

## **KAJIAN *LOADING-UNLOADING CRUDE OIL* DARI *PLATFORM* KE *FSO ABERKHA***

**Zulfaidah Ariany<sup>1</sup>, Samuel Febriary Khristyson<sup>1</sup>, Ifkar Izzani Mawardi<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi DIII Teknologi Perancangan dan Konstruksi Kapal,  
Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.

Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang Indonesia  
*Email: zariany@live.undip.ac.id*

### **Abstrak**

FSO (Floating Storage & Offloading), merupakan suatu bangunan terapung/kapal yang digunakan sebagai tempat untuk menyimpan crude oil. Crude oil ini biasanya dari FPS atau FPU yang ditransfer ke FSO melalui sistem submerged turret loading (STL), kemudian di export/offload ke shelter tanker melalui flexible hoses pada bagian belakang FSO. Keberadaan FSO sangat menguntungkan industri perminyakan, dikarenakan dia bisa ditempatkan sedekat mungkin dengan areal pengeboran yang umumnya ada di lepas pantai. Metode pemuatan ke kapal kapal yang datang bisa dilakukan dengan berbagai macam cara, diantaranya STS (ship to ship), Tandem (stern mooring), dan SPM (single point mooring). Sebuah kapal yang digunakan untuk menyimpan minyak hanya disebut sebagai floating storage and offloading vessel (FSO). Hasil analisa menunjukkan tingkat efisiensi penggunaan pompa berpengaruh terhadap laju aliran fluida, itu terbukti dari penggunaan pompa untuk memindahkan crude oil ini dalam satu line pipa menghasilkan gambaran dengan nilai tegangan tertinggi mencapai 89 Pa pada nilai efisiensi sebesar 98%. Karakteristik tegangan geser struktur pipa tersebut memenuhi kriteria safety factor yang diijinkan.

**Kata kunci :** Offshore, FSO, Loading Unloading, Hose Pipe

### **Abstract**

FSO (Floating Storage & Offloading), is a floating / ship building that is used as a place to store crude oil. This crude oil is usually from FPS or FPU which is transferred to the FSO through a submerged turret loading (STL) system, then exported/offloaded to the tanker shelter through flexible hoses on the back of the FSO. The existence of FSO greatly benefits the oil industry, since it can be placed as close to the drilling area which is generally offshore. The method of loading ships that arrive can be done in various ways, including STS (ship to ship), Tandem (stern mooring), and SPM (single point mooring). A ship used to store oil is only referred to as a floating storage and offloading vessel (FSO). The results of the analysis show that the efficiency of pump usage has an effect on the fluid flow rate, it's evident from the use of pumps to move crude oil in a pipeline resulting in an image with the highest stress value reaching 89 Pa at an efficiency value of 98%. criteria for safety factors that are allowed.

**Keywords:** Offshore, FSO, Loading Unloading, Hose Pipe

## **1. PENDAHULUAN**

Tantangan era globalisasi dan teknologi menuntut mahasiswa mampu menerapkan pengetahuan yang diperoleh dari bangku kuliah melalui praktik dalam dunia industri. Oleh karena itu mahasiswa dihadapkan pada kondisi yang mewajibkan untuk menguasai segi praktis suatu disiplin ilmu yang dipelajari selain dari aspek teoritisnya. Untuk mengasah segi praktis mahasiswa, diperlukan suatu kegiatan di luar lingkungan kampus yang disebut dengan 'kerja praktik industri'. Dengan harapan mahasiswa dapat mengetahui kondisi lapangan secara riil dan mengetahui perkembangan ilmu

pengetahuan atau secara khusus perkembangan disiplin ilmu yang ditekuni sehingga tidak hanya berbekal pengetahuan yang bersumber dari buku pegangan dalam kegiatan perkuliahan semata. Sebagai salah satu perguruan tinggi negeri terbaik di Indonesia, Universitas Diponegoro selalu berusaha untuk terus mengembangkan daya saing mahasiswanya.

