018).

$$\sigma \text{ ijin} = \frac{\sigma_y}{sf_1 \times sf_2}$$

Dimana,

$$\begin{aligned} \sigma \text{ ijin} &= \text{Tegangan ijin sesuai ketebalan pelat} && (\text{N/m}^2) \\ \sigma_y &= \text{Yield stress material} && (\text{N/m}^2) \\ &= 145.000 \text{ kN/m}^2 && (\text{untuk pelat 80 mm}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= (30/80) \times 145.000 \\ &= 54.375 \text{ kN/m}^2 && (\text{untuk pelat 30 mm}) \end{aligned}$$

$$sf_1 = 4$$

$$sf_2 = 2$$

$$\begin{aligned} \sigma \text{ ijin} &= \frac{\sigma_y}{sf_1 \times sf_2} \\ &= \frac{54.375}{4 \times 2} \\ &= 6.797 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

3.5.3 Perhitungan tekanan hidrostatik tangki

Tekanan hidrostatik tangki adalah tekanan yang disebabkan oleh cairan didalam tangki sesuai dengan ketinggian cairan tersebut. Tekanan hidrostatik dapat dicari menggunakan formula berikut :

$$P_{hd} = \rho \times g \times H_T$$

Dimana,

$$\begin{aligned} \rho &= \text{Massa jenis biodiesel} \\ &= 0,87 \text{ ton/m}^3 \\ g &= \text{Percepatan gravitasi} \\ &= 9,8 \text{ m/s}^2 \\ H_T &= \text{Tinggi cairan per course} \\ P_{hd} &= \rho \times g \times H_T \text{ (Course 1)} \\ &= 0,87 \times 9,8 \times 23 \\ &= 196 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

3.5.4 Perhitungan tekanan desain tangki

.Tekanan desain dihitung dengan persamaan (Coulson, 1988 hal. 637) :

$$P_{design} = P_{abs} \times 110\%$$

Dimana,

$$\begin{aligned} P_{design} &= \text{Tekanan desain} && (\text{N/m}^2) \\ P_{abs} &= \text{Tekanan absolut} && (\text{N/m}^2) \\ &= P_u + P_{Hidrostatik} \\ P_u &= \text{Tekanan uap} && (\text{N/m}^2) \\ &= 0,31 \text{ psi} \\ &= 2,14 \text{ kN/m}^2 \\ P_{hd} &= \text{Tekanan hidrostatik} && (\text{N/m}^2) \\ &= \rho \times g \times H_T && (\text{Course 1}) \\ &= 196 \text{ kN/m}^2 \\ P_{abs} &= 2,14 + 196 \\ &= 198,14 \text{ kN/m}^2 \\ P_{design} &= P_{abs} \times 110\% \\ &= 218,064 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

3.6 Perhitungan desain bagian utama tangki

Seperti yang dijelaskan pada bab 2, bahwa bagian utama tangki adalah bagian minimal yang harus ada untuk membentuk suatu tangki. Bagian tersebut adalah dinding, atap dan dasar tangki. Berikut adalah detail metode yang digunakan untuk merancang bagian utama tangki.

3.6.1 Dinding tangki

Dalam merancang dinding tangki material yang digunakan adalah berdasarkan hasil pemilihan material diatas, yaitu Aluminium 5083. Berikut perhitungan ketebalan dan massa dari dinding tangki yang di rancang :

$$t_w = \frac{4,9.D_T.(H_T-0,3).G}{E.S_d} + CA$$

$$t_{wh} = \frac{4,9.D_T.(H_T-0,3)}{E.St}$$

Dimana,

t_w	= Ketebalan plat dinding + ketebalan korosi	(mm)
t_{wh}	= Ketebalan plat hidrostatis tes, $t_{wh} < t_w$	(mm)
D_T	= Diagonal Tangki	(m)
	= 23,01	m
H_T	= Tinggi Tangki	(m)
	= 23	m
G	= Spesifik Gravity	
	= 0,87	
E	= Efisiensi sambungan = 1	
S_d	= Tekanan leleh material desain	(Mpa)
	= 0,66 x Yield Stress	
	= 0,66 x 145	
	= 95,7	MPa
St	= Tekanan leleh material hidrostatis tes	(Mpa)
	= 0,75 x Yield Stress	
	= 0,75 x 145	
	= 108,75	Mpa
CA	= Corrosion Allowance	(mm)
	= 3 mm (Marine Application)	
H_p	= Tinggi Pelat	(m)
B_p	= Panjang Pelat	(m)

1. Course 1

Dimensi pelat yang digunakan adalah 3 m x 1,5 m (Righton, Al 5083 H111), sedangkan tebal yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$t_w = \frac{4,9 \times 23 \times (23-0,3) \times 0,87}{1 \times 0,66 \times 145} + 3 \text{ mm}$$

$$= 26,309 \text{ mm}$$

$$t_{wh} = \frac{4,9 \times 23 \times (23-0,3)}{1 \times 0,75 \times 145}$$

$$= 23,57 \text{ mm}$$

Berdasarkan yang tersedia, tebal pelat course 1 yang digunakan adalah 30 mm

$$\begin{aligned} mw &= 2 \times ((L_T + t_w) + (B_T + t_w)) \times t_w \times H_T \times \gamma_w \\ &= 2 \times ((14,4 + 0,030) + (18 + 0,030)) \times 0,030 \times 3 \times 2,66 \\ &= 15,541 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ww &= mw \times g \\ &= 152,31 \text{ N} \end{aligned}$$

2. Course 2

Dimensi pelat yang digunakan adalah 3 m x 1,5 m (Righton, Al 5083 H111), sedangkan tebal yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$t_w = \frac{4,9 \times 23 \times (20-0,3) \times 0,87}{1 \times 0,66 \times 145} + 3 \text{ mm}$$

$$= 23,28 \text{ mm}$$

$$t_{wh} = \frac{4,9 \times 23 \times (20-0,3)}{1 \times 0,75 \times 145}$$

$$= 20,46 \text{ mm}$$

Berdasarkan yang tersedia, tebal pelat course 2 yang digunakan adalah 25 mm

$$\begin{aligned} mw &= 2 \times ((L_T + t_w) + (B_T + t_w)) \times t_w \times H_T \times \gamma_w \\ &= 2 \times ((14,4 + 0,025) + (18 + 0,025)) \times 0,025 \times 3 \times 2,66 \\ &= 12,94 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ww &= mw \times g \\ &= 126,89 \text{ N} \end{aligned}$$

3. Course 3

Dimensi pelat yang digunakan adalah 3 m x 1,5 m (Righton, Al 5083 H111), sedangkan tebal yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$t_w = \frac{4,9 \times 23 \times (17-0,3) \times 0,87}{1 \times 0,66 \times 145} + 3 \text{ mm}$$

$$= 20,14 \text{ mm}$$

$$t_{wh} = \frac{4,9 \times 23 \times (17-0,3)}{1 \times 0,75 \times 145}$$

$$= 17,34 \text{ mm}$$

Berdasarkan yang tersedia, tebal pelat course 3 yang digunakan adalah 20 mm

$$\begin{aligned}
 mw &= 2 \times ((L_T+t_w) + (B_T+t_w)) \times t_w \times H_T \times \gamma_w \\
 &= 2 \times ((14,4 + 0,020) + (18 + 0,02)) \times 0,020 \times 3 \times 2,66 \\
 &= 10,35 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 ww &= mw \times g \\
 &= 101,47 \text{ N}
 \end{aligned}$$

4. Course 4

Dimensi pelat yang digunakan adalah 3 m x 1,5 m (Righton, Al 5083 H111), sedangkan tebal yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 t_w &= \frac{4,9 \times 23 \times (14-0,3) \times 0,87}{1 \times 0,66 \times 145} + 3 \text{ mm} \\
 &= 20,14 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 t_{wh} &= \frac{4,9 \times 23 \times (14-0,3)}{1 \times 0,75 \times 145} \\
 &= 17,34 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan yang tersedia, tebal pelat course 4 yang digunakan adalah 20 mm

$$\begin{aligned}
 mw &= 2 \times ((L_T+t_w) + (B_T+t_w)) \times t_w \times H_T \times \gamma_w \\
 &= 2 \times ((14,4 + 0,020) + (18 + 0,02)) \times 0,020 \times 3 \times 2,66 \\
 &= 10,35 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 ww &= mw \times g \\
 &= 101,47 \text{ N}
 \end{aligned}$$

5. Course 5

Dimensi pelat yang digunakan adalah 3 m x 1,5 m (Righton, Al 5083 H111), sedangkan tebal yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 t_w &= \frac{4,9 \times 23 \times (11-0,3) \times 0,87}{1 \times 0,66 \times 145} + 3 \text{ mm} \\
 &= 13,98 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 t_{wh} &= \frac{4,9 \times 23 \times (11-0,3)}{1 \times 0,75 \times 145} \\
 &= 11,11 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan yang tersedia, tebal pelat course 5 yang digunakan adalah 15 mm

$$\begin{aligned}
 mw &= 2 \times ((L_T+t_w) + (B_T+t_w)) \times t_w \times H_T \times \gamma_w \\
 &= 2 \times ((14,4 + 0,015) + (18 + 0,015)) \times 0,015 \times 3 \times 2,66 \\
 &= 7,76 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 ww &= mw \times g \\
 &= 76,08 \text{ N}
 \end{aligned}$$

6. Course 6

Dimensi pelat yang digunakan adalah 3 m x 1,5 m (Righton, Al 5083 H111), sedangkan tebal yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$t_w = \frac{4,9 \times 23 \times (8-0,3) \times 0,87}{1 \times 0,66 \times 145} + 3 \text{ mm}$$

$$= 10,90 \text{ mm}$$

$$t_{wh} = \frac{4,9 \times 23 \times (8-0,3)}{1 \times 0,75 \times 145}$$

$$= 7,99 \text{ mm}$$

Berdasarkan yang tersedia, tebal pelat course 6 yang digunakan adalah 12 mm

$$m_w = 2 \times ((L_T + t_w) + (B_T + t_w)) \times t_w \times H_T \times \gamma_w$$

$$= 2 \times ((14,4 + 0,012) + (18 + 0,012)) \times 0,012 \times 3 \times 2,66$$

$$= 6,21 \text{ ton}$$

$$w_w = m_w \times g$$

$$= 60,85 \text{ N}$$

7. Course 7

Dimensi pelat yang digunakan adalah 2,5 m x 1,5 m (Righton, Al 5083 H111), sedangkan tebal yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$t_w = \frac{4,9 \times 23 \times (2,5-0,3) \times 0,87}{1 \times 0,66 \times 145} + 3 \text{ mm}$$

$$= 7,82 \text{ mm}$$

$$t_{wh} = \frac{4,9 \times 23 \times (2,5-0,3)}{1 \times 0,75 \times 145}$$

$$= 4,88 \text{ mm}$$

Berdasarkan yang tersedia, tebal pelat course 7 yang digunakan adalah 10 mm

$$m_w = 2 \times ((L_T + t_w) + (B_T + t_w)) \times t_w \times H_T \times \gamma_w$$

$$= 2 \times ((14,4 + 0,010) + (18 + 0,010)) \times 0,010 \times 2,5 \times 2,66$$

$$= 4,31 \text{ ton}$$

$$w_w = m_w \times g$$

$$= 42,25 \text{ N}$$

8. Course 8

Dimensi pelat yang digunakan adalah 2,5 m x 1,5 m (Righton, Al 5083 H111), sedangkan tebal yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$t_w = \frac{4,9 \times 23 \times (2,5-0,3) \times 0,87}{1 \times 0,66 \times 145} + 3 \text{ mm}$$

$$= 5,25 \text{ mm}$$

$$t_{wh} = \frac{4,9 \times 23 \times (2,5-0,3)}{1 \times 0,75 \times 145}$$

$$= 2,28 \text{ mm}$$

Berdasarkan yang tersedia, tebal pelat course 8 yang digunakan adalah 8 mm

$$\begin{aligned} mw &= 2 \times ((L_T + t_w) + (B_T + t_w)) \times t_w \times H_T \times \gamma_w \\ &= 2 \times ((14,4 + 0,008) + (18 + 0,008)) \times 0,008 \times 2,5 \times 2,66 \\ &= 3,45 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ww &= mw \times g \\ &= 33,80 \text{ N} \end{aligned}$$

3.6.2 Atap tangki

Tebal pelat yang digunakan untuk pelat atap adalah sama dengan tebal pelat course 8 atau paling tipis pada pelat dinding tangki. Sedangkan material yang digunakan adalah sama dengan material dinding yaitu Aluminium 5083. Berikut perhitungan massa atap tangki :

$$m_t = B_T \times L_T \times t_w \times \gamma_w$$

Dimana,

$$B_T = 18 \text{ m}$$

$$L_T = 14,4 \text{ m}$$

$$t_w = 8 \text{ mm}$$

$$\gamma_w = 2,66 \text{ ton/m}^3$$

$$\begin{aligned} m_t &= 18 \times 14,4 \times 0,008 \times 2,66 \\ &= 5,51 \text{ ton} \end{aligned}$$

3.6.3 Dasar tangki

Berdasarkan API 650, tebal pelat atap tangki minimal adalah 6,5 mm. Tebal pelat yang digunakan adalah sama dengan tebal pelat dinding course 1 atau yang paling tebal dari pelat dinding tangki. Sedangkan material yang digunakan adalah sama dengan material dinding yaitu Aluminium 5083. Sedangkan untuk menentukan tebal pelat dasar tangki dapat menggunakan persamaan berikut (Brownell & Young, 1959) :

- Tegangan berasal dari cairan yang disimpan

$$S_1 = wf : A$$

Dimana,

$$\begin{aligned} wf &= \text{Berat cairan yang di simpan (N)} \\ &= V_f \times \rho \times g \\ &= B_T \times L_T \times H_L \times \rho \times g \\ &= 18 \times 14,4 \times 21 \times 0,87 \times 9,8 \\ &= 46.408,72 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A &= \text{Luasan area dasar tangki} && (\text{m}^2) \\
 &= B_T \times L_T \\
 &= 259,2 \text{ m}^2 \\
 S_1 &= 179,05 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

- Tegangan dari berat dinding tangki

$$S_2 = H_T \times \gamma_w \times g$$

Dimana,

$$\begin{aligned}
 H_T &= \text{Tinggi tangki} && (\text{m}) \\
 &= 23 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \gamma_w &= \text{Massa jenis dinding tangki} && (\text{kg/m}^3) \\
 &= 2660 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_2 &= 23 \times 2660 \times 9,8 \\
 &= 599,5 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

- Koreksi Tegangan

$$S_{to} = S_1 + S_2$$

$$S_{to} < \sigma \text{ ijin}$$

Dimana,

$$\begin{aligned}
 S_{to} &= S_1 + S_2 \\
 &= 179,05 + 599,5 \\
 &= 778,55 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \sigma_{ijin} &= \frac{\sigma_y}{\frac{sf1 \times sf2}{4 \times 2}} \\
 &= \frac{54.375}{4 \times 2} \\
 &= 6.797 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

Nilai dari tegangan ijin lebih besar dari nilai tegangan di dasar tangki, sehingga tebal pelat yang dipilih dengan tegangan tersebut bisa dikatakan aman. Sedangkan massa pelat dasar tangki sendiri dapat dicari dengan menggunakan persamaan sebagai :

$$mb = B_T \times L_T \times t_w \times \gamma_w$$

Dimana,

$$B_T = 18 \text{ m}$$

$$L_T = 14,4 \text{ m}$$

$$t_w = 30 \text{ mm}$$

$$\gamma_w = 2,66 \text{ ton/m}^3$$

$$\begin{aligned}
 mb &= 18 \times 14,4 \times 0,03 \times 2,66 \\
 &= 20,68 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

3.6.4 Analisa kekuatan tangki

Analisa kekuatan tangki menggunakan software Ansys dengan memasukan dimensi pelat sesuai hasil perhitungan. Hal ini bertujuan untuk mengetahui apakah dimensi pelat terutama ketebalannya sudah memenuhi taraf aman digunakan untuk menyimpan cairan dalam tangki.

3.7 Verifikasi desain tangki

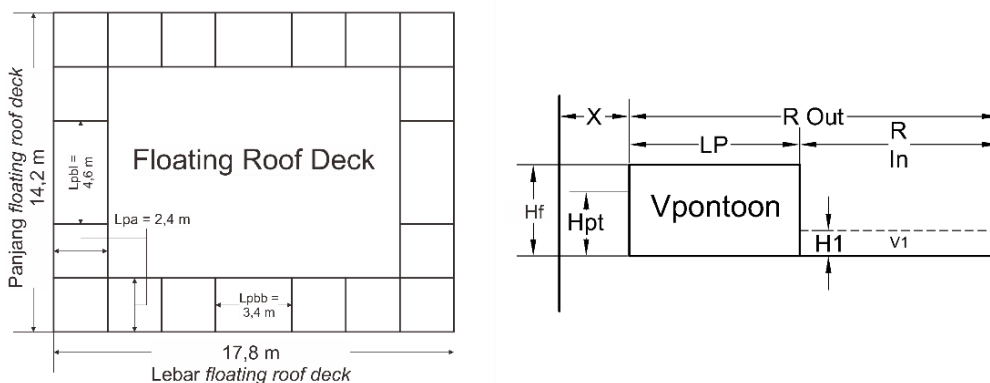
Verifikasi desain tangki yang dimaksud adalah melakukan perbandingan antara perhitungan tegangan ijin, tekanan hidrostatis, dan tekanan desain. Untuk dikatakan aman atau memenuhi maka tegangan ijin tangki harus lebih besar dari kedua jenis tekanan tersebut. Selain verifikasi dengan metode perhitungan teoritis, juga dilakukan dengan cara simulasi Ansys. Tangki dikatakan aman, jika hasil running Ansys menunjukkan warna pada tangki dibawah warna tegangan maksimal yang dibolehkan.

3.8 Perancangan floating roof

Dalam merancang *floating roof* dapat dilakukan mulai dari pemilihan tipe *floating roof*, kemudian desain dari *floating roof* itu sendiri, dan pemilihan seal.

3.8.1 Pemilihan tipe floating roof

Berdasarkan tujuannya perancangan tangki ini adalah mengurangi jumlah kontak udara dengan biodiesel maka dibutuhkan jenis *floating roof* yang mampu mengatasi rugi penguapan, serta dikarenakan diagonal tangki tidak sampai 60 m maka dipilihlah jenis *single deck pontoon*. Sedangkan untuk materialnya sama dengan material dinding tangki yaitu aluminium 5083. Untuk mendesain *floating roof* dengan jenis *single deck pontoon* maka dapat dilihat gambar 3.4. Pada gambar tersebut ditunjukkan dimensi dari *floating roof* yang di desain.

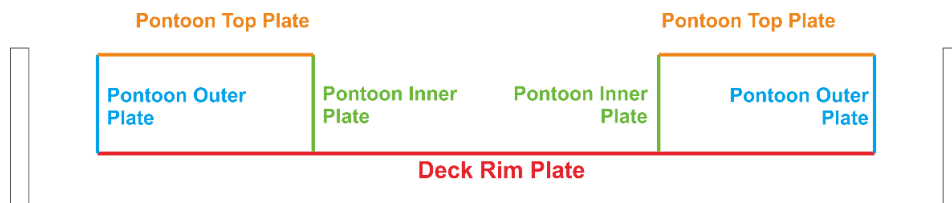


Gambar 3. 4 Dimensi single Deck Pontoon

3.8.2 Perhitungan desain floating roof

Langkah yang dilakukan adalah menghitung luasan pelat untuk mengetahui berat dari *pontoon* kemudian menghitung volume *pontoon* (V_{pontoon}) untuk mengetahui *freeboard* *pontoon*, dan dilakukan koreksi kemampuan terapung dari *pontoon* itu sendiri. Sedangkan V_1 adalah volume air hujan yang tertampung diatas *floating roof*, namun ini hanya berlaku bagi tangki *external floating roof*. Berikut data design dari *floating roof* :

H_T	= 23 m	(Tinggi tangki)
B_T	= 18 m	(Lebar tangki)
L_T	= 14,4 m	(Panjang tangki)
D	= 21,7 m	(Diagonal tangki)
ρ	= 0,87 ton/m ³	(Massa jenis biodiesel)
γ_w	= 2,66 ton/m ³	(Massa jenis material pelat tangki)
B_f	= 17,8 m	(Lebar total <i>floating roof</i>)
L_f	= 14,2 m	(Panjang total <i>floating roof</i>)
L_{pa}	= 2,4 m	(Panjang <i>pontoon A</i>), 16 <i>pontoon</i>
L_{pbb}	= 3,4 m	(Panjang <i>pontoon Bb</i>), 2 <i>pontoon</i>
L_{pbl}	= 4,6 m	(Panjang <i>pontoon Bl</i>), 2 <i>pontoon</i>
H_f	= 1 m	(Tinggi <i>pontoon</i>)
x	= 100 mm	(Jarak rim dengan dinding tangki)
H_L	= 21 m	(Tinggi cairan yang tersimpan)



Gambar 3. 5 Pembagian pelat *floating roof*

Seperti yang sudah ditunjukkan gambar 3.5, yaitu penamaan pelat *floating roof*. Dari sana dapat dihitung luas area dan berat per pelat dengan menggunakan persamaan berikut :

- (A_1) Luas *Deck Rim Plate* : $B_f \times L_f$
- (A_2) Luas *Pontoon Inner Plate* : $((L_{pa} \times 12) + (L_{pbl} + L_{pbb}) \times 2) \times H_p$
- (A_3) Luas *Pontoon Outer Plate* : $((L_{pa} \times 16) + (L_{pbl} + L_{pbb}) \times 2) \times H_p$
- (A_4) Luas *Pontoon Top Plate* : $(B_f \times L_f) - ((B_f - L_{fa}) \times (L_f - L_{fa}))$

Tabel 3. 6 Perhitungan berat *floating roof*

Bagian	Tebal Pelat (tb)	Area (A _{1,2,3,4})	Massa	Berat (W _{1,2,3,4})
	mm	m ²	kg	N
Deck rim plate	12	252,76	8.068	79.067
Pontoon Inner Plate	8	44,8	953	9.343
Pontoon Outer Plate	10	54,4	1.447	14.181
Pontoon Top Plate	6	71,04	1.134	11.111
Berat Pelat		423	11.602	113.702
Aksesoris Roof	10%		1.160	11.370
Total Berat Floating Roof			12.763	125.073

Langkah perhitungan selanjutnya adalah menghitung volume pontoon total, kemudian dari sana bisa ditemukan tinggi freeboardnya, berikut detail perhitungannya :

- $V_{\text{pontoon}} = (B_f \times L_f) - ((B_f - L_{fa}) \times (L_f - L_{fa})) \times H_{ps}$
- $H_{ps} = 0,1 \text{ m}$

Tabel 3. 7 Volume *floating roof* per *waterline*

Waterline	Volume (m ³)	Waterline	Volume (m ³)
WL 0,1	7,10	WL 0,6	42,62
WL 0,2	14,21	WL 0,7	49,73
WL 0,3	21,31	WL 0,8	56,83
WL 0,4	28,42	WL 0,9	63,94
WL 0,5	35,52	WL 1,0	71,04

- Total massa = 12, 652 ton
- $V_t = 12, 652 : 0,87 = 14,67 \text{ m}^3$ (Volume tercelup)

Tabel 3. 8 Interpolasi mencari *freeboard*

Volume Kosong	
WL 0,2	14,21
H _{pt}	14,67
WL 0,3	21,31

- $H_{pt} = 0,214 \text{ m}$
- $\text{Bouyancy} = V_t \times \rho \times g = 14,67 \times 0,87 \times 9,8 = 125,07 \text{ kN}$

Koreksi desain dan dimensi tangki

- o API 650 Appendix C.3.4.1 item a

Berat *floating roof* \leq Bouyancy

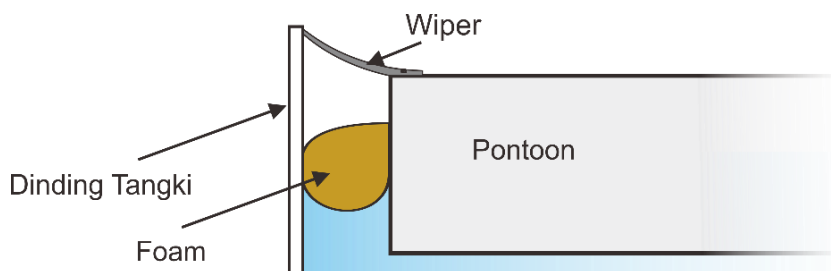
Berat *floating roof* = 125,07 kN

Bouyancy = 125,07 kN

Ratio berat : bouyancy = 1,0 (Design Memenuhi)

3.8.3 Pemilihan sistem seal tangki

Seperti penjelasan diatas bahwa seal adalah komponen yang sangat penting untuk melindungi pengaruh lingkungan pada cairan. Diatas juga dijelaskan bahwa *double seal* lebih baik dalam menjaga kondisi cairan tangki, sehingga sistem seal yang digunakan adalah *double seal*. Dan juga karena tangki yang dirancang membutuhkan kedekatan dan fleksibilitas yang baik. Berdasarkan penjelasan diatas maka dipilih jenis *foam log seal* untuk primary sealnya dan untuk secondary sealnya menggunakan *flip flop wiper seal*. Pada gambar 3.6 dapat dilihat sistem seal pada *floating roof*, dan pada tabel 3.9 adalah spesifikasi seal yang digunakan :



Gambar 3. 6 Sistem seal yang digunakan

Tabel 3. 9 Spesifikasi Primary seal (Foam Log Seal) & Secondary seal (Wiper Seal)
(Float-Tek International Co.,Ltd).

Parameter	Seal	
	Primary Foam Log Seal	Secondary Wiper Seal
Type	Primary Foam Log Seal	Secondary Wiper Seal
Rim Space	100 – 200 mm (100 mm)	100 – 250 mm (100 mm)
Foam Block Material	Polyurethane Foam	Polyetthelane
Material Pembungkus	Synthetic Rubber	-
Service Life	10-15 tahun	15-25 tahun
Berat	7 kg/m	10,5 kg/m
Massa jenis	320 kg/m ³	950 kg/m ³

Untuk detail spesifikasi *seal* dapat dilihat pada lampiran 2.

3.9 Perancangan fitting tangki

Fitting adalah perlengkapan yang harus ada untuk menunjang kerja suatu alat. Pada tangki terdapat beberapa persyaratan fitting yang harus ada. Pada tahap ini yang dilakukan adalah menentukan spesifikasi fitting yang sesuai dengan tangki agar mampu bekerja secara optimal. Perancangan fitting tangki meliputi perhitungan dan penentuan spesifikasi minimal yang harus dipenuhi dari fitting tersebut, kemudian dilakukan pemilihan dari fitting yang disediakan oleh pasaran.

3.10 Perhitungan rugi penguapan tangki

Perhitungan rugi penguapan bertujuan untuk mengetahui seberapa efektif desain tangki dalam mengurangi kontak udara dengan biodiesel. Berikut perhitungan rugi penguapan dari tangki *internal floating roof* yang di desain dan tangki *fixed roof* (konvensional) yang sering digunakan menyimpan bahan bakar pada kapal. Kedua tangki ini memiliki dimensi, daerah operasi, serta bahan bakar yang disimpan sama.

3.10.1 Perhitungan rugi penguapan internal floating roof

Seperti pada persamaan 2.1 bahwa rugi penguapan pada *internal floating roof* berasal dari 2 kerugian, yaitu *standing loss* dan *working loss*. Berikut perhitungan total rugi penguapan yang di design :

$$L_T = L_S + L_W$$

Dimana,

$$L_T = \text{Total rugi penguapan} \quad (\text{lb/tahun})$$

$$L_S = \text{Standing loss} \quad (\text{lb/tahun})$$

$$L_W = \text{Working loss} \quad (\text{lb/tahun})$$

a. Standing loss

Standing loss dapat di cari menggunakan persamaan berikut :

$$L_S = (F_R + F_D) \cdot P^* \cdot M_V \cdot K_C$$

Dimana,

$$F_R = \text{Total faktor rugi rim-seal} \quad (\text{lb-moles/tahun})$$

$$= (K_{RA} + K_{RB} \cdot v^n)$$

$$K_{RA} = \text{Faktor kerugian seal} \quad (\text{lb-mole/ft tahun})$$

(Lihat Tabel 2.11)

$$= 0,3 \text{ (Menggunakan double seal liquid-mounted)}$$

$$K_{RB} = \text{Faktor kerugian seal akibat kecepatan angin.} \quad (\text{lb-mole}/(\text{mph})^n \text{ft yr})$$

(Lihat Tabel 2.11)

$$= 0,6 \text{ (Menggunakan double seal liquid-mounted)}$$

$$v = \text{Kecepatan angin rata-rata,} \quad (\text{mph})$$

$$= 5 \text{ m/s}$$

$$\begin{aligned}
 &= 1800 \text{ mph} \\
 n &= \text{Faktor eksponen rugi seal dan angin} \quad (\text{Lihat Tabel 2.11}) \\
 &= 0,3 \text{ (Menggunakan double seal } \textit{liquid-mounted}) \\
 F_D &= \text{Faktor loss deck-seam} \quad (\text{lb-mole/tahun}) \\
 &= 0 \text{ (Karena deck seam menggunakan jenis welded)} \\
 P^* &= \text{Koefisien tekanan uap} \\
 &= \frac{\frac{P_{VA}}{P_A}}{[1+(1-\frac{P_{VA}}{P_A})^{0,5}]^2} \\
 P_{VA} &= \text{Tekanan uap permukaan cairan} \quad (\text{psia}) \\
 &= 0,31 \text{ psi (Biodiesel)} \\
 P_A &= \text{Tekanan atmosfer} \quad (\text{psia}) \\
 &= 14,7 \quad \text{psi} \\
 M_V &= \text{Berat rata-rata molekul uap} \quad (\text{lb/lb-mole}) \\
 &= 40 \text{ lb/lb-mole (Biodiesel)} \\
 K_C &= \text{Faktor cairan yang disimpan;} \\
 &= 0.4 \text{ untuk crude oil} \\
 &= 1 \text{ untuk cairan lainnya.}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_R &= 0,3 + 0,3 \cdot 1800^{0,3} \\
 &= 3,14 \quad \text{lb-moles/tahun} \\
 P^* &= \frac{\frac{0,31}{14,7}}{[1+(1-\frac{0,31}{14,7})^{0,5}]^2} \\
 &= 1,15 \quad \text{psia} \\
 L_S &= (F_R + F_D) \cdot P^* \cdot M_V \cdot K_C \\
 &= 3,14 \times 1,15 \times 40 \times 1 \\
 &= 144,44 \quad \text{lb/tahun}
 \end{aligned}$$

b. Working loss

Working loss dapat di cari menggunakan persamaan berikut :

$$L_W = \frac{(0,943) \cdot Q \cdot C \cdot \rho}{D} \left[1 + \frac{N_C \cdot F_C}{D} \right]$$

Dimana,

$$\begin{aligned}
 Q &= \text{Kapasitas rata-rata cairan selama setahun} \quad (\text{bbl/tahun}) \\
 &= V_w \times N \\
 V_w &= 14,4 \times 18 \times 22 \\
 &= 5.702,4 \quad \text{m}^3 \\
 &= 35.867,01 \quad \text{bbl} \\
 N &= 30 \\
 Q &= 1.706.010,3 \quad \text{bbl/tahun} \\
 C &= \text{Faktor kondisi tangki} \quad (\text{Lihat tabel 2.12}) \\
 &= 0,0015 \text{ (Karat ringan)} \\
 \rho &= \text{Massa jenis cairan} \quad (\text{lb/gal}) \\
 &= 870 \quad \text{kg/m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 7,26 && \text{lb/gal} \\
 D &= \text{Diagonal tangki} && (\text{ft}) \\
 &= 71,19 && \text{ft} \\
 N_C &= \text{Jumlah kolom pendukung fixed roof} \\
 &= 1 \text{ (Diagonal tangki kurang dari 85 ft)} \\
 F_C &= \text{Diameter efektif kolom} && (\text{ft}) \\
 &= 1 \text{ ft (Detail konstruksi kolom tergantung maker)} \\
 L_W &= \frac{(0,943) \cdot Q \cdot C \cdot W_L}{D} \left[1 + \frac{N_C \cdot F_C}{D} \right] \\
 &= \frac{(0,943) \cdot 1.076.010 \cdot 3.0015.7,26}{71,19} \left[1 + \frac{1 \cdot 1}{71,19} \right] \\
 &= 1,128 && \text{lb/tahun} \\
 L_T &= L_S + L_W \\
 &= 144,4 + 1,128 \\
 &= 145,5 && \text{lb/tahun} \\
 &= 0,065 && \text{ton/tahun}
 \end{aligned}$$

3.10.2 Perhitungan rugi penguapan fixed roof

Seperti pada persamaan 2.7 untuk mencari rugi penguapan pada tangki *fixed roof*. Berikut adalah perhitungan rugi penguapan pada tangki *fixed roof*.

$$L_T = L_S + L_W$$

Dimana,

$$L_T = \text{Total rugi penguapan} \quad (\text{lb/tahun})$$

$$L_S = \text{Standing loss} \quad (\text{lb/tahun})$$

$$L_W = \text{Working loss} \quad (\text{lb/tahun})$$

a. Standing loss

Standing loss dapat di cari menggunakan persamaan berikut :

$$L_S = 365 \cdot V_V \cdot W_V \cdot K_E \cdot K_S$$

Dimana,

$$V_V = \text{Vapor space volume} \quad (\text{ft}^3)$$

$$= B_T \times L_T \times H_{VO}$$

$$H_{VO} = \text{Vapor space outage} \quad (\text{ft})$$

$$= H_T - H_L$$

$$H_T = \text{Tinggi tangki} \quad (\text{ft})$$

$$= 23 \quad \text{m}$$

$$= 75,45 \quad \text{ft}$$

$$H_L = \text{Tinggi cairan dalam tangki} \quad (\text{ft})$$

$$= 22 \quad \text{m}$$

$$\begin{aligned}
 &= 72,17 \quad \text{ft} \\
 V_V &= 18 \times 14,4 \times 1 \\
 &= 259,2 \quad \text{m}^3 \\
 &= 9.153,56 \quad \text{ft}^3 \\
 W_V &= \text{Vapor density} \quad (\text{lb/ft}^3) \\
 &= \frac{M_V P_{VA}}{RT_{LA}} \\
 M_V &= \text{Berat rata-rata molekul uap} \quad (\text{lb/lb-mole}) \\
 &= 40 \text{ lb/lb-mole (Biodiesel)} \\
 P_{VA} &= \text{Tekanan uap permukaan cairan} \quad (\text{psia}) \\
 &= 0,31 \text{ psi (Biodiesel)} \\
 R &= \text{Konstanta gas ideal} \\
 &= 10,731 \text{ psia.ft}^3/\text{lb-mole.R}^\circ \\
 T_{LA} &= \text{Temperature permukaan cairan} \quad (\text{R}^\circ) \\
 &= 25 \quad ^\circ\text{C} \\
 &= 536,67 \quad ^\circ\text{R} \\
 W_V &= \frac{M_V P_{VA}}{RT_{LA}} \\
 &= \frac{40 \cdot 0,31}{10,731 \cdot 536,67} \\
 &= 0,0021 \quad \text{lb/ft}^3 \\
 K_E &= \text{Vapor space expansion factor} \\
 &= \frac{\Delta T_V}{T_{LA}} + \frac{\Delta P_V - \Delta P_B}{P_A - P_{VA}} \\
 \Delta T_V &= 0,72 \Delta T_A + 0,028 \alpha I \\
 \Delta T_A &= \text{daily ambient temperature range} \quad (\text{R}^\circ) \\
 &= 35 \quad ^\circ\text{C} \\
 &= 554,67 \quad ^\circ\text{R} \\
 \alpha &= \text{tank paint solar absorptance} \\
 &= 0,39 \text{ (Aluminium Paint good condition)} \\
 I &= \text{daily total solar insolation factor} \quad (\text{Btu/ft}^2 \text{ d}) \\
 &= 20 \text{ MJ/m}^2\text{day} \\
 &= 1761,10 \text{ Btu/ft}^2\text{day} \\
 \Delta T_V &= (0,72 \times 554,67) + (0,028 \times 0,39 \times 1761,10) \\
 &= 591,67 \quad \text{R}^\circ \\
 \Delta P_V &= \text{daily vapor pressure range} \quad (\text{psia}) \\
 &= \frac{0,5 B P_{VA} \Delta T_V}{T_{LA}^2} \\
 B &= \text{constant in the vapor pressure equation} \quad (\text{R}^\circ) \\
 &= 7.261 - 1.216 \ln(\text{RVP}) \\
 \text{RVP} &= \text{stock Reid vapor pressure,} \quad (\text{psi}) \\
 &= 2 \\
 \ln &= \text{natural logarithm function} \\
 B &= 7.261 - 1.216 \ln(2) \\
 &= 6.418,13 \quad \text{psi} \\
 \Delta P_V &= \frac{0,5 \cdot 6418,13 \cdot 0,31 \cdot 591,67}{536,67^2} \\
 &= 2,043 \text{ R}^\circ
 \end{aligned}$$

$$\Delta P_B = \text{breather vent pressure setting range} \quad (\text{psi})$$

$$= 1 \text{ psi}$$

$$K_E = \frac{\Delta T_V}{T_{LA}} + \frac{\Delta P_V - \Delta P_B}{P_A - P_{VA}}$$

$$= \frac{591,67}{536,67} + \frac{2,043 - 1}{14,7 - 0,31}$$

$$= 1,17$$

$$K_S = \text{Vented vapor saturation factor}$$

$$= \frac{1}{1 + 0,053 P_{VA} H_{VO}}$$

$$= \frac{1}{1 + 0,053 \cdot 0,31 \cdot 3,28}$$

$$= 0,948$$

$$L_S = 365 \cdot V_V \cdot W_V \cdot K_E \cdot K_S$$

$$= 365 \times 9.153,56 \times 0,0021 \times 1,17 \times 0,948$$

$$= 7.822,54 \quad \text{lb/tahun}$$

b. Working loss

Working loss dapat di cari menggunakan persamaan berikut :

$$L_W = 0,0010 \cdot M_V P_{VA} Q K_N K_P$$

Dimana,

$$M_V = \text{Berat rata-rata molekul uap} \quad (\text{lb/lb-mole})$$

$$= 40 \text{ lb/lb-mole (Biodiesel)}$$

$$P_{VA} = \text{Tekanan uap permukaan cairan} \quad (\text{psia})$$

$$= 0,31 \text{ psi (Biodiesel)}$$

$$Q = \text{Kapasitas rata-rata cairan selama setahun} \quad (\text{bbl/tahun})$$

$$= V_W \times N$$

$$V_W = 14,4 \times 18 \times 22$$

$$= 5.702,4 \quad \text{m}^3$$

$$= 35.867,01 \quad \text{bbl}$$

$$N = 30$$

$$Q = 1.076.010,3 \quad \text{bbl/tahun}$$

$$K_N = \text{Turnovers Factor}$$

$$= > 36, K_N = (180 + N)/6N$$

$$= < 36 = K_N = 1$$

$$K_P = \text{working loss product factor}$$

$$= 0.75 \text{ for crude oils}$$

$$= 1 \text{ for all other organic liquids}$$

$$L_W = 0,0010 \cdot M_V P_{VA} Q K_N K_P$$

$$= 0,0010 \times 40 \times 0,31 \times 1.076.010,3 \times 1 \times 1$$

$$= 1.334,253 \quad \text{lb/tahun}$$

$$L_T = 7.822,54 + 1.334,253$$

$$= 9.216,79 \quad \text{lb/tahun}$$

= 4,18 ton/tahun

3.11 Prakiraan kondisi biodiesel

Prakiraan kondisi biodiesel menggunakan asumsi perbandingan hasil perhitungan rugi penguapan yang dianggap sama dengan jumlah atau besar kontak udara.

3.12 Penggambaran tangki

Penggambaran tangki dilakukan dengan menggunakan software autoCAD, dengan menunjukkan General Arrangement dan Floating Roof Arrangement. Kedua gambar tersebut dapat dilihat di lampiran.

3.13 Analisa & pembahasan

Pada perancangan ini yang ingin di analisa adalah detail perancangan tangki mulai dari ketebalan pelat tangki, kekuatan tangki, stabilitas floating roof, fitting tangki, rugi penguapan, serta prakiraan kondisi biodiesel akibat desain tangki.

3.14 Kesimpulan & saran

Setelah semua yang dilakukan, maka selanjutnya adalah menarik kesimpulan dari perhitungan dan pemilihan komponen tangki. Diharapkan nantinya hasil kesimpulan dapat menjawab permasalahan yang menjadi tujuan skripsi. Selain itu diperlukan saran berdasarkan hasil penelitian untuk dilakukan perbaikan supaya lebih sempurna atau dapat dilakukan penelitian lebih lanjut.

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB IV HASIL & PEMBAHASAN

4.1 Intro

Pada bab ini berisi tentang pemaparan hasil perhitungan dan pembahasan dari hasil tersebut. Hasil dan pembahasan yang ada pada bab ini diantaranya adalah mulai dari dimensi dari tebal pelat, keakuratan desain, floating roof, fitting tangki, rugi penguapan, dan prakiraan kondisi biodiesel berdasarkan hasil perhitungan rugi penguapan tangki.

4.2 Tebal pelat

Pada bab sebelumnya telah didapat hasil perhitungan dari tebal pelat. Pada tabel 4.1 berikut ini adalah rangkuman dari tebal pelat hasil perhitungan (*tw*), tebal (*tsc*) dan dimensi (*Bp*: Lebar pelat & *Hp*: Tinggi pelat) pelat yang tersedia di pasaran, kemudian massa (*mw*), dan berat (*ww*) dari berat dinding tangki.

Tabel 4. 1 Rangkuman hasil perhitungan pelat dinding tangki

Course	Material	<i>tw</i> (m)	<i>Bp</i> (m)	<i>Hp</i> (m)	<i>tsc</i> (m)	<i>mw</i> (ton)	<i>ww</i> (N)
1	Aluminium 5083	0,026	1,5	3,0	0,030	15,54	152,31
2	Aluminium 5083	0,023	1,5	3,0	0,025	12,95	126,89
3	Aluminium 5083	0,020	1,5	3,0	0,020	10,35	101,48
4	Aluminium 5083	0,017	1,5	3,0	0,020	10,35	101,48
5	Aluminium 5083	0,014	1,5	3,0	0,015	7,76	76,08
6	Aluminium 5083	0,011	1,5	3,0	0,012	6,21	60,86
7	Aluminium 5083	0,008	1,5	2,5	0,010	4,31	42,26
8	Aluminium 5083	0,005	1,5	2,5	0,008	3,45	33,80
TOTAL							661,348

Kemudian dilakukan perbandingan dengan tebal pelat yang menggunakan material dasar steel plate. Perbandingan ini dilakukan untuk mengetahui bahwa tebal pelat yang dihitung memang normal untuk material aluminium. Karena seperti yang sudah diketahui bahwa material steel lebih kuat dari pada aluminium, sehingga wajar jika aluminium memiliki ketebalan lebih besar. Perbandingan tebal pelat dapat dilihat pada tabel 4.2 berikut.

Tabel 4. 2 Perbandingan tebal dinding tangki jika menggunakan steel plate

Course	Tebal Aluminium Plate (m)	Steel Material	Tebal Steel Plate (m)
1	0,026	ASTM A131	0,016
2	0,023	ASTM A131	0,014
3	0,020	ASTM A131	0,012
4	0,017	ASTM A131	0,011
5	0,014	ASTM A131	0,009
6	0,011	ASTM A131	0,007
7	0,008	ASTM A131	0,005
8	0,005	ASTM A131	0,003

Tebal pelat paling besar pada course 1 adalah 30 mm, hal ini dikatakan lumrah karena memang pada kapal FSO yang sudah ada, rata-rata tebal pelatnya adalah lebih besar dari 26 mm (Steel plate). Hal tersebut dikarenakan FSO dirancang untuk 30 tahun operasional. Melihat juga operasional FSO yang hanya diam di lokasi mooring saja, sehingga sangat jarang dilakukan perawatan seperti kapal niaga pada umumnya.

Sedangkan untuk tebal pelat atas dan bawah tangki hanya mengikuti hasil perhitungan dinding tangki. Atas mengikuti pelat pada course 8 yaitu dengan tebal hasil perhitungan 5 mm, karena minimal tebal pelat yang boleh digunakan untuk tangki dengan dimensi diagonal 23 m adalah 6 mm, maka tebal pelat yang digunakan adalah 8 mm sesuai ketersediaan di pasaran. Kemudian untuk tebal pelat bawah tangki digunakan pelat dengan tebal 30 mm. Tebal pelat ini sudah dibuktikan secara perhitungan berada di taraf aman, karena tegangan yang terjadi lebih kecil dari pada tegangan ijin tangki. Data sheet ketebalan pelat yang tersedia dapat dilihat pada lampiran 1.

4.3 Keakuratan desain

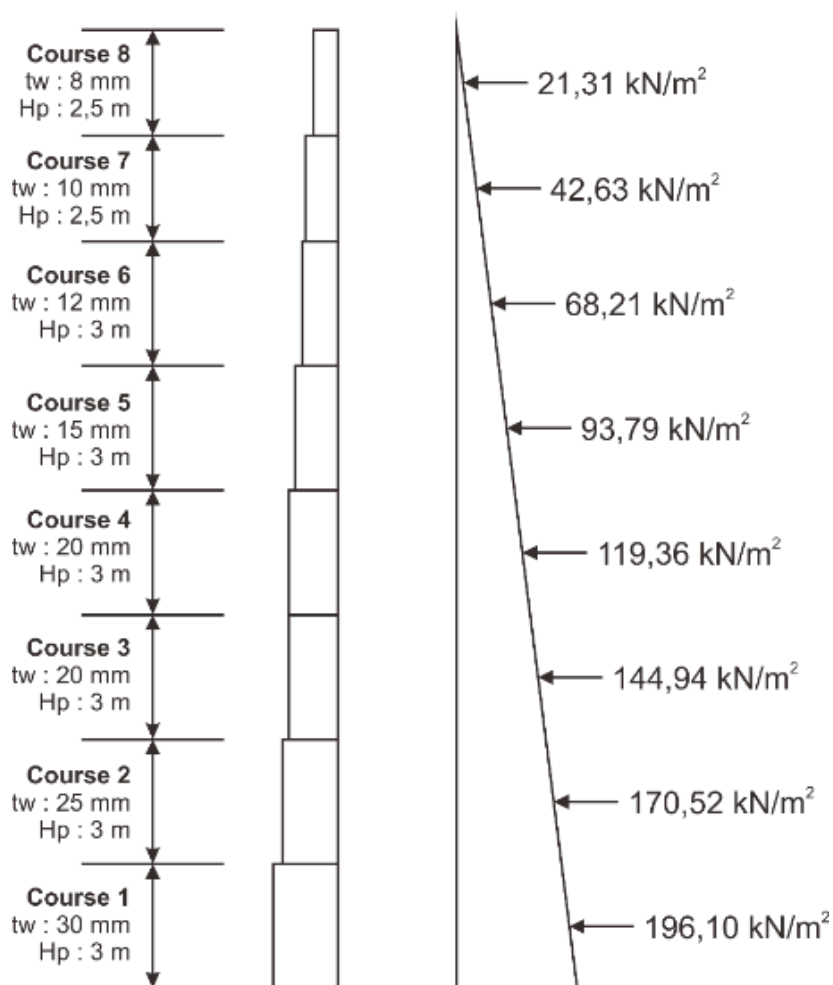
Koreksi kekuatan desain tangki ini bertujuan memastikan bahwa tangki yang dirancang aman di operasionalkan

4.3.1 Perhitungan teoritis

Pada tabel 4.3 dapat dilihat hasil perhitungan menunjukkan bahwa tekanan desain lebih kecil dari tegangan ijin tangki. Maka dengan demikian desain tangki dapat dikatakan aman. Perbandingan antara tekanan dan tegangan ijin tangki sangat jauh di karenakan memang desain tangki dirancang untuk beroperasi selama 30 tahun. Dengan mempertimbangkan juga kondisi lingkungan laut yang bisa saja berubah-ubah.

Tabel 4. 3 Verifikasi tegangan, tekanan dan tebal pelat tangki

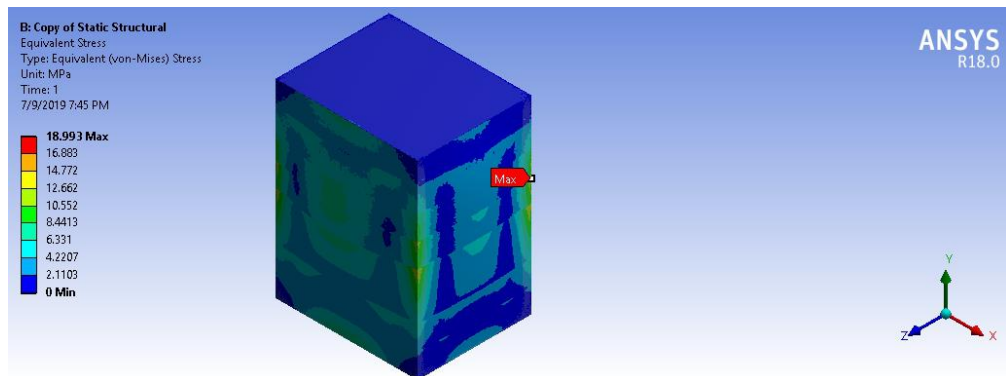
Course	tw (m)	σ_y (kN/m ²)	σ ijin (kN/m ²)	P _{hd} (kN/m ²)	P _{design} (kN/m ²)	Keterangan
1	0,030	54.375	6.797	196,10	218,06	Aman
2	0,025	45.313	5.664	170,52	189,92	Aman
3	0,020	36.250	4.531	144,94	161,78	Aman
4	0,020	36.250	4.531	119,36	133,65	Aman
5	0,015	27.188	3.398	93,79	105,52	Aman
6	0,012	21.750	2.719	68,21	77,38	Aman
7	0,010	18.125	2.266	42,63	49,24	Aman
8	0,008	14.500	1.813	21,31	25,79	Aman



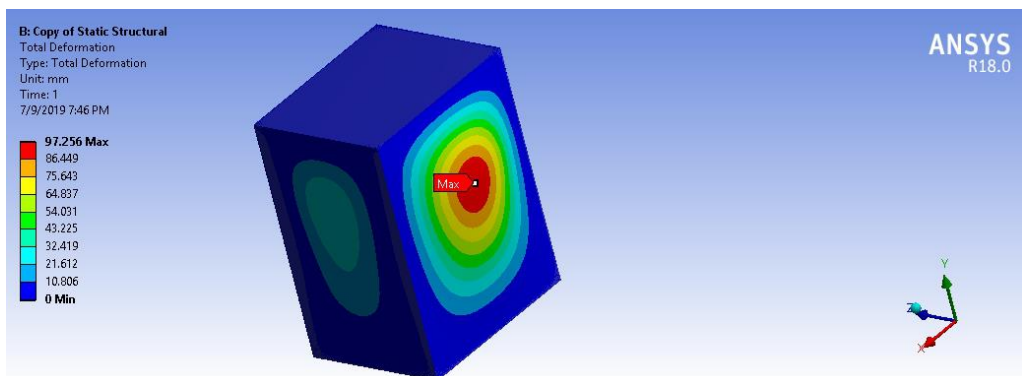
Gambar 4. 1 Ketebalan pelat dan tekanan hidrostatik

4.3.2 Simulasi ansys

Simulasi ansys ini dilakukan untuk membandingkan hasil perhitungan kekuatan tangki apakah hasil berkorelasi atau tidak. Hasil simulasi dapat dilihat pada gambar 4.2 terdapat warna tangki mayoritas biru dan hanya sedikit yang berwarna kuning, bahkan tidak ada yang merah. Persebaran warna pada tangki adalah warna hijau ada di tengah sisi. Hal ini dikarenakan pada tangki ini memiliki tebal course yang berbeda-beda. Kemudian untuk warna hijau di tengah sudut tangki dikarenakan pada sudut atas dan sudut bawah terhubung oleh pelat, sedangkan pada sudut tengah tidak. Hal ini yang menyebabkan tekanan terpusat di sudut tengah tangki. Maka dapat disimpulkan bahwa tekanan yang terjadi dalam tangki masih batas aman kekuatan tangki. Hal ini selaras dengan hasil perhitungan bahwa selisih antara tekanan yang terjadi dengan tegangan ijin tangki sangatlah jauh. Sehingga dapat disimpulkan bahwa tangki yang di desain sangat aman digunakan.



Gambar 4. 2 Hasil simulasi kekuatan pelat dinding tangki



Gambar 4. 3 Deformasi tangki hasil simulasi

Pada gambar 4.3 deformasi terbesar berada ditengah tangki. Hal ini dikarenakan kontruksi pelat dibagian tengah tangki tidak terdapat pelat penyangga atau penyekat. Memang dalam perancangan tangki ini tidak diberikan pelat

penyekat, tapi untuk mengantisipasi deformasi pada tengah dinding tangki dapat diberikan pelat penyangga dari luar tangki atau tepatnya dari lambung kapal.

4.4 Desain floating roof

Sesuai hasil perhitungan bahwa *floating roof* memiliki stabilitas yang memenuhi persyaratan, yaitu *bouyancy floating roof* minimalnya harus sama atau lebih besar dari beratnya. Kemudian untuk material yang dipilih digunakan aluminium 5083 dengan alasan selain karena material tersebut kompetible dengan biodiesel, material tersebut akan kurang memiliki potensi merusak dinding tangki saat operasional berlangsung. Hal ini disebabkan karena material memiliki ketebalan lebih kecil, sehingga tegangan tekannya lebih kecil dan karakteristik yang sama dengan material dinding tangki. Selain itu API 650 (2007) mengharuskan semua pelat deck memiliki ketebalan nominal minimum 5 mm dan *floating roof single deck pontoon* harus dirancang agar bersentuhan dengan cairan selama operasi normal. Desain harus dapat mengakomodasi defleksi geladak yang disebabkan oleh uap yang terperangkap.

Sesuai hasil perhitungan sarat kosong *floating roof* yaitu sebesar 21 cm. Maka *primary seal* harus dipasang pada ketinggian 21 cm dari dasar *floating roof deck*. Hal ini bertujuan untuk mencegah terciptanya ruang udara antara seal dengan biodiesel. Sedangkan untuk *secondary seal* di pasang tetap pada pelat atas *floating roof*.

4.5 Fitting tangki

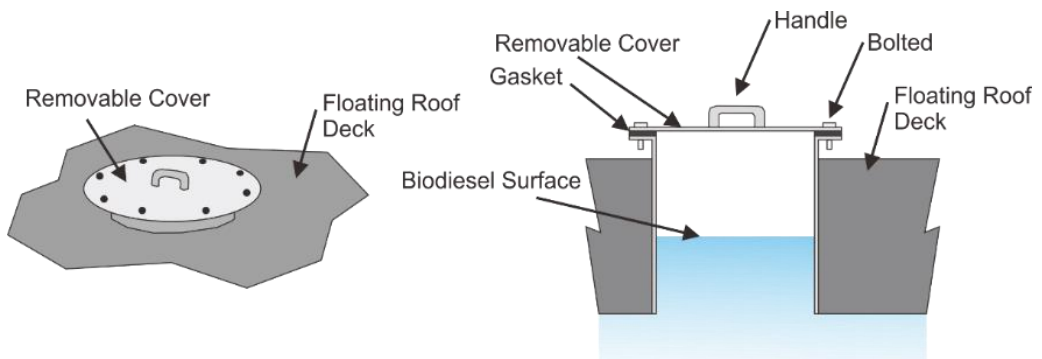
Seperti yang dijelaskan di bab 2, bahwa terdapat beberapa komponen fitting yang harus ada. Spesifikasi dari komponen tersebut ditentukan by design. Sehingga berikut alasan yang digunakan untuk pemilihan dan detail spesifikasi fitting tangki yang digunakan :

4.5.1 Manhole

Manhole tangki sesuai dengan Dirjen Standardisasi & Perlindungan Konsumen, 2013 berjumlah 2 dan memiliki diameter minimal 600 mm. Manhole direncanakan diletakan di atas tangki. Kemudian manhole juga di rencanakan berada di atas *floating roof* dan pontoon dengan jumlah masing-masing 2. Sehingga jumlah manhole dapat disimpulkan pada tabel 4.4 berikut :

Tabel 4. 4 Rencana instalasi manhole tangki

Manhole	Ukuran (mm)	Jumlah	Letak	Fungsi
Tank Manhole	600	2	Atap tangki	Jalan masuk ke dalam tangki dari luar, untuk melakukan perawatan ataupun survei.
Deck Manhole	600	2	<i>Floating roof</i>	Jalan masuk ke dalam ruang dibawah deck, untuk melakukan perawatan ataupun survei.
Pontoon Manhole	600	2	Pontoon	Jalan masuk ke dalam ruang pontoon untuk melakukan perawatan ataupun survei.



Gambar 4. 4 Design Manhole

Untuk memastikan manhole saat tidak dibuka kedap maka diberikan gasket antara pelat tutup dengan lubang yang dikunci dengan baut. Sedangkan spesifikasi gasket dan manhole cover yang digunakan adalah sebagai berikut:

Material	= Rubber
Pressure	= 25 bar
Temperature	= Up to 225°C
Type	= Novaseal OV
Maker	= ERIKS nv.
Standard flange	= ASME/ANSI B16.5 (Engineering Toolbox, 2003)
Cover diameter	= 800 mm
Thickness	= 8 mm
Bolt diameter	= 31,75 mm
Bolt holes	= 35,6 mm
Number bolt	= 20

4.5.2 Discharge

Discharge digunakan untuk pengisian fluida ke dalam tangki. Biodiesel dengan volume total dalam tangki direncanakan di isi selama 4 jam. Discharge nozzle diletakan atap tangki menembus *internal floating roof* dengan diberi seal disamping pipa, kemudian ke bawah sampai dengan 1 meter dari dasar tangki. Hal ini bertujuan untuk memudahkan pemasukan biodiesel kedalam tangki. Desain pipa discharge pada tangki bisa dilihat pada gambar 4.5 dibawah. Sedangkan untuk perhitungan diameter pipa discharge sebagai berikut (Dunne,dkk. 1978) :

$$Q = A \times v_s$$

$$A = Q/v_s$$

Dimana,

$$Q = \text{Debit cairan} \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

$$= V_f : t$$

$$V_f = \text{Volume fluida} \quad (\text{m}^3)$$

$$= 5.443,2 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned}
 t &= \text{Waktu} && (\text{s}) \\
 &= 4 \text{ Jam} = 14.400 \text{ s} \\
 v_s &= \text{Kecepatan cairan} && (\text{m/s}) \\
 &= 2 \text{ m/s} \\
 A &= \text{Luas penampang pipa} && (\text{m}^2) \\
 &= \frac{\pi D^2}{4} \\
 D &= \text{Diameter pipa} && (\text{mm})
 \end{aligned}$$

Maka,

$$\begin{aligned}
 Q &= V/t \\
 &= 5.443,2 : 14.400 \\
 &= 0,378 \text{ m}^3/\text{s} = 1.360,8 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 A &= Q : v_s \\
 &= 0,378 : 2 = 0,189 \text{ m} \\
 &= \frac{\pi D^2}{4} \\
 D &= \frac{4A}{\pi} \\
 &= \frac{4 \times 0,189}{3,14} \\
 &= 0,24 \text{ m} = 240 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan American National Standard (ANSI B 36 10-1979) , dengan material Stainless Steel Pipes. Berikut spesifikasi pipa yang digunakan :

Nominal Pipe Size	= 250 mm
Outside Diameter (Do)	= 273 mm
Thickness (Schedule 40)	= 9,27 mm
Inside Diameter (Di)	= 254,5 mm

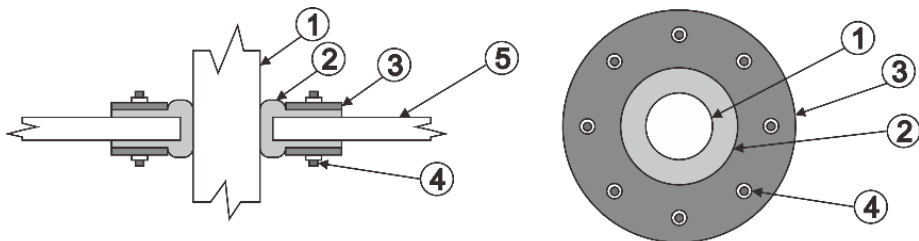
Kemudian untuk mengurangi adanya gesekan antara pipa dengan *floating roof* maka diberi lapisan seal, selain itu juga untuk mencegah udara keluar masuk. Untuk desain seal pipa yang menembus *floating roof* bisa dilihat pada gambar 4.5. Detail spesifikasi seal dan flange yang digunakan dapat dilihat pada lampiran 3 dan lampiran 4. Berikut spesifikasi seal dan flange yang digunakan :

Material	= Rubber
Outside diameter	= 290 mm
Thickness seal	= 25 mm
Inside diameter	= 255 mm
Diameter gasket	= 400 mm
Standard flange	= ASME/ANSI B16.5 (Engineering Toolbox, 2003)
Flange Inside	= 300 mm
Flange diameter	= 400 mm
Thickness flange	= 8 mm
Bolt diameter	= 22,2 mm
Bolt holes	= 25,4 mm

Number bolt = 12

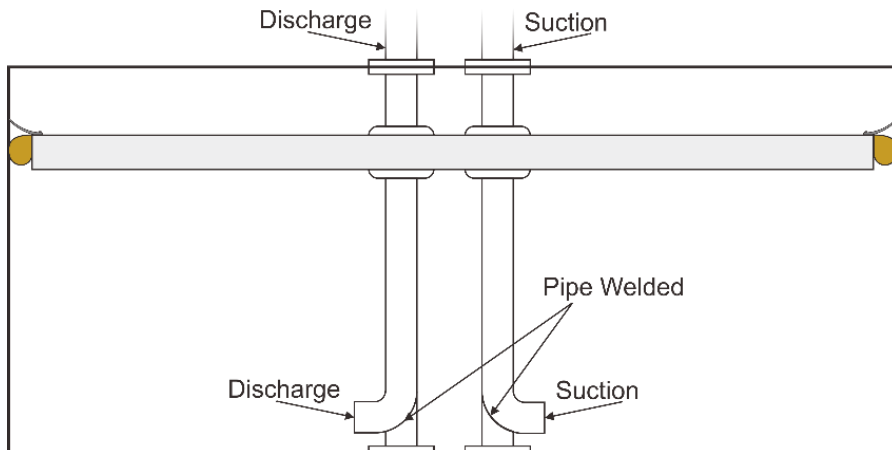
4.5.3 Suction

Suction adalah fungsi kebalikan dari discharge nozzle, yaitu mengeluarkan fluida yang tersimpan dari dalam tangki. kemudian untuk ukuran diameternya sama dengan discharge nozzle yaitu 254, 5 mm. Di ujung pipa di lengkapi dengan bellmouth dan strainer untuk mengurangi potensi sedimen atau inpuritis lainya ikut terbawa. Berikut desain seal pipa yang menembus *floating roof* pada gambar 4.5, dan gambar desain pipa suction secara keseluruhan pada tangki pada gambar 4.6.



- (1). Pipe Discharge/Suction (2). Seal pipe (3). Flange
(4). Bolt (5). Floating deck

Gambar 4. 5 Desain dari seal pipa discharge dan suction



Gambar 4. 6 Desain discharge dan suction pipe

Sedangkan pemasangan pipa yang menembus dinding tangki pada umumnya seperti pada gambar 4.7. Dengan pemasangan pipa seperti demikian dapat mengurangi potensi masuknya udara ke dalam tangki. Pada *floating roof* juga diberlakukan pemasangan seperti demikian.



Gambar 4. 7 Instalasi pipa pada tangki

Untuk gambar strainer dapat dilihat pada gambar 4.8. Kemudian untuk spesifikasi strainer yang dipasang pada ujung pipa suction adalah sebagai berikut :

Material	= Stainless Steel
Body	= Cast Iron
Diameter	= 250 mm
Pressure	= PN 10
Dimensi	= 390 x 395 x 646
Berat	= 165 kg



Gambar 4. 8 *Strainer*

4.5.4 Sistem drain

Drain adalah saluran yang digunakan untuk melakukan pengurasan tangki, drain biasanya diletakan di bawah tangki. Sistem drain ini selain untuk pengurasan juga dapat berfungsi mengumpulkan sedimen biodiesel didasar tangki, sehingga sedimen tidak akan ikut tersedot oleh suction pipe. Untuk mendukung fungsi tersebut dibutuhkan modifikasi dasar tangki. Desain perubahan desain dasar tangki dan perlengkapan fitting lainnya yang dibutuhkan bisa dilihat pada gambar 4.11 dibawah ini. Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa terdapat densitometer dan gate valve. Fungsi masing-masing item tersebut adalah density & viscosity meter untuk mendeteksi perubahan massa jenis serta viskositas fluida yang mengalir melalui pipa drain, alat ini dapat di set up untuk massa jenis yang kemudian di hubungkan ke gate valve untuk tutup dan bukanya valve. Berikut spesifikasi density & viscosity meter, serta gate valve yang digunakan:

- Density & Viscosity meter
 - Operating viscosity range = 0,5 – 100 cP
 - Operating density range = 0 – 3000 kg/m³
 - Material = Stainless steel, Diamond-like carbon
 - Meter approvals = CSA, IECEX, NEPSI, ATEX

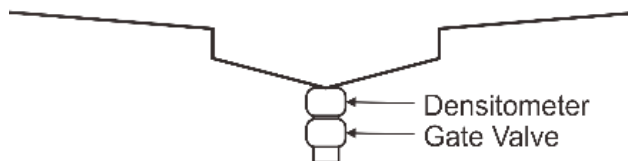


Gambar 4. 9 Density & Viscositymeter

- Gate valve
 - Flange material = Bronze CC491K
 - Diameter Nominal = 250
 - Pressure rating = PN 6
 - Weight = 96,0 kg



Gambar 4. 10 Gate valve discharge dan suction pipe

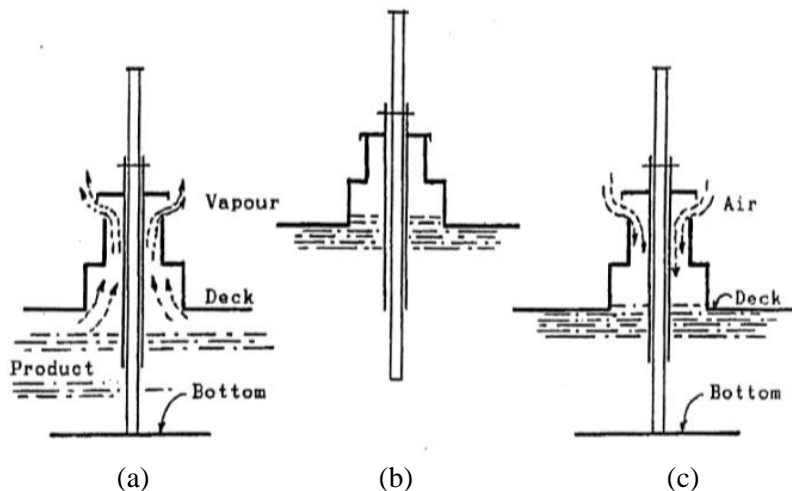


Gambar 4. 11 Bentuk dasar tangki untuk mendukung sistem drain

Pengurasan tangki dilakukan sebanyak 30 kali selama setahun atau setiap 20 hari sekali, untuk mengurangi potensi kotornya tangki agar biodiesel tidak mudah terdegradasi saat disimpan. Sedang untuk pembersihan sedimen dilakukan setiap 10 hari sekali. Perlakuan seperti sangat diperlukan karena biodiesel masih akan didistribusikan ke banyak TBBM di Indonesia timur. Sedangkan untuk spesifikasi pipa drain disamakan dengan pipa discharge, berserta gasket dan flange nya.

4.4.5 Automatic bleeder vent

Automatic Bleeder Vent digunakan untuk mengatasi tekanan saat tangki dalam keadaan pengisian ataupun pengosongan. Hal ini bertujuan untuk menghindari *overstress* pada struktur tangki. Pada gambar 4.12 menunjukkan cara kerja *automatic bleeder vent* diberbagai kondisi. Kondisi pengisian bisa disebut dengan (*Out-Breathing*) karena pada kondisi ini udara masuk ke dalam valve. Sedangkan untuk kondisi pengosongan bisa disebut (*In-Breathing*) karena pada kondisi ini udara keluar dari valve. Selain itu *automatic bleeder vent* ini dapat mengurangi jumlah udara dibawah *floating roof* sehingga dapat mengurangi peluang terdegradasinya biodiesel.



Gambar 4.12 (a). *Out-Breathing*, (b). Normal, (c) *In-Breathing*

Sedangkan untuk design *automatic bleeder vent* mengacu pada API 2000 (1998) dan penentuan ukurannya menggunakan persamaan aliran pada umumnya. Data design yang dibutuhkan sebagai berikut :

- Kapasitas tangki maksimal = 5.443,2 m³
- Flash point product = 100 °C
- Design Filling Rate (Vi) = 1.360,8 m³/jam
- Design Emptying Rate (Vo) = 1.360,8 m³/jam

i. Normal Vacuum Venting (*In-Breathing*)

Persyaratan untuk kapasitas ventilasi perpindahan cairan keluar tangki adalah 15,86 m³/jam untuk setiap 15,9 m³/jam laju pengisian. Maka perpindahan aliran udara dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\begin{aligned} V_{V1} &= (V_i/15,9) \times 15,86 \\ &= (1.360,8/15,9) \times 15,86 \\ &= 1.357,4 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

ii. Normal Pressure Venting (*Out-Breathing*)

Persyaratan untuk kapasitas ventilasi perpindahan cairan ke dalam tangki adalah 17 m³/jam untuk setiap 15,9 m³/jam laju pengosongan. Maka perpindahan aliran udara dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\begin{aligned} V_{V2} &= (V_o/15,9) \times 17 \\ &= (1.360,8/15,9) \times 17 \\ &= 1.454,9 \text{ m}^3/\text{jam} \quad (\text{Maksimum flow rate}) \\ &= 0,40 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

iii. Perhitungan Ukuran Open Vent

$$Q = K.A \sqrt{2 \times g \times H}$$

Dimana,

$$Q = \text{Flow rate maksimal} \quad (\text{m}^3/\text{jam})$$

$$K = \text{Discharge Coefficient, 0,5 untuk tangki persegi}$$

$$A = \text{Luasan area ventilasi yang dicari} \quad (\text{m}^2)$$

$$g = \text{Percepatan gravitasi, 9,8 m/s}^2$$

$$H = \text{Head Bleeder}$$

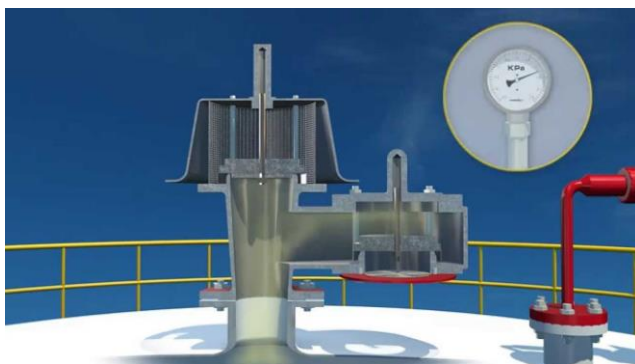
$$= 21 \text{ m (Sesuai ketinggian maksimal cairan tangki)}$$

$$\begin{aligned} A &= \frac{Q}{K} \sqrt{\frac{1}{2 \times g \times H}} \\ &= \frac{0,4}{0,5} \sqrt{\frac{1}{2 \times 9,8 \times 21}} \\ &= 0,039 \text{ m}^2 \\ &= 39.191,83 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

iv. Pemilihan Vent Bleeder

Spesifikasi bleeder yang digunakan sesuai dengan spesifikasi yang disediakan oleh maker (Protecto Seal Series 7800) sebagai berikut :

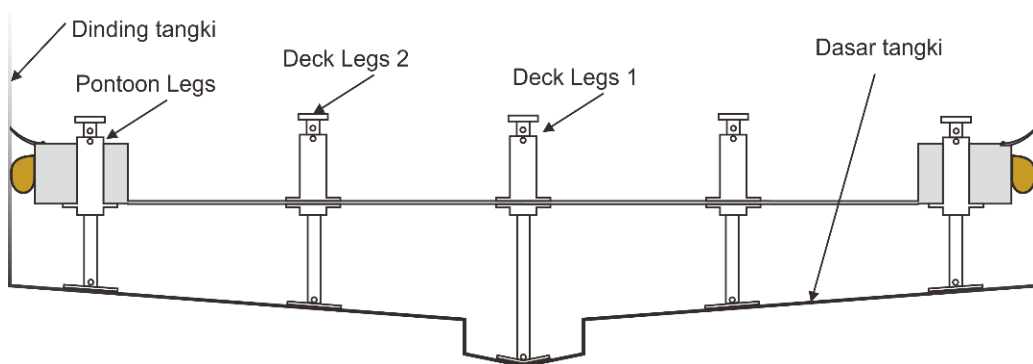
Ukuran Bleeder vent	= 200	mm
Luas vent spesifikasi	= 32. 251	mm ²
Material Weather Hood	= Aluminium	
Pallet	= Aluminium	
Pressure	= 0,43	kPa
Tinggi bleeder	= 400	mm
Jumlah Bleeder	= $A : A_s$	
	= 39.191,83 : 32.251	
	= 1,2 ~ 2 (ditambah 2, diletakan diatap tangki)	



Gambar 4. 13 Bleeder vent pada tangki

4.4.6 Roof supporting legs

Roof supporting legs disediakan untuk mendukung kerja *floating roof* pada saat mendarat atau menyentuh dasar tangki ketika pengurusan tangki. *Roof supporting legs* memiliki penyesuaian ketinggian untuk memberikan posisi terendah dari *floating roof* seperti pada gambar 4.14 berikut. *Roof supporting legs* sendiri dibedakan menjadi 2 yaitu *poonton support leg* dan *deck support legs*.



Gambar 4. 14 *Roof supporting legs* pada saat tangki di kosongkan

Perancangan *roof supporting legs* mengacu pada API 650 (2007).. Berikut perancangan *roof supporting legs* :

- i. Geometri Legs (ANSI B 36 10-1979)
- | | | |
|------------------------------------|------------|-----------------|
| Leg pipe outside diameter | = 88,9 | mm |
| Leg housing pipe outside diameter | = 101,6 | mm |
| Leg pipe thickness | = 7,62 | mm (Sch.80) |
| Leg housing pipe thickness | = 5,74 | mm (Sch.40) |
| Leg pipe mass per meter | = 15,3 | kg/m |
| Leg pipe housing mass per meter | = 13,6 | kg/m |
| Deck leg 1 pipe length | = 2.300 | mm |
| Deck leg 2 pipe length | = 2.000 | mm |
| Pontoon leg 1 pipe length | = 1.700 | mm |
| Leg pipe housing length | = 1.300 | mm |
| Space bottom and pontoon, H_{bp} | = 1.000 | mm |
| Area of legs, A_{leg} | = 1.944,75 | mm ² |
| | = 0,0019 | m ² |
- ii. Propertis Material Legs
- | | | |
|---|---------|-------------------|
| Material | = Steel | |
| Yield Stress Material pipe, σ_{yl} | = 215 | MPa |
| Ultimate Stress Material pipe | = 550 | MPa |
| Elongation at Break | = 70 | % |
| Density of Material | = 8000 | kg/m ³ |
| Modulus of Elasticity | = 200 | GPa |
- iii. Beban Maksimal per legs
- | | | |
|------------------------|--|----------------------------|
| Tegangan ijin material | = $\frac{\sigma_{yl}}{sf1 \times sf2}$ | |
| | = $\frac{215.000}{8}$ | |
| | = 26.875 | kN/m ² |
| Maximum Stress | = Tegangan Ijin | |
| | = $\frac{Total Load}{A_{leg}}$ | |
| Total Load | = Deck Load + Live Load | |
| | = Tegangan ijin x A_{leg} | |
| | = 26.875 x 0,0019 | |
| | = 51,06 | kN |
| Deck Load | = $W_{deck} \times \frac{A_c}{A_{deck}}$ | kN |
| W_{deck} | = 125,075 | N (Tabel 4.2) |
| A_{deck} | = 252,76 | m ² (Tabel 4.2) |
| Live Load | = 1,2 x A_c | kN |

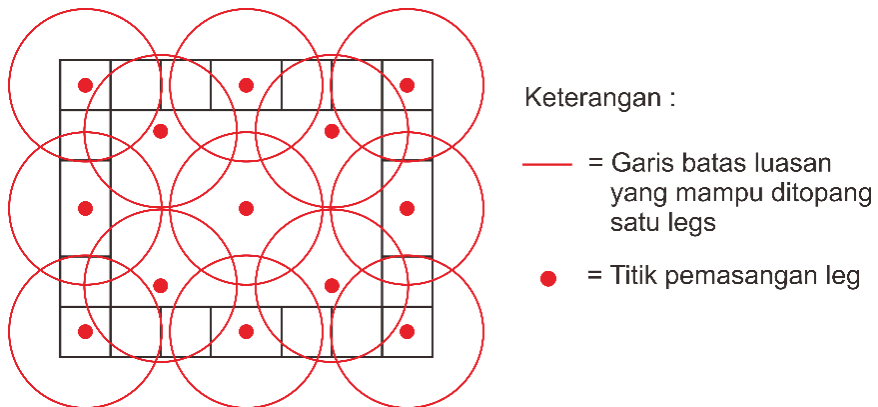
$$\begin{aligned}
 \text{Leg covered floating roof area, } A_c &= \frac{\text{Total Load}}{\frac{w_{deck} + 1,2}{A_{deck}}} \\
 &= \frac{51.062}{\frac{125,075}{252,76} + 1.200} \\
 &= 42,53 \quad \text{m}^2 \\
 \\
 \text{Diameter area } A_c &= \sqrt{\frac{4 \times A_c}{\pi}} \\
 &= \sqrt{\frac{4 \times 42,53}{3,14}} \\
 &= 7,3 \quad \text{m}
 \end{aligned}$$

iv. Jumlah Minimal Legs

$$\begin{aligned}
 N &= \frac{A_{deck}}{A_c} \\
 &= 252,76 : 42,53 \\
 &= 5,9 \sim 6
 \end{aligned}$$

v. Rancangan legs

Syarat pemasangan leg pada *floating roof* adalah semua area *floating roof* tertutup luasan yang mampu di topang oleh satu leg. Kemudian tidak dipasang pada dinding sisi dalam ponton. Pada gambar 4.15 berikut menunjukkan rencana pemasangan leg pada *floating roof*. Terlihat terdapat 13 leg yang di rencanakan untuk menopang *floating roof*. Jumlah ini ditentukan sesuai kemampuan setiap legs dalam menopang berat *floating roof*.

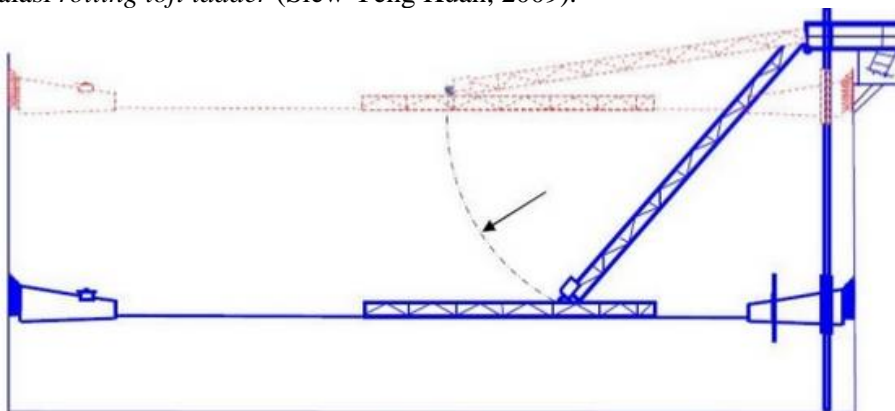


Gambar 4. 15 Rencana pemasangan leg pada *Floating roof*.

Semakin banyak legs yang dipasang maka akan mengurangi potensi terjadinya defleksi pada *floating roof*. Namun dengan semakin banyaknya legs dapat berpengaruh pada berat *floating roof*, serta jumlah material yang digunakan.

4.4.7 Rolling loft ladder tank

Rolling loft ladder adalah sarana untuk akses menuju *floating roof* saat melakukan inspeksi perawatan tangki. Ujung atas tangga melekat pada dinding bagian atas tangki yang terhubung dengan tank manhole di atap tangki, sedangkan bagian bawahnya terpasang dengan roda yang bisa bergeser dilintasannya sesuai dengan ketinggian cairan yang tersimpan. Tangga didesain jenis *rolling loft ladder* karena menyesuaikan dari cara kerja tangki *internal floating roof*. Berikut gambar 4.16 adalah penggambaran instalasi *rolling loft ladder* (Siew Yeng Kuan, 2009).



Gambar 4. 16 *Rolling loft ladder tank*

Sedangkan untuk perancangannya sebagai berikut :

Lebar tangga	= 1,2 m
Material tangga	= Steel
Massa tangga	= 22 kg/m
Panjang lintasan, L_L	= 10 m
Sudut maks.	= 68 °C

$$\text{Panjang tangga} = \sqrt{(B_T - L_L)^2 + (H_L - H_{bp})^2}$$

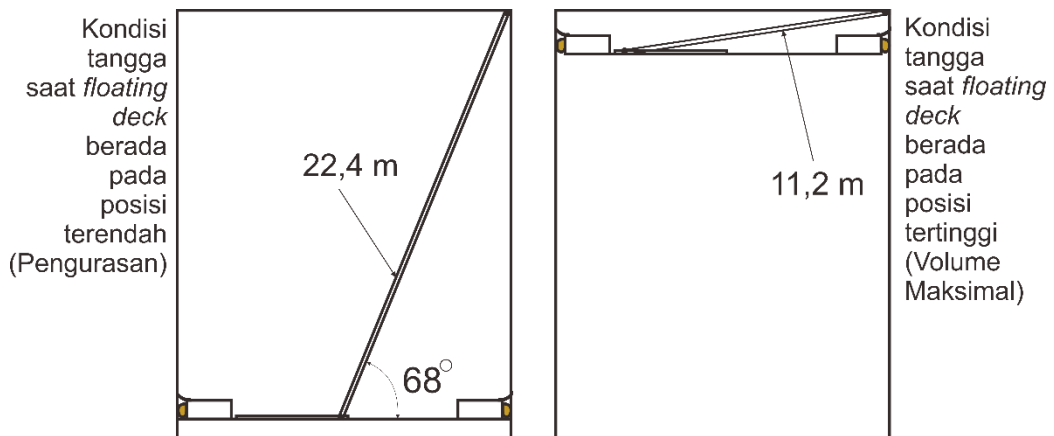
$$B_T = 18 \text{ m}$$

$$H_L = \text{Tinggi cairan maksimal yang di disimpan, 21 m}$$

$$H_{bp} = \text{Jarak dasar tangki dengan pontoon pada posisi terendah} \\ = 1 \text{ m}$$

$$\text{Panjang tangga} = \sqrt{(18 - 10)^2 + (21 - 1)^2} \\ = 21,54 \text{ m} \quad (\text{Panjang minimal})$$

Panjang tangga dibagi 2 bagian dikarenakan saat volume cairan penuh hanya mampu menampung tangga dengan panjang 11,4 m saja. Maka panjang tangga dibagi menjadi 2 bagian, masing-masing 11,2 m. Instalasi ladder dapat dilihat pada gambar 4.17 yang menunjukkan 2 kondisi operasi tangki. Lebar tangga 1,2 m menyesuaikan standard badan klasifikasi kapal. Kemudian untuk material yang digunakan dibutuhkan material yang kuat, meski tak kompatibel dengan biodiesel. Hal ini dikarenakan tangga tidak bersinggungan dengan biodiesel.



Gambar 4. 17 Instalasi ladder tangki

4.4.8 Automatic tank gauges

Merupakan suatu alat instrument yang digunakan untuk melakukan pengukuran level fluida BBM maupun non BBM pada tangki penampungan. ATG termasuk alat instrument rujukan kedua setelah metering system atau dengan kata lain, digunakan untuk verifikasi pengukuran dari *metering system*. Pengukuran fluida dengan peralatan ini biasanya dilakukan pada tangki penampungan yang berhubungan dengan *custody transfer*. *Custody transfer* dipakai pada saat transaksi dimana ada pihak ketiga yang harus menyaksikan seperti pajak atau bea cukai. Sehingga sisem ini harus di approve oleh pihak yang berwenang yaitu Direktorat Metrologi atau Direktorat Migas. (Thundra, 2016)

Pada Awal perkembangannya, peralatan ini lebih dikenal dengan nama *Tank Gauges*. Dengan adanya perkembangan teknologi yang pesat, kemudian ada beberapa developer yang membuat inovasi sehingga peralatan ini dapat dibuat menjadi otomatis. Hal ini membuat alat ini terkenal dengan nama *Automatic Tank Gauges (ATG)*. ATG ini memiliki tiga jenis yang berbeda berdasarkan cara pengukuran level fluida. Ketiga jenis itu adalah ATG servo, ATG Radar dan ATG Mekanik atau spring. (Thundra, 2016)

Kemudian peralatan *tank gauging* yang akan digunakan pada tangki *internal floating roof* ini adalah sebagai berikut :

i. Radar level gauge

Metode pengukuran yang digunakan adalah Frequency Modulation Continuous Wave (FCMW) dan Pulse Time Of Flight (PTOF). Dengan prinsip kerja, Transponder di atas tangki mengirimkan sinyal pada permukaan cairan. Kemudian sinyal direfleksikan kembali oleh permukaan cairan lalu ditangkap dengan antenna. Perbedaan antara frekuensi transmisi dan penerima mengindikasikan jarak dari transponder ke penerima (permukaan fluida). Untuk gambar instalasi dapat dilihat pada gambar 4.18, sedangkan untuk spesifikasinya adalah sebagai berikut pada tabel 4.5:

Tabel 4. 5 Spesifikasi Radar Level Gauge (Varec, Inc. 2019)

Parameter	Spesifikasi
Maximum Measured Error	Free space: ± 0.5 mm Stilling well: ± 0.8 mm
Power Consumption	Max. 330 mW at 16 V, Max. 500 mW at 24 V, Max. 600 mW at 30 V
Current Consumption	Max. 21 mA (50 mA inrush current)
Weight	7.1 kg (15 lb 7 oz) plus weight of the flange
Enclosure	IP 65, NEMA 4X (IP20, NEMA 1 with open housing and removed liquid crystal display) Housing T12: aluminium, seawater repellent, chromate, powder coated
Antenna	IP 68 (NEMA 6P)
Conduit Entires	Cable gland: M20x1.5; Pg 13.5 (gland included) 3/4 NPT: G 3/4 internal thread
Ambient Temperature	-40°F and +185 °F (-40 °C and +5 °C)
Approval	ATEX approval RF approvals - R&TTE, FCC Marine certificate - GL (Germanisch Lloyd), ABS, NK Factory Mutual - IS Class I,II,III, Div 1 Groups A-G T* Class 1, Zone 0, AEx ia IIC T*

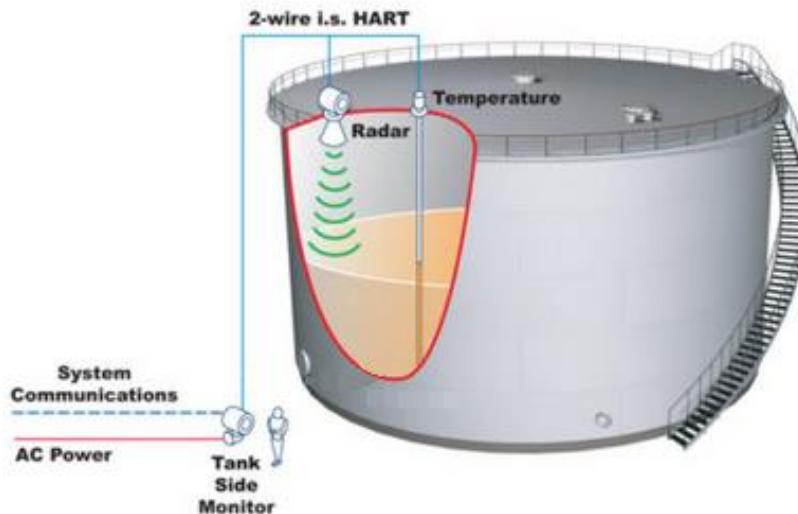
ii. Multiple Point Temperature

Mengukur temperatur sesuai dengan ketinggian cairan, pada tabel 4.6 menunjukkan spesifikasi alat yang digunakan. Sedangkan untuk gambar instalasinya pada tangki dapat di lihat di gambar 4.18. Pemasangan alat ini bertujuan untuk memastikan biodiesel disimpan pada suhu lebih rendah dari titik kabutnya atau pada suhu 15°C. Karena dalam titik suhu dingin akan muncul kabut atau memutih dan akhirnya akan menggumpal. Hal ini akan menyebabkan kualitas biodiesel menurun. (Direktorat Energi, 2018).

Tabel 4. 6 Spesifikasi multiple point temperature (Varec, Inc. 2019)

Parameter	Spesifikasi
Probe Elements	2-6 Platinum (Pt. 100), Class A element, multi spot configuration with a fixed interval of 6 to 9 feet, (2 or 3 meters) per IEC PUB 751 1995
Accuracy	-30 °F to +160 °F (-34 °C to +71 °C)
Measuring Range	-20 to + 100 °C, (-4 to +212 °F)
Power & Communications	DC16-30V input (DC24V $\pm 10\%$ is supplied by the HOST i.s. HART communication line for standard applications.) The Prothermo NMT532 consumes an average fixed current of 6.0 mA.

Approvals	Factory Mutual (FM) - Intrinsically Safe - Class I, Division 1, Groups A/B/C/D Contact Varec for ATEX and IECEx approved devices. Housing: rated IP65 (open housing: IP20) Probe: rated IP68
-----------	---



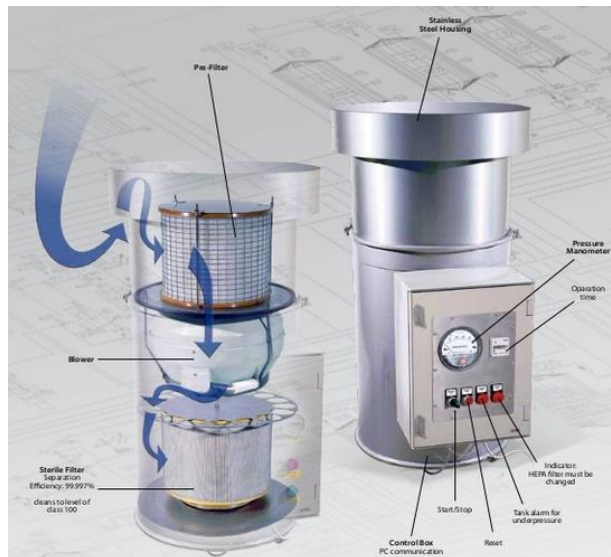
Gambar 4. 18 Instalasi Radar & Temperature sensor pada tangki

4.4.9 Filter udara

Filter udara ini digunakan untuk menyaring udara agar tidak mengandung bakteri. Udara yang dimaksud adalah udara masuk ke dalam tangki saat biodiesel sedang di pompa keluar. Saat biodiesel di pompa keluar, maka bleeder vent akan terbuka dan udara masuk ke dalam tangki. Dari sini filter udara ini dapat di sambungkan dengan bleeder vent, untuk mencegah adanya bakteri masuk dalam tangki. Sedangkan pada saat udara keluar tangki atau saat biodiesel di pompa masuk, udara di berikan jalur khusus tanpa melewati filter udara. Karena filter udara hanya dapat digunakan searah saja atau *non-return*. Pada gambar 4.19 berikut dapat dilihat instalasi filter udara pada tangki.



Gambar 4. 19 Filter udara pada tangki

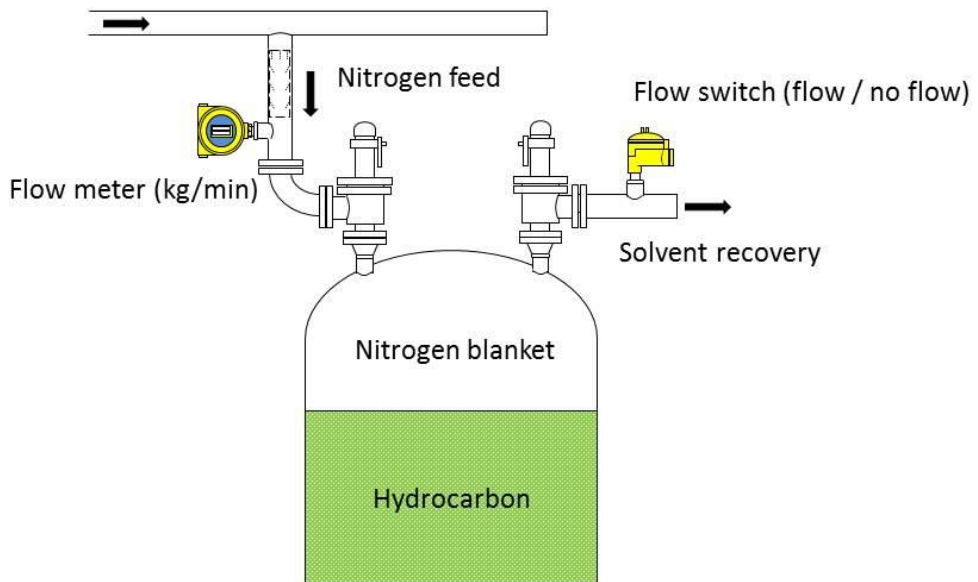


Gambar 4. 20 SteriVent

4.4.10 Nitrogen blanket

Nitrogen blanket adalah alat yang bekerja untuk menginjeksikan nitrogen ke dalam tangki. Seperti yang diketahui nitrogen pada suhu ruang sangat sulit bereaksi dengan senyawa lainnya, sehingga sifat ini dapat dimanfaatkan untuk penyimpanan biodiesel. Produksi biodiesel melalui proses ester metil asam lemak biasanya melibatkan metanol atau pelarut alkohol lain, yang mudah terbakar dan menguap pada suhu dan tekanan normal (peringkat 3 dari National Fire Prevention Association). Bahan bakar biodiesel memerlukan perlindungan kebakaran minimal, bergantung pada bahan baku yang digunakan (peringkat NFPA 1). Di sisi lain, blanketing/inerting nitrogen dapat memperpanjang masa simpan biodiesel dengan mengurangi keterpaparan terhadap komponen pengoksidasi dan penghidrolisis dalam udara. Jumlah volume yang perlu di injeksikan ke dalam tangki, menyesuaikan dengan *vapor space* atau ruang udara yang terbentuk. Berikut keuntungan penggunaan *nitrogen blanket* :

- a. Mencegah kebakaran atau ledakan dengan menggantikan oksigen dalam wadah penyimpanan dan pemipaan yang digunakan untuk metanol dan bahan bakar biodiesel
- b. Mengurangi sifat higroskopis, hidrolisis, dan oksidasi biodiesel, sehingga menambah masa simpan produk.



Gambar 4. 21 Nitrogen blanket

4.4.11 Dip hatch

Dip hatch adalah lubang yang digunakan untuk melakukan pengukuran secara manual dari atas atap tangki. Selain mengukur level, dip hatch juga bisa digunakan untuk mengambil sample cairan yang disimpan untuk di teliti bagaimana kondisinya. Untuk diameter lubang lebih kecil dari discharge nozzle atau sekitar 150 mm. Saluran ini ujung atas melekat pada atap tangki dengan dilengkapi penutup lubang seperti pada manhole, yang hanya terbuka sangat melakukan pengukuran saja. Sedangkan untuk ujung bawah tidak sampai menyentuh dasar tangki, dengan selisih jarak 0,5 meter. Berikut spesifikasi pipa yang digunakan (ANSI B 36 10-1979) :

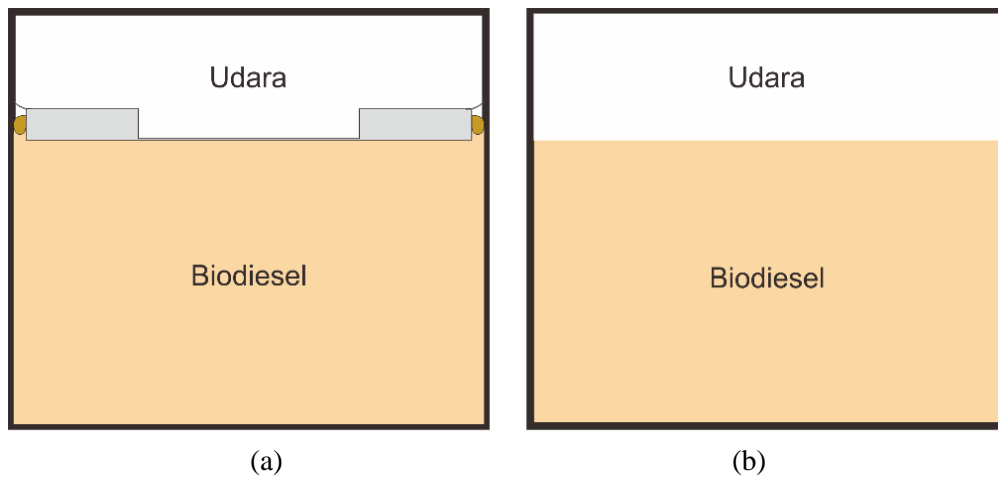
Nominal Pipe Size	= 150 mm
Outside Diameter (Do)	= 168,3 mm
Thickness (Schedule 40)	= 7,11 mm
Inside Diameter (Di)	= 154,1 mm

4.6 Laju rugi penguapan

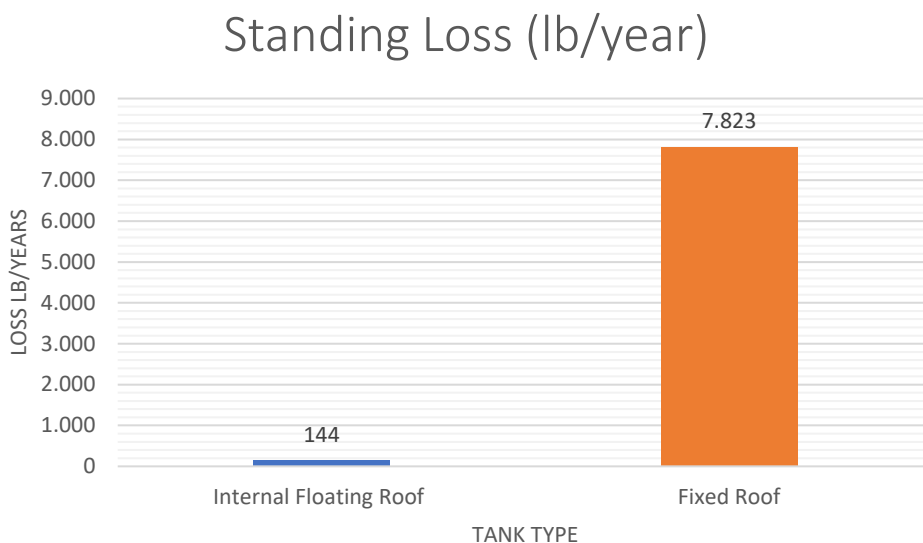
Dari hasil perhitungan diatas dapat dilihat perbandingan *standing loss* antara *fixed roof* dengan *internal floating*, nilai *standing loss fixed roof* sangat jauh lebih besar daripada *internal floating roof*. *Standing loss* dihasilkan dari ekspansi termal dan kontraksi tangki dan campuran uap dari siklus pemanasan harian. Saat suhu meningkat di siang hari, campuran uap-udara mengembang dan meningkatkan tekanan di dalam tangki. Jika tekanan dalam tangki melebihi titik yang ditetapkan pada ventilasi tangki, uap dikeluarkan dari tangki sehingga menghasilkan kerugian penguapan. *Standing loss* terjadi tanpa perubahan tingkat cairan dalam tangki. *Standing loss* disebabkan beberapa faktor berikut:

- Tank shell height
- Tank diameter
- Vapor space
- Liquid height
- Liquid surface temperature
- Vapor pressure
- Vent settings

Jika dilihat dari persamaannya nilai *standing loss* dari *fixed roof* besar disebabkan oleh adanya *vapor space*, bahkan ke 4 variabel pada persamaan *standing loss fixed roof* berhubungan dengan *vapor* (uap). Kemudian untuk *vapor space* seperti yang diketahui pada *fixed roof* sangatlah besar seperti gambar 4.22 berikut. Pada *fixed roof* terlihat permukaan biodiesel langsung bersinggungan dengan udara yang akan menciptakan uap menumpuk dibawah atap tangki, sehingga menghasilkan tekanan berlebih dan membuat *bleeder vent* membuka katup untuk mengurangi tekanan yang menyebabkan uap akhirnya terbuang. Hal tersebut tidak terjadi pada *internal floating roof*, pada tangki ini tidak terdapat *vapor space* karena biodiesel tidak bersinggungan secara langsung dengan udara. Selain *vapor space* pada persamaan *standing loss internal floating roof* terdapat total faktor rugi rim seal yang nilainya dibawah 1, artinya adanya seal ini dapat menurunkan rugi penguapan. Lalu untuk grafik perbandingan *standing loss fixed roof* dengan *internal floating roof* dapat dilihat pada gambar 4.23.



Gambar 4. 22 *Vapor space* pada (a). *internal floating roof* vs (b). *fixed roof*

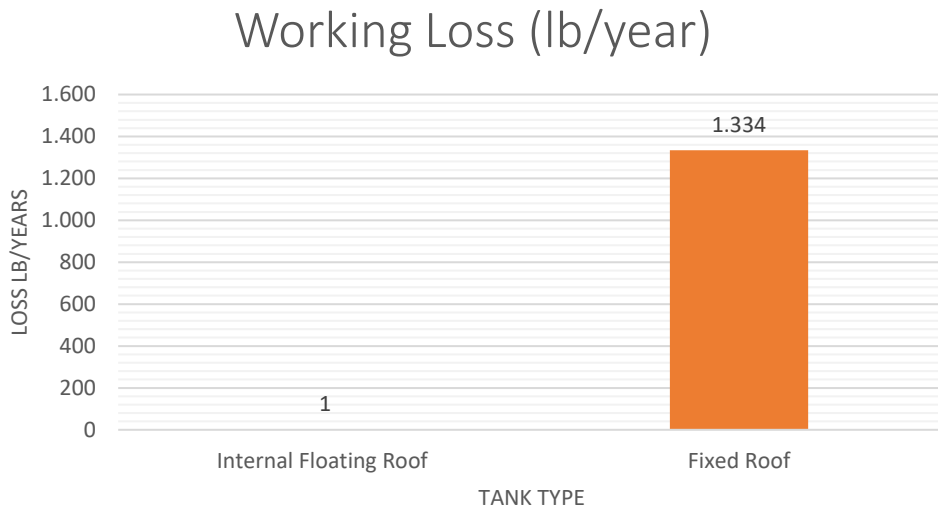


Gambar 4. 23 Standing loss *fixed roof* vs *internal floating roof*

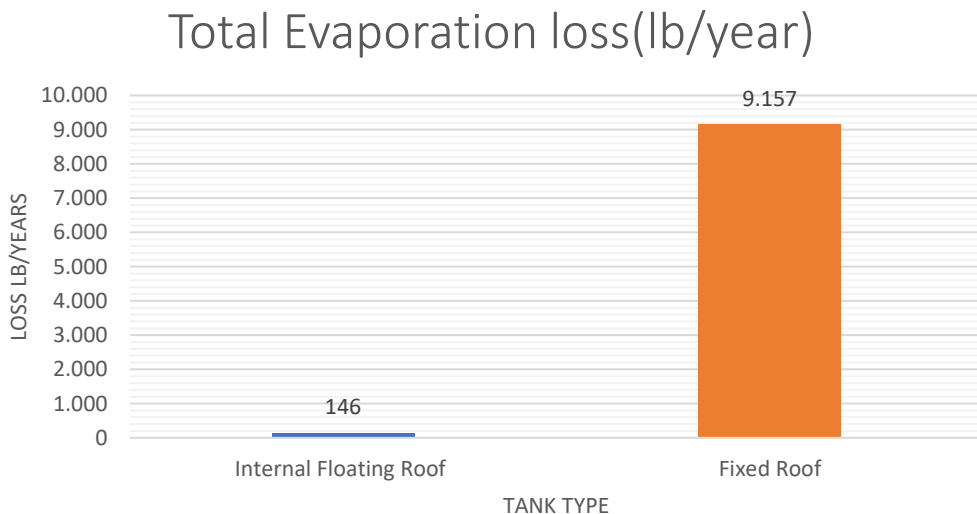
Lalu dari segi *working loss* disebabkan oleh perubahan tingkat cairan dalam tangki. Ketika tingkat cairan meningkat, uap dalam tangki dikompresi meningkatkan tekanan dalam tangki. Jika tekanan dalam tangki melebihi titik yang ditetapkan pada ventilasi tangki, uap dikeluarkan dari tangki sehingga menghasilkan kerugian penguapan. *Working losses* disebabkan oleh beberapa faktor berikut:

- Stock turnover rate
- Annual throughput
- Tank diameter
- Liquid height
- Liquid surface temperature
- Vent settings
- Vapor density
- Vapor pressure

Jika dilihat nilai dari *working loss fixed roof* dan *internal floating roof* adalah juga sangat jauh perbedaannya. Hal ini di sebabkan hal yang sama yaitu adanya vapor space. Dengan naik-turunnya biodiesel dalam tangki, mengakibatkan perubahan vapor space, yang dapat mengakibatkan uap terbentuk. Sehingga memicu timbulnya tekanan berlebih yang kemudian memaksa bleeder vent membuka, dan selanjutnya terjadi rugi penguapan. Pada gambar 4.24 berikut adalah grafik perbandingan *working loss* pada kedua tangki. Sedangkan untuk perbandingan total rugi penguapan dapat dilihat pada gambar 4.25 dibawah ini.



Gambar 4. 24 Perbandingan *standing loss fixed roof vs internal floating roof*



Gambar 4. 25 Grafik perbandingan *evaporation loss* antara *internal floating roof* dengan *fixed roof*.

4.6. Prakiraan kondisi biodiesel

Dari gambar 4.25 grafik tersebut dapat dilihat bahwa dengan menggunakan *internal floating roof* dapat mengurangi rugi penguapan, bahkan hingga 98,6% dari total rugi penguapan dengan *fixed roof*. Jika dengan kondisi lingkungan disamakan dan cairan yang disimpan sama, sedangkan rugi penguapan lebih kecil maka jumlah kontak udara

yang terjadi didalam tangki lebih kecil. Kemudian jika jumlah kontak udara lebih kecil maka potensi terdegradasinya biodieselpun juga lebih kecil.

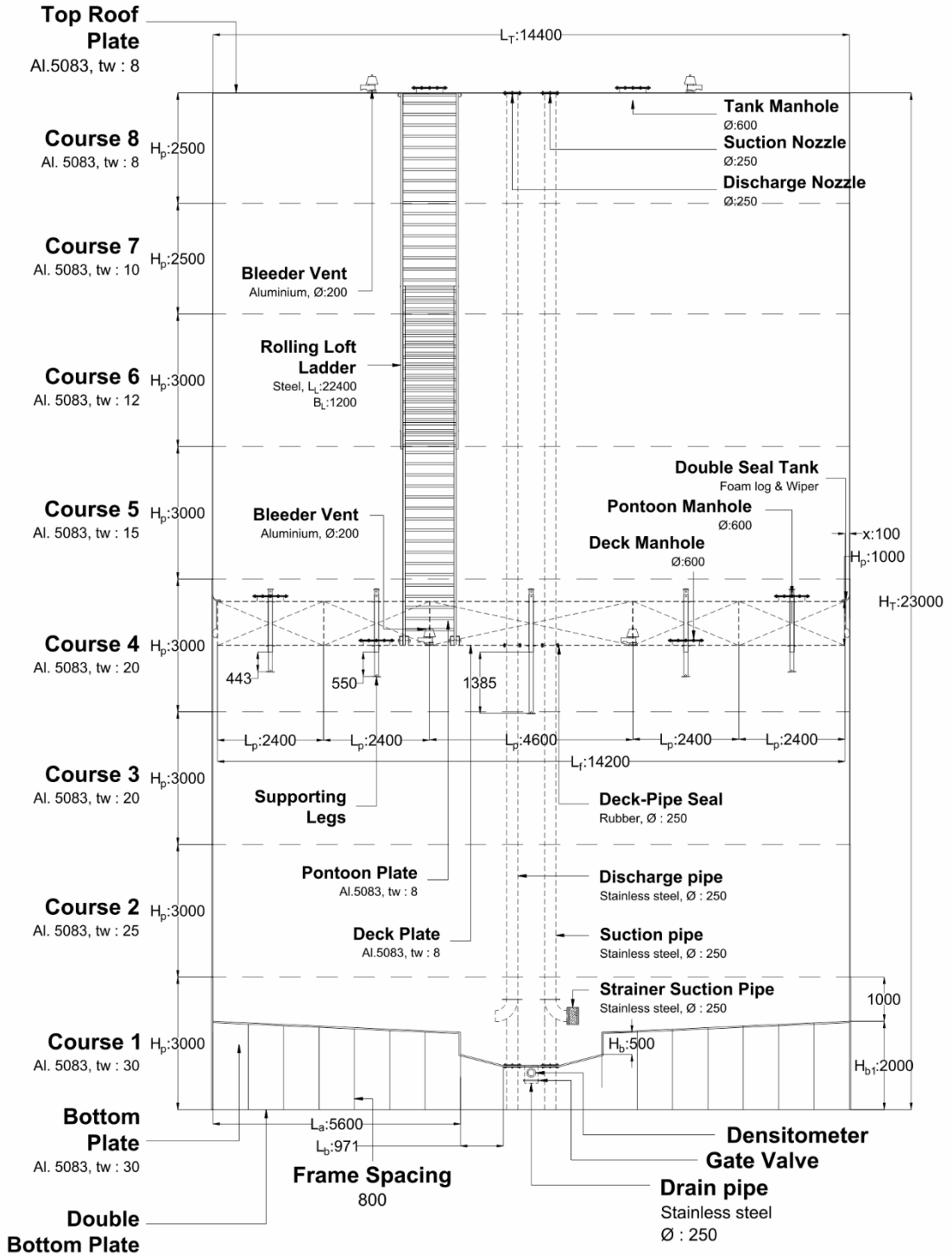
Berdasarkan penelitian R. Sudradjat, dkk pada tahun 2009 bahwa biodisel yang simpan terbuka dan tertutup selama 5 minggu menghasilkan perubahan angka asam dari awalnya 0,36 menjadi masing-masing 1,88 mg KOH/g dan 0,52 mg KOH/g. Dengan membandingkan jumlah kontak udara yang terjadi pada tangki *fixed roof* dengan *internal floating roof* maka jika menggunakan tangki *internal floating roof* bisa diperkirakan nilai angka asam setelah 5 minggu penyimpanan yaitu di sekitar 0,37 mg KOH/g.

Kemudian berdasarkan penelitian Leung, dkk pada tahun 2009 bahwa biodisel yang simpan terbuka dan tertutup selama 52 minggu menghasilkan perubahan keaslian (*purity*) dari awalnya 99,7% menjadi masing-masing 60,2% dan 92,9%. Dengan membandingkan jumlah kontak udara yang terjadi pada tangki *fixed roof* dengan *internal floating roof* maka jika menggunakan tangki *internal floating roof* bisa diperkirakan nilai *purity* setelah 52 minggu penyimpanan yaitu di sekitar 96%.

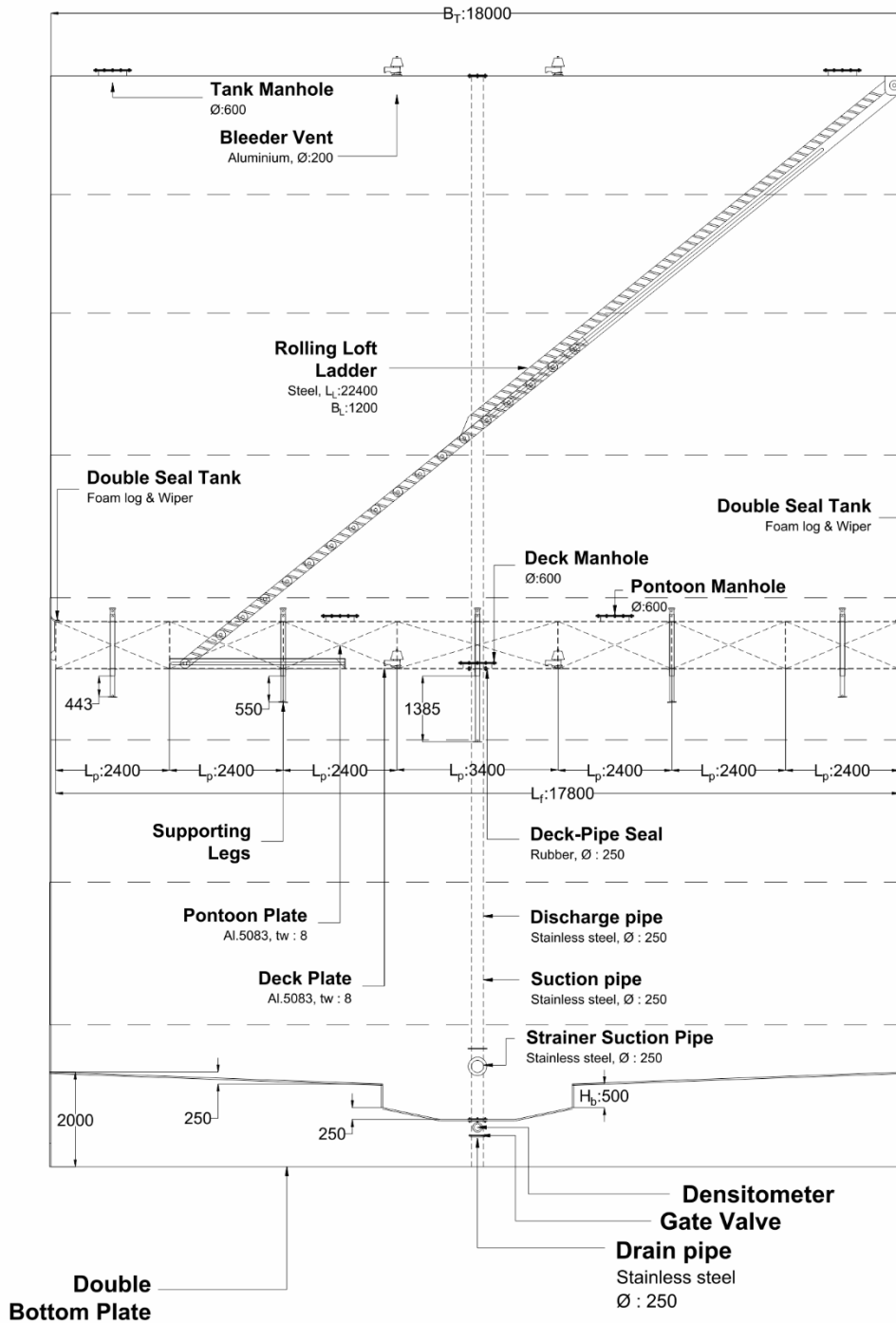
Kedua perkiraan kondisi diatas diasumsikan dapat dihitung secara persamaan liner dengan perbandingan kontak udara yang berasal dari selisih persentase rugi penguapan. Jadi untuk kepastian nilainya belum dapat dipertanggung jawabkan tanpa melakukan pengujian secara langsung.

4.7. Desain tangki

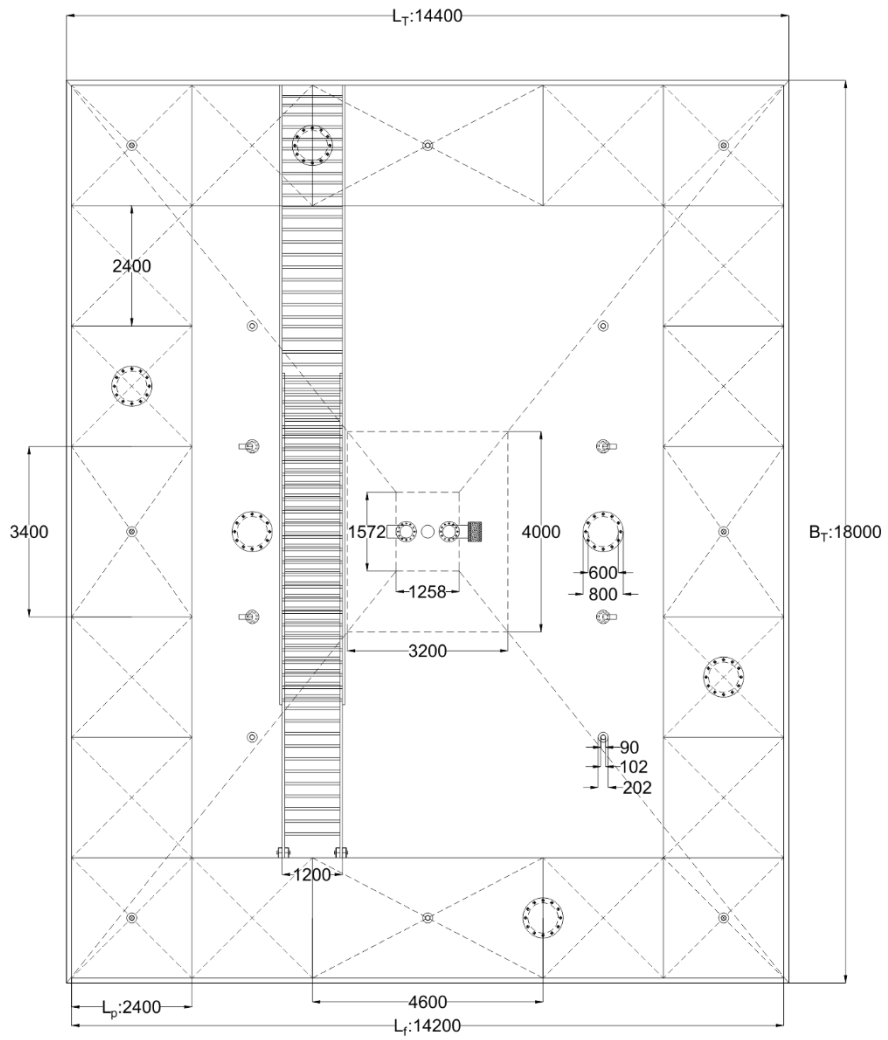
Desain tangki diantaranya adalah berisi gambar tangki tampak samping, tampak depan, dan tampak atas. Kemudian juga untuk gambar *floating roof* ditunjukkan dengan gambar tampak samping dan tampak atas. Sementara untuk gambar *general arrangements* dan *floating roof arrangements* diletakan pada lampiran 13 dan 14. Pada gambar 4.26 dapat dilihat desain tangki dari tampak samping kapal, baik port ataupun staboard side sama saja. Kemudian pada gambar 4.27 adalah desain tangki dari tampak depan kapal. Sedangkan untuk gambar 4.28 adalah tangki yang dilihat dari atas. Dan untuk 4.29 dan 4.30 adalah gambar perancangan *internal floating roof*.



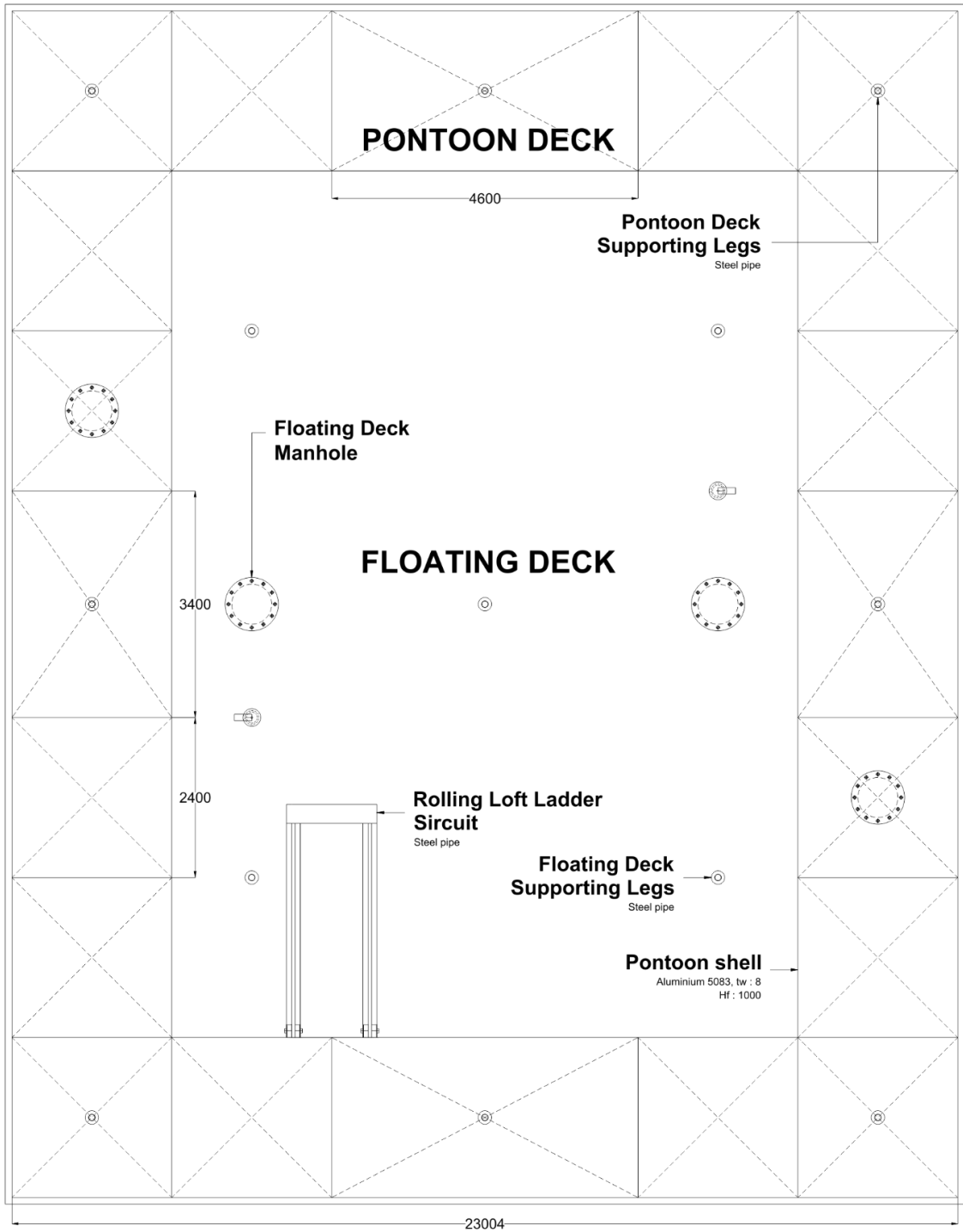
Gambar 4. 26 Side view desain tangki



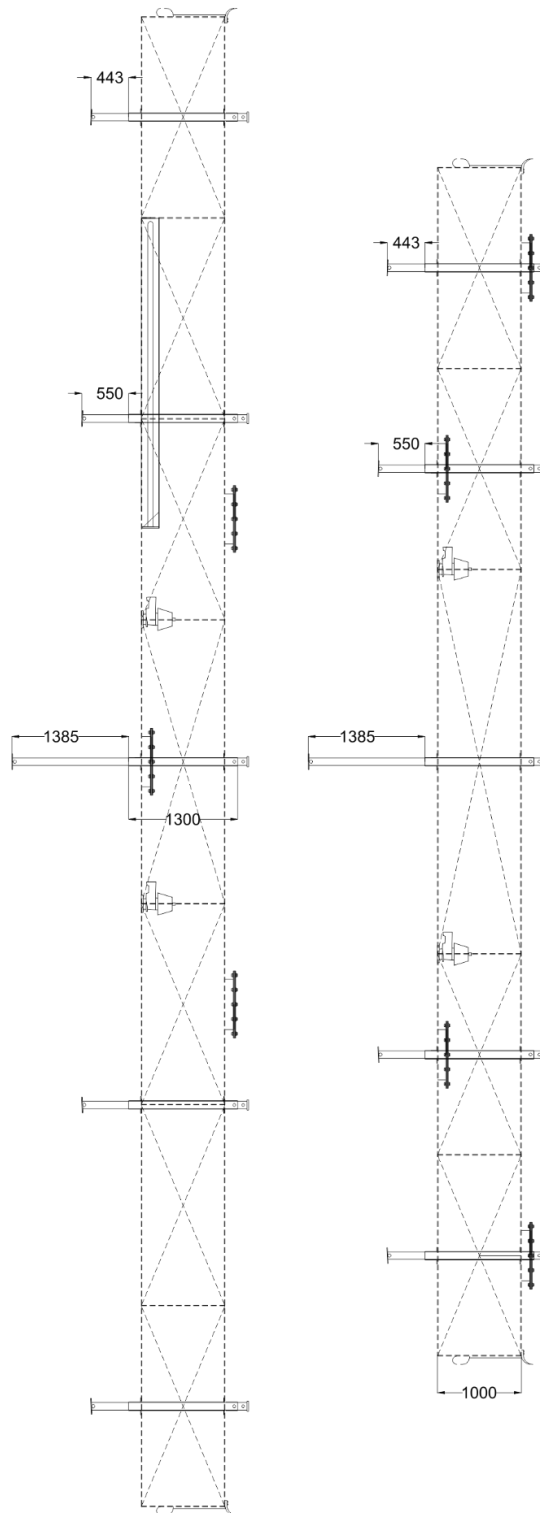
Gambar 4. 27 Front view desain tangki



Gambar 4. 28 *Top view* desain tangki



Gambar 4. 29 Floating roof desain top view



Gambar 4. 30 *Floating roof* desain side-front view

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Penelitian ini telah berhasil mencapai tujuan penelitian yang ditetapkan yaitu merancang tanki *internal floating roof* untuk mengetahui bagaimana detail desain bagian utama tanki *internal floating roof*, mengetahui bagaimana detail desain *floating roof* tanki *internal floating roof*, mengetahui bagaimana perancangan fitting tanki untuk mendukung kerja dari tanki *internal floating roof* pada kapal *floating storage*, mengetahui bagaimana pengaruh desain tanki *internal floating roof* pada biodiesel yang disimpan. Langkah-langkah pengerjaan penelitian yang disusun dalam Metodologi Penelitian telah dilakukan dan hasil rancangan telah didapatkan. Tanki yang dirancang telah dianalisa secara matematis berdasarkan API 650, dan beberapa standard perancangan tanki lainnya. Kemudian diuji keakurasiannya dengan simulasi program komputer. Berdasarkan penelitian di atas maka dapat ditarik beberapa kesimpulan yang menjawab dari rumusan masalah diantaranya sebagai berikut :

1. Tanki *internal floating roof* biodiesel yang dirancang dibentuk kotak agar tidak membuang terlalu banyak ruang kapal dengan bagian utama tanki menggunakan material yang sering digunakan untuk *marine application* dan kompatibel dengan biodiesel.
2. Konstruksi dinding tanki yang terdiri dari 8 course, dasar dan atap tanki dirancang dengan ketebalan berbeda sesuai dengan tekanan kerja pada masing-masing bagian.
3. Tanki yang dirancang telah memenuhi syarat kekuatan, yaitu dengan berdasarkan hasil perhitungan yang keakurasiannya telah diuji dengan simulasi Ansys.
4. Bagian *floating roof* dirancang menggunakan *Single Pontoon Deck*, karena sesuai dengan ukuran tanki dan memiliki keuntungan tidak ada ruang udara antara *deck seam* dengan biodiesel. Kemudian di dukung dengan sistem *double seal* untuk memperkecil akses udara masuk sehingga mengurangi kontak dan reaksi dengan biodiesel.
5. Perlengkapan tanki diantaranya *manhole, discharge, suction, drain, bleeder vent, supporting legs, rolling loft ladder, automatic tank gauge, nitrogen blanket, filter udara* dan *dip hatch* telah dirancang dengan spesifikasi tertentu dengan mempertimbangkan syarat teknis, keandalan operasi dan kemudahan perawatan.
6. Berdasarkan hasil perhitungan rugi penguapan, dapat diperkirakan bahwa biodiesel yang disimpan dalam *fixed roof* dan *internal floating roof* mengalami perubahan angka asam masing-masing sebesar 0,52 mg KOH/g dan 0,37 mg KOH/g dari kondisi awal sebesar 0,36 mg KOH/g. Kemurnian biodiesel di *fixed roof* menurun menjadi 92,9% sedangkan di *internal floating roof* menjadi 96% dari kondisi awal sebesar 99,7%. Secara keseluruhan, *internal floating roof* yang dirancang memiliki performa yang lebih baik dibandingkan *fixed roof*.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian di atas, agar penelitian ini dapat menjadi lebih baik dan berkelanjutan maka terdapat beberapa saran diantaranya sebagai berikut :

1. Perancangan tangki bisa di analisa lebih lanjut dengan pertimbangan lebih jauh masalah konstruksi kapal yang digunakan.
2. Tanki yang dirancang bisa dijadikan sebagai alternatif desain tanki penyimpanan bahan bakar B30 khususnya dan biodiesel pada umumnya, terutama untuk *marine application*.
3. Keabsahan tanki yang dirancang bisa diuji dengan pembuatan prototipe dan pengamatan terhadap kandungan biodiesel yang disimpan di dalamnya dari waktu ke waktu.
4. Analisa biaya dan kelayakan tangki yang didesain dapat dilakukan untuk mendapatkan rancangan tangki yang optimal secara teknis dan ekonomis.
5. Analisa operasional dan perawatan tangki dapat dilakukan untuk mengetahui pola operasi dan perawatan yang optimal dalam mengatasi handling biodiesel .

DAFTAR PUSTAKA

- American Standard API Standard 2000, April 1998. *Venting Atmospheric and Low-Pressure Storage Tanks*. Fifth Edn, American Petroleum Institute. United State.
- ABS (American Bureau Shipping) Standard. 2006. *Rules for Materials and Welding*. United State.
- ABSG Consulting Inc. 2004. *Mooring Feasibility Study For FSO Cinta Natomas At Tuban SPM Terminal Report*. Volume 1. Singapura.
- Akbar S, Thundra. 2016. *Laporan Kerja Praktek Studi Pembuatan Fasilitas Tower Kalibrator Untuk Rekalibrasi Peralatan Automatic Tank Gauges (Atg) Servo Di Pt. Pertamina (Persero) Ru-Iv Cilacap*. Program Studi Elektronika & Instrumentasi. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- American Standard API Standard 650, 2007, *Welded Tanks for Oil Storage*, Washington DC. United State
- American Standard. API Standard MPMS 19.2. 2012. *Manual of Petroleum Measurement Standards Chapter 19.2 Evaporative Loss From Floating-Roof Tanks*. Washington DC. United State
- Anonim. 2015. SNI 7182-2015. *Standar Mutu Kualitas Biodiesel*, Badan Standarisasi Nasional.
- ANSI. 1979. *American National Standard B 36 10-1979 Welded and Seamless Wrought Steel Pipes Stainless Steel Pipes*.
- Baker Tank Company/Altech. *Divisions of Justiss Oil Company*, Inc. Texas, United State of America.
- Brownell & Young, 1959. *Equipment Design*. Associate Professor of Chemical and Metallurgical Engineering University of Michigan. New York. United State of America.
- BS EN 573-3. 2009. *Aluminium 5083 Properties*. Europe Standard.
- Cendana, Dewi,. 2011. *Perencanaan Liquid Storage Tank Dengan Pengaruh Gempa*. [Skripsi]. Departemen Teknik Sipil, Universitas Sumatera, Medan.

- Chandra, A. Adhi. 2018. *Program Biodiesel 20% Belum Maksimal, Ini Sebabnya* di <https://finance.detik.com> (di akses 20 Januari).
- Coulson, 1988. *Chemical Engineering Design Volume 1*, Sixth edition. Page 537.
- Dunne, T., and Leopold, L.B., 1978, *Water in Environmental Planning*: San Francisco, Calif., W.H. Freeman, 257-258 p.
- Engineering ToolBox, (2003). *ASME/ANSI B16.5 - Flanges and Bolt Dimensions Class 150 to 2500*. [online] Available at: https://www.engineeringtoolbox.com/flanges-bolts-dimensions-d_464.html [05 Juli 2019].
- Engineering ToolBox, (2010). *Factors of Safety*. [online] Available at: https://www.engineeringtoolbox.com/factors-safety-fos-d_1624.html [Accessed June 29. 2019]
- EPA's AP-42 (Environmental Protection Agency), *Section 7.1 Organic Liquid Storage Tanks*. 1997. United State of America.
- Ergil group. NA. *Storage Tank Internal Floating Roof*. Istanbul, Turki.
- Google Inc, 2018, Google Maps : 5°31'17.3"S, 122°32'34.1"E dalam <http://maps.google.com/>
- HMT Tank. 2012. *Internal Floating Roof Seal*. The Woodlands, United State of America.
- Litbang Deptan at : <http://pustaka.litbang.deptan.go.id/publikasi/wr283061.pdf> . [Accessed June 29. 2019]
- Kementerian Energi Dan Sumber Daya Mineral. 2018. *Pedoman Umum Penanganan dan Penyimpanan Bahan Bakar Biodiesel (B100) dan Campuran Biodiesel (BXX)*. Jakarta: Direktorat Bioenergi
- Ketaren, S. 1986. *Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan*. Jakarta: Universitas Indonesia Press.
- Ketaren, S. 2005. *Minyak Dan Lemak Pangan*. Jakarta; Penerbit Universitas Indonesia. Halaman 284.
- Kurniawan, Roni., dkk., 2011. *Variasi Bulanan Gelombang Laut Indonesia*. Puslitbang BMKG. Jakarta.

- Kwan, SiewYeng. (2009). *Design, Construction and Operation of the Floating Roof Tank in Turkmenistan, Eng4111/4112 Research Project*, Faculty of Engineering and Surveying, University of Southern Queensland.
- Leung, D. Y. C., Koo, B. C. P., & Guo, Y. (2006). *Degradation of biodiesel under different storage conditions*. *Bioresource Technology*, 97(2), 250–256.
- M. Ndiaye, Papa. dkk. 2005. *Vapor Pressure Data of Soybean Oil, Castor Oil, and Their Fatty Acid Ethyl Ester Derivatives*. *Department of Chemical Engineering, Federal University of Rio de Janeiro, 21949-900 Rio de Janeiro, Brazil, and Department of Food Engineering, URI – Campus de Erechim, Avenida Sete de Setembro, 1621 – Erechim-RS, 99700-000 Brazil*.
- Makmur, Acmad Syaiful. 2015. *Mari Mengenal FPSO*. [Internet]. Tersedia di : <https://achmadsya.wordpress.com/2015/12/15/mari-mengenal-fpso>
- Mittelbach, M., Gangl, S., 2001, *Long Storage Stability Of Biodiesel Made From Rapeseed And Used Frying Oil*. *J Amer Oil Chem Soc* 78:573-577.
- Morrison, G.L. dkk. 1992. *Solar Radiation Data For Indonesia, Solar Enerdy Vol.49 No.1, pp.65-76*. School of Mechanical and Manufacturing Engineering, University of New South Wales, Sidney, Australia.
- Pekik Mahardika, Ayu Ratnasari. 2018. *Perancangan Tangki Stainless Steel Untuk Penyimpanan Minyak Kelapa Murni Kapasitas 75 m³*. *Jurnal Teknologi Rekayasa* Vol. 3, No.1, Juni 2018. Program Studi D4 Teknik Perpipaan, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
- Pemerintah Indonesia. 2013. *Direktorat Jenderal Standardisasi & Perlindungan Konsumen No. 249/SPK/KEP/12/2013*. Jakarta.
- Pemerintah Indonesia. 2015. *Peraturan Menteri ESDM No. 12 Tahun 2015 Yang Mengatur Penyediaan, Pemanfaatan Dan Tata Niaga Bahan Bakar Nabati (Biofuel) Sebagai Bahan Bakar Lain*, Lembaran Negara RI 2015 (406). Jakarta: Sekretariat Negara.
- Pertamina. 2019. *Spesifikasi pelabuhan Pertamina*. www.pertamina.com di akses pada tanggal 26 Juni 2019.

- PTS 20.156A, 1986. *Manual - Standard Tanks. Vol. 1 – Part 1*. Petronas Technical Standards.
- Pusat Riset Kelautan. 2015. *Kelembaban Udara Tahun 2010-2015*. Kementerian Kelautan & Perikanan.
- Righton, *Aluminium – 5083 H111, 0121 356 1141*. Project Guide Product Maker
- Suaniti, Ni Made., dkk. 2017. *Efek Penambahan Antioksidan Ekstrak Metanol Kulit Buah Manggis (Garcinia mangostana L.) Terhadap Perubahan Kadar FFA, Bilangan Asam, dan Bilangan Peroksida Biodiesel. Bukit Jimbaran : Jurnal Kimia, Vol. 11, No. 1, (1) : 49-55.*
- Sudarmadji. S. dkk. 1996. *Analisa Bahan Makanan dan Pertanian*. Liberty Yogyakarta. Yogyakarta.
- Sudradjat, dkk. 2010. *Pembuatan Biodiesel Biji Kepuh Dengan Proses Transesterifikasi*. Pusat Litbang Hasil Hutan. Departemen Kimia, Fakultas MIPA. IPB. Bogor.
- Tim Engineering Proyek Restorasi Tanki 31 Pertamina RU-IV C. *Penggunaan Internal Floating Roof Sebagai Upaya Mengurangi Kerugian Akibat Penguapan Produk Hydrocarbon*. PT. Wijaya Karya (Persero)Tbk, Departemen Industrial Plant. Cilacap.
- Varec, Inc. 2019. *Product of Manufacture Specification*.
- Vidosic, Joseph P. 1957. *Machine Design Projects. The Ronald Press Company*. New York.
- Winarno, F.G. 2004. *Kimia Pangan dan Gizi*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Yubaidah, Siti. 2009. *Stabilitas Oksidasi Biodiesel Sawit Jatropha Castor dan Pengaruhnya Terhadap Karakteristik Emisi Gas Buang*. [Tesis]. Depok: Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

LAMPIRAN

RIGHTON

Your Unbeatable Source of Metals & Plastics

121 356 1141

Aluminium - 5083 H111

Plate		Properties	
Stock		Chemical Properties	
Size (mm)	Weight/Sheet (Kg)	Element	Chemical Composition %
2000 x 1000 x 3.0	16.26	Manganese (Mn)	0.40 - 1.00
2500 x 1250 x 3.0	25.41	Iron (Fe)	0.40 max
3000 x 1500 x 3.0	36.59	Copper (Cu)	0.10 max
2000 x 1000 x 4.0	21.68	Magnesium (Mg)	4.0 - 4.90
2500 x 1250 x 4.0	33.88	Silicon (Si)	0.40 max
3000 x 1500 x 4.0	48.78	Zinc (Zn)	0.25 max
2000 x 1000 x 5.0	27.10	Chromium (Cr)	0.05 - 0.25
2500 x 1250 x 5.0	42.34	Titanium (Ti)	0.15 max
3000 x 1500 x 5.0	60.98	Aluminium (Al)	Balance
2000 x 1000 x 6.0	35.52		
2500 x 1250 x 6.0	50.81	Mechanical Properties	
3000 x 1500 x 6.0	73.17	Property	Value
2000 x 1000 x 8.0	43.36	Proof Stress	145 MPa
2500 x 1250 x 8.0	67.75	Tensile Strength	300 MPa
3000 x 1500 x 8.0	97.56	Elongation	23%
2000 x 1000 x 10.0	54.20	Shear Strength	175 MPa
2500 x 1250 x 10.0	84.69	Hardness Vickers	75 HV
3000 x 1500 x 10.0	121.95		
2000 x 1000 x 12.0	65.04	Physical Properties	
2500 x 1250 x 12.0	101.63	Property	Value
3000 x 1500 x 12.0	146.34	Density	2.65 g/cm ³
2000 x 1000 x 15.0	81.30	Melting Point	570°C
2500 x 1250 x 15.0	127.03	Thermal Expansion	25 x 10 ⁻⁶ /K
3000 x 1500 x 15.0	182.93	Modulus of Elasticity	72 GPa
2000 x 1000 x 20.0	108.40	Thermal Conductivity	121 W/m.k
2500 x 1250 x 20.0	169.38	Electrical Resistivity	0.058 x 10 ⁻⁶ Ω.m
3000 x 1500 x 20.0	243.90		
2000 x 1000 x 25.0	135.50		
2500 x 1250 x 25.0	211.72		
3000 x 1500 x 25.0	304.88		
2000 x 1000 x 30.0	162.60		
2500 x 1250 x 30.0	254.06		
3000 x 1500 x 30.0	365.85		
2500 x 1250 x 40.0	338.75		

Disclaimer

This data is indicative only and as such is not to be relied upon in place of the full specification. In particular, mechanical property requirements vary widely with temper, product and product dimensions. All information is based on our present knowledge and is given in good faith. No liability will be accepted by the Company in respect of any action taken by any third party in reliance thereon.

The information provided in this datasheet has been drawn from various recognised sources, including EN Standards, recognised industry references (printed & online) and manufacturers' data. No guarantee is given that the information is from the latest issue of those sources or about the accuracy of those sources.

Material supplied by the Company may vary significantly from this data, but will conform to all relevant and applicable standards.

Lampiran 1. Material Tangki.

► Foam Seal & Wiper Seal

The primary foam seal is liquid mounted type composed of foam blocks and envelopes; the secondary wiper seal is vapor mounted type. The envelope is designed to prevent liquid capillary action and provide a long service life for B.T.X and other strong chemical storage tanks.

This foam seal can effectively reduce VOC emissions and project losses of liquid products completely.



► Specifications ◀

Item	Internal Floating Roof Seal System
Pontoon	Floating Tube Type, Honeycomb floating deck, Aluminum or Stainless Steel
Deck material	Aluminum or Stainless Steel (FRP upon request)
Rim Space	Normal 180mm ± 100mm (* larger rim space is available)
Application	A portable solution to convert a fixed roof into a floating roof tank
Type of Seals	<ul style="list-style-type: none"> ★ Primary Seal: Wiper Seal, Liquid Mounted Foam Seal or Mechanical Seal, Compression type Seal ★ Secondary Seal: Wiper Seal, Compression type Seal
Advantages	<ul style="list-style-type: none"> ★ Reduce product evaporation loss ★ Reduce potential for vapor space explosions and fire hazards ★ Preserve the environment ★ Better peripheral sealing and lower seal cost ★ Cost effective initial investment ★ Long service life ★ No normal maintenance requirement ★ 100% aromatic protection available ★ Complies with API 650 Appendix H standard ★ Compatible with all stored products: Crude oil, Naptha ★ Designed to access all components through the manhole. (floating tube type)



► Foam Seal type

The flexible foam filled with primary rim seal is mounted in the bottom position of the seal contacted with the stored products.

FLOAT-TEK foam seal is comprised of a series of polyurethane foam blocks covered by an envelope and compressed between the tank shell and the floating roof rim. The foam blocks are held down by steel plates. This mounted-type seal eliminates vapor area.

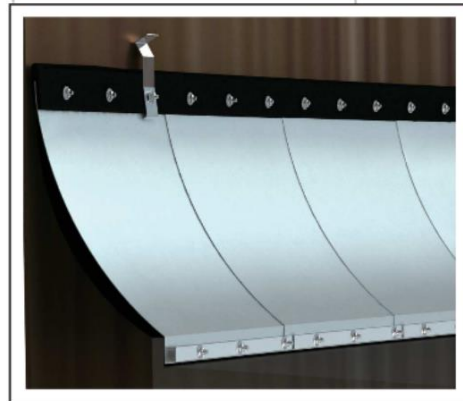
The curtain seal prevents any vapors passing between the roof and the metal frame or hanger bar.

▼ Description	Material
✓ Foam Block	Polyurethane foam
✓ Envelope	Synthetic rubber, Polyurethane, PTFE, Viton or Polyethylene on polyester fabric
✓ Curtain Seal	Nitrile/PVC, Polyurethane or PTFE
✓ Metal parts	Carbon steel with hot dip galvanized coating or Stainless steel


► Secondary Seal

The secondary seal reduces the evaporation losses of the primary seal, and it also

- prevents the rainwater and other products from falling into the stored products. The compressed plates may be mounted on horizontal or vertical type of roof rims and made to accept specific bolt pitching. The overlapping of compressed plates give
- strong sealing pressure to the tank shell.



The wiper tip complies with a UV and weather resistant type of synthetic rubber and exerts a high sealing efficiency. The shunts complies with API 2003.

Section	Type	Description
	Novaseal OV	Manhole gaskets, fabric impregated with rubber. For steamvessels. Less torquing after installation, better coldsealing. Application up to +225 °C, max. 25 bar pressure.

Lampiran 3. Gasket Manhole

Nominal Pipe Size NPS (inches)	Class 150				
	Diameter of Flange (inches)	No. of Bolts	Diameter of Bolts (inches)	Diameter of Bolt Holes (inches)	Bolt Circle (inches)
3	7-1/2	4	5/8	0.75	6
3-1/2	8-1/2	8	5/8	0.75	7
4	9	8	5/8	0.75	7-1/2
5	10	8	3/4	0.88	8-1/2
6	11	8	3/4	0.88	9-1/2
8	13-1/2	8	3/4	0.88	11-3/4
10	16	12	7/8	1	14-1/4
12	19	12	7/8	1	17
14	21	12	1	1.12	18-3/4
16	23-1/2	16	1	1.12	21-1/4
18	25	16	1-1/8	1.25	22-3/4
20	27-1/2	20	1-1/8	1.25	25
24	32	20	1-1/4	1.38	29-1/2

Lampiran 4. Standard Flange

**American National Standard
Welded and Seamless Wrought Steel Pipes
Stainless Steel Pipes**

**ANSI B 36 10-1979
ANSI B 36 19-1976**

NOMINAL PIPE SIZE	OUT SIDE DIA.	NOMINAL WALL THICKNESS														XX STRONG XXS
		SCHED. 6S	SCHED. 10S	SCHED. 10	SCHED. 20	SCHED. 30	STANDA- RD (STD)	SCHED. 40/40S	SCHED. 60	EXTRA STRONG (XS)	SCHED. 80/80S	SCHED. 100	SCHED. 120	SCHED. 140	SCHED. 160	
100 mm	114.3	2.11	3.05				6.02	6.02		8.56	8.56		11.12		13.49	17.12
125 mm	141.3	2.77	3.40				6.55	6.55		9.53	9.53		12.7		15.88	19.05
150 mm	168.3	2.77	3.40				7.11	7.11		12.70	12.70		14.27		18.26	21.95
200 mm	219.1	2.77	3.76		6.35	7.04	8.18	8.18	10.31	12.70	12.70	15.06	18.24	20.62	23.01	22.23
250 mm	273.00	3.40	4.19		6.35	7.80	9.27	9.27	12.70	12.70	15.06	18.24	21.41	25.40	28.58	25.40
300 mm	323.8	3.96	4.57		6.35	8.38	* 9.52	10.31	14.27	12.70	17.45	21.41	25.4	28.58	33.32	25.4

Lampiran 5. ANSI B 36 10-1979

DESCRIPTION

Mudboxes are used in systems which needs to be protected against debris during pipe installation or regular operation. It is possible to get the strainer basket with different mesh size. Angled with PN 10 drilled flange ends. DN 400 and 600 available with other face to face dimensions.

SPECIFICATIONS

Flange standard:	ISO 7005-2
Face to face standard:	DIN 87151-1
Bonnet connection:	Bolted
Execution:	Angled
Connection type:	Flanged
Perforation:	DN 40-65 5 x 5 mm, DN 80-600 8 x 8 mm



MEDIA

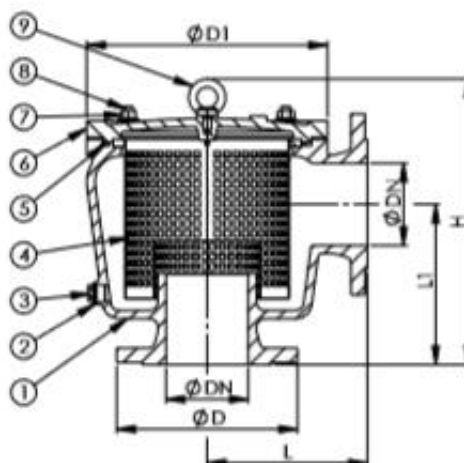
Seawater and freshwater. Fuel oil, lubricating oil and flammable hydraulic oil. Cargo oil.

VARIANTS

Other materials and mesh sizes on request.

No.	Part	Dimension	Material
1	Body		Cast iron EN-JL1040 (GG25)
2	Washer	DN 80-300	Copper
2	Washer	DN 350-600	Steel
3	Plug G1/2"	DN 80-600	Brass CW614N (Ms58)
4	Strainer	DN 40-300	Stainless steel 1.4432 (AISI316L)
4	Strainer	DN 350-600	Stainless steel 1.4401 (AISI316)
5	O-ring		NBR
6	Bonnet		Cast iron EN-JL1040 (GG25)
7	Flange nut		8.8 FZB
8	Stud bolt		8.8 FZB
9	Lifting eyebolt		8.8 FZB

DN	Connection	Max. working pressure (bar) up to 80°C
40-450	PN 10	4
500-600	PN 10	2,5



Lampiran 6. Strainer

**Viscosity accuracy**

±0.2 cP (0.5 to 10 cP) then ±1% of calibration range maximum (10 to 100 cP)

Operating viscosity range

0.5 to 100 cP

Density accuracy

±1.0 kg/m³(±0.001g/cm³)

Operating density range

0 to 3000 kg/m³(0 to 3g/cm³)

Operating temperature range

-50 °C to +200 °C (-58 °F to +392 °F)

Materials

- Wetted parts: 316L stainless steel and Diamond-Like Carbon (DLC)
- Tine finish: DLC coated
- Transmitter housing: Polyurethane-painted aluminum

Local display (optional)

- Segmented two-line LCD screen.
- Can be rotated on transmitter, in 90-degree increments, for ease of viewing.
- Suitable for hazardous area operation.
- Optical switch controls for hazardous area configuration and display.
- Glass lens.
- Three-color LED indicates meter and alert status.

Transmitter output channels

Available output channels:

- Channel A is 4-20 mA + HART
- Channel B is 4-20 mA
- Channel C is RS-485/Modbus

Meter approvals, calibrations, and certifications

Agencies & types of approval available:

- CSA
- IECEx
- NEPSI
- ATEX

Lampiran 7. Viscosity meter



Gate valve with indicator, flanged connection 401422

DESCRIPTION

Gate valve used as shut off in cooling, sea water and shipside applications. Multiturn operation. Non-rising stem. For warm sea water it is recommended to use a stem of zinc free bronze, CuSn6.

SPECIFICATIONS

Flange standard: EN 1092-3
 Face to face standard: EN 558, series 14
 Bonnet connection: Bolted
 Execution: Straight
 Connection type: Flanged

MEDIA

Steam. Thermal oil. Fuel oil, lubricating oil and flammable hydraulic oil. Cargo oil. Non-flammable hydraulic fluid. Boiler feedwater, condensate. Seawater and freshwater.

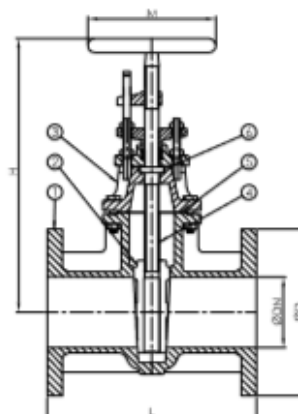
VARIANTS

CuSn6 stem.

No.	Part	Material
1	Body	Bronze CC491K (RG5)
2	Wedge	Bronze CC491K (RG5)
3	Bonnet	Bronze CC491K (RG5)
4	Stem	Special brass CW710R (SoMs59)
5	Body sealing	NBR bonded aramid
6	Bonnet sealing	NBR bonded aramid

DN	Connection	Max. working pressure (bar)	
		up to 120°C	up to 225°C (steam up to 180°C)
25-100	PN 16	16	10
125-150	PN 10	10	6
200-250	PN 10	6	4
300	PN 10	4	2

DN	Pressure rating	Connection	L	D	H	M	Weight	Item no.
25	PN 16	PN 16	125	115	170	120	5,5 kg	41081
32	PN 16	PN 16	130	140	185	120	7,8 kg	81987
40	PN 16	PN 16	140	150	240	120	11,0 kg	81147
50	PN 16	PN 16	150	165	255	120	12,0 kg	80280
65	PN 16	PN 16	170	185	295	160	17,0 kg	80282
80	PN 16	PN 16	180	200	315	160	21,0 kg	80283
100	PN 16	PN 16	190	220	345	160	28,0 kg	80281
125	PN 10	PN 10	200	250	400	200	36,0 kg	80284
150	PN 10	PN 10	210	285	430	200	46,0 kg	80286
200	PN 6	PN 10	230	340	530	250	62,0 kg	92387
250	PN 6	PN 10	250	395	635	250	98,0 kg	41082
300	PN 4	PN 10	270	445	725	250	140,0 kg	41083



OBJECTIVE

The Protectoseal Series 7800, End-of-Line Emergency Pressure Release are designed to provide emergency relief capacity beyond that furnished by the operating vents on tanks, low pressure vessels and piping in the event of external fire involvement. Vapors are relieved to atmosphere.

TECHNIQUE

Under normal operating conditions, the pallet assembly is closed providing a vapor-tight seal. In the event of an emergency (fire involvement of the tank) the pallet lifts to vent excess vapors thereby protecting the tank from dangerous over-pressurization. Pallet automatically closes and reseals when the pressure is reduced.

Optimized Performance Vents™

Protectoseal's "Optimized Performance Vents" incorporate patented features that provide the optimum overall vent performance with regard to sealing, set point, flow and resealing (blow down).

SPECIAL FEATURES

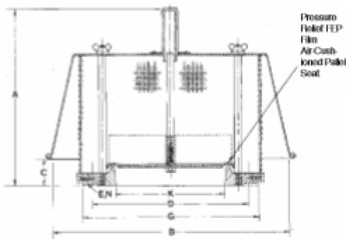
Fast Inspection, Easy Maintenance. Design and light weight of entire unit permits easy, convenient handling for inspection and maintenance. Coarse mesh screen prevents entry of foreign matter into seating area.

Maintains Accurate Pressure Settings. Set points are accurate to within +/- 3% based on weight per area of mean seat diameter.

Air-Cushioned Seating. A flat, smooth diaphragm of FEP film is supported on both sides of an annular channel to form a floating air seal with the seat. An outer support rim assures proper seating.

Low-Leakage. Vent leakage is no more than 1 SCFH at 90% of the set pressure.

Sizes Available. 2" (DN 50) through 12" (DN 300) aluminum units flanged to mate with 125# ANSI and DIN PN 16 flat face flanges. All other materials mate with 150# ANSI and DIN PN 16 raised face flanges. 16" (DN 400) through 24" (DN600) units flanged to mate with applicable ANSI or API flat face flange connections.



Dimensions shown are for reference only, contact Factory for certified drawings.

PRO-FLOW® Sizing and Selection Software.

Use PRO-FLOW® to select the correct size unit for pressure and vacuum relief calculated in accordance with API 2000, ISO 28300, NFPA 30 and OSHA 1910.106.

CONSTRUCTION

A comprehensive range of materials is offered as shown in the chart below. Non-metallic (thermoplastic resin & FRP), construction available. Other materials and features can be furnished upon request.

Available Options.

- Alternate diaphragm materials
- Material certifications for castings
- Lower than standard minimum pressure settings
- Mechanical or electronic indication of vent opening
- FEP coating
- Kynar® coating (Kynar® is a Registered Trademark of Arkema, Inc.)
- Special cleaning & packaging for the storage of ultrapure liquids

Series	Size	Base Flange/ Seat	Weather-Hood	Pallet*	Pallet Diaphragm
7800	2"-12"	Aluminum	Aluminum	Aluminum	FEP Film
7800	16"-24"	Steel/316 S.S.	Steel	Aluminum	FEP Film
C7800	2"-12"	Steel/316 S.S.	Steel	316 S.S.	FEP Film
C7800	16"-24"	Steel/316 S.S.	Steel	316 S.S.	FEP Film
E7800	2"-12"	Aluminum	Aluminum	316 S.S.	FEP Film
F7800	2"-12"	316 S.S.	316 S.S.	316 S.S.	FEP Film
F7800	16"-24"	316 S.S.	316 S.S.	316 S.S.	FEP Film
M7800	2"-12"	Alloy C	C276	C276	FEP Film
M7800	16"-24"	C276	C276	C276	FEP Film

* On steel and aluminum vents, weights are steel or lead. On stainless steel vents, weights are stainless steel or lead. On C276 vents, weights are C276 or lead.

2" through 12" Aluminum vents flanged to mate with 125# ANSI and DIN PN 16 flat face flanges. Steel, stainless steel and C276 units flanged to mate with 150# ANSI and DIN PN 16 raised face flanges. 16" through 24" vents flanged to mate with applicable ANSI or API flat face flange connections.

DIMENSIONS & ORDERING INFORMATION

Cat. No.*	Pipe Size K	Ht. A	Width B	C	B.C. D	Dia. E	Dia. G	Holes N
7802H	2"	8 1/4"	8 1/2"	3/4"	4 3/4"	3/4"-11	6"	Stud
7802DNH	DN50	210mm	216mm	19mm	125mm	M16x2	165mm	Stud
7803H	3"	10 1/4"	12 1/4"	2 1/2"	6"	3/4"	7 1/2"	4
7803DNH	DN80	260mm	311mm	54mm	160mm	18mm	200mm	8
7804H	4"	10 7/16"	12 1/4"	2 3/4"	7 1/2"	3/4"	9"	8
7804DNH	DN100	268mm	311mm	60mm	180mm	18mm	220mm	8
7806H	6"	13 3/4"	14 3/4"	2 11/16"	9 1/2"	1/2"	11"	8
7806DNH	DN150"	333mm	362mm	68mm	240mm	22mm	285mm	8
7808H	8"	15 1/4"	17"	3 3/4"	11 3/4"	1/2"	13 1/2"	8
7808DNH	DN200	387mm	432mm	86mm	295mm	22mm	340mm	12
7810H	10"	16 3/4"	22 1/4"	2 1/4"	14 1/4"	1"	16"	12
7810DNH	DN250	422mm	578mm	57mm	355mm	26mm	405mm	12
7812H	12"	18 3/4"	25 1/4"	2 3/4"	17"	1"	19"	12
7812DNH	DN300	473mm	638mm	70mm	410mm	26mm	460mm	12
7816ASA	16"	20"	26 3/4"	6 3/4"	21 1/4"	1 1/2"	23 1/2"	16
7816DN	DN400	508mm	679mm	168mm	525mm	30mm	580mm	16
7820ASA	20"	20"	32"	6 3/4"	25"	1 1/4"	27 1/2"	20
7820API	20"	20"	32"	6 3/4"	23 1/2"	3/4"	26"	16
7820DN	DN500	508mm	813mm	168mm	650mm	33mm	715mm	20
7824ASA	24"	21"	40"	6 3/4"	29 1/2"	1 3/8"	32"	20
7824API	24"	21"	40"	6 3/4"	27 1/2"	3/4"	30"	20
7824DN	DN600	533mm	1016mm	168mm	770mm	33mm	840mm	20

* Cat. No. designates Aluminum Housing & Pallets, see chart on the reverse for other materials of construction.

Accuracy Approved for Custody Transfer

FMR532 RTG uses C (6 GHz) band microwaves to measure liquids to an accuracy of $\pm 0.5\text{mm}$ (0.02") This gauge is NMI and PTB approved for use in custody transfer tank gauging systems.



Touch Screen Operations

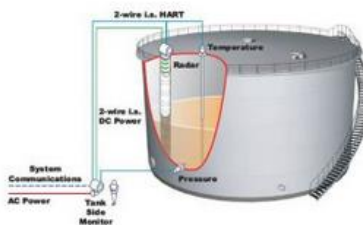
Easy onsite operation using built-in touch control display without having to open the enclosure. A remote display is also available so that you can read and operate the gauge from the tank side.

Low Cost Wiring

Intrinsically safe 4-wire technology reduces on-tank wiring costs and allows easy implementation into existing systems.

Worldwide Approvals

Each radar gauge is approved for use in explosion hazardous areas to FM, CSA and ATEX standards.



Key Features

- Cost-effective intrinsically safe — 4-wire cable for HART and 24 VDC i.s. power.
- Easy on-site operation using built-in display.
- Easy commissioning and diagnostics using Windows® based software.
- Inventory control version with available (± 3 mm) accuracy.

Weight	6.5 kg (14.4 lbs) + weight of flange
Power consumption	Max. 330 mW at 16 V, max. 500 mW at 24 V, max. 600 mW at 30 V.
Current consumption	Max. 21 mA (50 mA inrush current).
Enclosure	IP 65, NEMA 4X (IP20, NEMA 1 with open housing and removed liquid crystal display) Housing T12: separate terminal compartment for increased safety respectively explosion proof. Material: aluminium, seawater repellent, chromate, powder coated Sight window: glass
Antenna	IP 68 (NEMA 6P)
Antenna IP 68 (NEMA 6P) Conduit entries	M20x1.5; Pg 13.5 (gland included); ¼ NPT; G ¾ internal thread
Ambient temperature	-40 °F and +185 °F (-40 °C and +85 °C)
Approvals	FM, CSA and ATEX approvals RF approvals - R&TTE, FCC Marine certificate - GL (Germanisch Lloyd), ABS, NK Factory Mutual - IS Class I,II,III, Div 1 Groups A-G T* Class 1, Zone 0, AEx ia IIC T* DIP Class II,III, Div 1 Groups E,F,G T* NI Class 1, Div 2 Groups A-D T* XP-IS Class 1, Div. 1 Groups A-D T* XP Class 1, Zone 0, IIC T* Antenna Class 1, Zone 0, AEx ia IIC T* CSA - ExnC IIC Class 1 Zone 2, Exd [ia] IIC Zone 1/0, Ex ia IIC Class 1 Zone 0

Lampiran 10. Automatic Tank Gauge

Data Sheet

SteriVent Overview

The ventilator draws air from the room into the pre-filter. The air is pressed through HEPA sterile filter with 99.997 % efficiency (Class 100 standards). Overpressure is maintained inside the tank, preventing any outside air contaminants from entering the tank and compromising product sterility.

SteriVent Components

- **Pre-Filter**
 Efficiency class DIN EN 779 G3
 Nominal air velocity 0.35 m/s
 Initial pressure loss 20 Pa
 Recommended final pressure loss 150 Pa
 Dust holding capacity 482 g/m²
 Max peak temperature allowed 100 (120) °C
 Fire resistance (DIN 53438) F1
- **Ventilator**
 Tube fan 230 V / 50 HZ 0.2 KW
 Air volume 500 m³/h
- **Sterile Filter**
 Active filter surface 5.5 m²
 Initial pressure drop 130 Pa
 Velocity through media 1.5 cm/sec
 Separation efficiency 99.997 %
 Note: The sterile filter is checked before and after the assembly in the unit.
- **Filter Housing**
 Material: Stainless steel 304
 Thickness size 1-2 mm
- **Control Box**
 Includes:
 Start-stop switch and control light
 Variable control of ventilator air flow
 Difference-pressure manometer with display
 Continuous counter (hours elapsed)
 Under-pressure indicator with light and reset button
 Note: Comes complete with plug for connecting cable to 220V / 50 HZ

Lampiran 11. SteriVent

the CMS absorbs oxygen, carbon dioxide and water vapor. The other bed operating at low pressure releases the captured oxygen, carbon dioxide and water. Cycling the pressures in the CMS beds causes all contaminants to be captured and released, while letting the nitrogen pass through. A final sterile grade filter assures removal of any microbial contamination. Users can easily set purities with a flow control valve. The DB-30 nitrogen system, for example, produces a flow of nitrogen as great as 1530 standard ft³ at 99.9% purity. The unit can achieve higher flow rates if gas of less purity is acceptable and lower flow rates if gas of higher purity is desired. A built in oxygen monitor measures the oxygen concentration of the nitrogen stream. The system requires a minimum feed pressure of 110 psi and can operate at pressures up to 140 psi. The resulting nitrogen has a dewpoint as low as -40 degrees F (-40 degrees C).

Conclusion

Compared to other supply methods, on-demand nitrogen generators provide significant benefits by increasing the safety of handling the gas. Both membrane and PSA units produce nitrogen at precise purities, flow rates and pressures. In addition to providing a significant cost savings, nitrogen generation in-house represents a sustainable approach to the supply of nitrogen. Gas industry sources indicate that an air separation plant uses 1976 kJ of electricity per kilogram of nitrogen at 99.9%. On-demand nitrogen generation helps reduce the generation of greenhouse gases. Compared to third party supplied bulk nitrogen, generation of 99.9% nitrogen in house with a PSA system uses 28% less energy. This means up to 28% fewer greenhouse gases are created by the generation of electricity with a typical nitrogen generator. At a purity of 98%, the energy required for in-house nitrogen consumes 62% less energy. Therefore, in-house generation creates 62% fewer greenhouse gases from electrical power at that purity.

Parker Hannifin Corporation
 Filtration & Separation Division
 242 Neck Road, Haverhill, MA 01835
 1-800-343-4048 (U.S. and Canada)
 978-858-0505 (local)
www.parker.com/balston

How to Size a Tank Blanketing System

When determining the required amount of blanketing gas, it is necessary to consider both the blanketing gas replacement for liquid loss during pump-out and the condensation of tank vapors during atmospheric thermal cooling. The maximum flow rate and desired purity determines the size of the nitrogen generator required. Here are the steps to sizing a blanketing generator:

1. Determine the gas flow rate due to pump-out from the following table:

In Breathing Rate Due to Pump-Out (English)		
Multiply Maximum Pump-Out Rate In	By	To Obtain
U.S. GPM	8.021	SCFH air required
U.S. GPH	0.134	SCFH air required
Barrels/hr	5.615	SCFH air required
Barrels/day	0.234	SCFH air required
Liters/min	2.118	SCFH air required
m ³ /hr	35.30	SCFH air required

In Breathing Rate Due to Pump-Out (Metric)		
Multiply Maximum Pump-Out Rate In	By	To Obtain
U.S. GPM	0.215	Nm ³ /hr air required
U.S. GPM	0.258	Nm ³ /hr air required
Barrels/hr	0.151	Nm ³ /hr air required
Barrels/day	0.0063	Nm ³ /hr air required
Liters/min	0.057	Nm ³ /hr air required

2. Determine the gas flow rate due to atmospheric cooling from the following table:

In Breathing Rate Due to Thermal Cooling			In Breathing Air Required	
Tank Capacity			SCFH	[Nm ³ /hr]
Barrels	Gallons	[m ³]		
60	2,500	[9.5]	60	[1.6]
100	4,200	[15.9]	100	[2.7]
500	21,000	[79.5]	500	[13.4]
1,000	42,000	[159]	1,000	[26.8]
2,000	84,000	[318]	2,000	[53.6]
3,000	126,000	[477]	3,000	[80.4]
4,000	168,000	[636]	4,000	[107.2]
5,000	210,000	[795]	5,000	[134]
10,000	420,000	[1590]	10,000	[268]
15,000	630,000	[2385]	15,000	[402]
20,000	840,000	[3180]	20,000	[536]
25,000	1,050,000	[3975]	24,000	[643]
30,000	1,260,000	[4770]	28,000	[750]
35,000	1,470,000	[5560]	31,000	[830]
40,000	1,680,000	[6360]	34,000	[911]
45,000	1,890,000	[7150]	37,000	[992]
50,000	2,100,000	[7950]	40,000	[1070]
60,000	2,520,000	[9540]	44,000	[1180]
70,000	2,940,000	[11130]	48,000	[1290]
80,000	3,360,000	[12700]	52,000	[1400]
90,000	3,780,000	[14300]	56,000	[1500]
100,000	4,200,000	[15900]	60,000	[1600]
120,000	5,040,000	[19100]	68,000	[1800]
140,000	5,880,000	[22300]	75,000	[2000]
160,000	6,720,000	[25400]	82,000	[2200]
180,000	7,560,000	[28600]	90,000	[2400]

3. Add the requirements of 1 and 2 to select the appropriately sized nitrogen generator.

Source: Tyco

BIODATA PENULIS



Penulis bernama Okta Rijal Nur Pratama. Lahir di Tuban, Senin Kliwon tanggal 07 Oktober 1996. Penulis menempuh Sekolah Dasar di SD Negeri Magersari 1, Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 1 Plumpang dan Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 1 Tuban. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan di Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember pada tahun 2015 dengan NRP 0421154000044. Pada saat menempuh masa studi penulis aktif di kegiatan Rumah Rotan (Forum Mahasiswa Ronggolawe Tuban). Selain itu penulis juga aktif di kegiatan ormawa kampus, diantaranya Himasiskal dan BEM FTK ITS. Pada Rumah Rotan penulis mejadi pengurus pada tahun 2016-2017 sebagai Wakil Ketua Umum dan pada tahun 2017-2018 sebagai Ketua Umum. Di Himasiskal penulis menjadi pengurus pada tahun 2018 sebagai Kepala Biro Seni & Olahraga. Sedangkan di BEM FTK penulis menjadi pengurus pada tahun 2016-2017 sebagai Staff Kominfo dan pada tahun 2017-2018 sebagai Staff Ahli Kominfo. Kemudian penulis juga aktif pada kegiatan kepanitiaan diantaranya Marine Icon 2016 dan 2017, Serta Campus Festival Tuban 2017. Pada Marine Icon 2016 penulis menjadi anggota di divisi NMPC (National Marine Paper Competition), dan di Marine Icon 2017 penulis menjadi anggota di divisi NMIC (National Marine Innovation Competition). Sedangkan pada Campus Festival 2017 penulis menjadi Ketua Pelaksana Kegiatan. Dalam masa studi penulis melakukan kerja praktik sejumlah 2 kali, yaitu di PT. Dumas Shipyard pada tahun 2017 dan di PT. Pertamina TBBM Tuban pada tahun 2018. Penulis merupakan anggota laboratorium Marine Power Plant (MPP) dan menyelesaikan masa studi selama 8 semester. Mugi-mugi manfaat