Universitas Diponegoro terdiri dari rumpun fakultas eksakta dan fakultas sosial yang memiliki peranan penting untuk meningkatkan daya saing mahasiswa dalam bidang pendidikan maupun teknologi industri. Salah satu peranan yang diselenggarakan oleh Universitas Diponegoro dalam peningkatan pendidikan di

bidang teknologi industri adalah dengan mewajibkan mahasiswanya untuk melakukan praktik kerja langsung ke lapangan. Program Studi Diploma III Teknologi Perancangan dan Konstruksi Kapal adalah cabang ilmu teknik atau rekayasa yang mempelajari bangunan dan struktur yang berhubungan dengan transportasi dan bangunan laut. Teknologi Perancangan dan Konstruksi Kapal perkembangan dari Teknik Sipil yang dikhususkan untuk mempelajari struktur kapal dan beberapa mata kuliah tambahan seperti struktur bangunan yang berada di daerah garis pantai (*coast line*) maupun daerah lepas pantai (*offshore*).

*Offshore* merupakan istilah umum bagi alat transportasi laut khusus yang digunakan untuk eksplorasi, pengembangan, dan produksi minyak dan gas yang ditemukan di bawah permukaan laut [2]. *Compartement* pada mempunyai bagian yang lebih spesifik dibandingkan dengan suatu kapal. Akan tetapi hampir semua ruangan pada bangunan *offshore* tersebut memiliki dua peranan penting dan harus saling terintegrasi dalam proses eksplorasi dan pemindahan sehingganya perlu diperhitungkan tata letak peralatan dan pompa untuk cargo agar aktifitas yang berkaitan dengan produktifitas kerja tersebut bisa berjalan dengan maksimal [4].

Instalasi pipa untuk proses *loading* memiliki kombinasi dimana kombinasi tersebut terdiri dari pipa yang terstruktur sehingga mampu menerima beban secara tekuk, terhadap tekanan yang diterima dari perpindahan aliran fluida [7]. Karakteristik dari pipa ini biasa digunakan untuk sistem perpipaan dengan skala besar pada bangunan lepas pantai [6]. Investigasi numerik dari model pipa pada penelitian sebelumnya menggambarkan jika batas tekanan plastik dari pipa linear yang dibandingkan dengan lapisan pipa luar memiliki sifat mekanis yang sama dengan pipa setelah di bending [3].

Karakteristik mekanis pipa muat dengan gaya aksial memiliki banyak hal yang perlu

diperhatikan, seperti komponen suhu, kekentalan cairan. [8]

Berdasarkan rumusan masalah diatas tujuan dan manfaat yang akan didapatkan adalah :

1. Mengetahui dan memahami definisi umum FSO.
2. Mengetahui dan memahami letak wilayah produksi PHE WMO
3. Mengetahui dan memahami fasilitas PHE WMO
4. Mengetahui dan memahami tentang Anjungan/ Platform
5. Mengetahui dan memahami tentang Riser, Shut Down Valve, Pipeline, PLEM, Submarine hose, SPM, Floating hose
6. Mengetahui dan memahami proses pemindahan minyak dari Platform ke FSO Aberkha

Penulis hanya akan membahas materi seperti yang telah disebutkan yaitu definisi FSO, wilayah produksi PHE WMO, fasilitas PHE WMO, definisi Anjungan/platform, definisi Riser, Shut Down Valve, Pipeline, PLEM, Submarine hose, SPM, Floating hose, dan proses pemindahan minyak dari platform ke FSO Aberkha yang dilakukan oleh PT Zee Indonesia.

## 2. METODE

Penulis menyusun tulisan ini dengan menggunakan beberapa metodologi antara lain :

- 1) Metode wawancara  
Dilakukan oleh penulis dengan cara mencari informasi langsung kepada informan dalam hal ini *engineer* yang terkait dalam proyek offshore transport liquid system pada jalur pipeline PT. Zee Indonesia.
- 2) Metode kepustakaan  
Dilakukan oleh penulis dengan cara mengolah data yang telah diberikan oleh engineer terkait dan mencari data data dari sumber internet dengan materi yang masih terkait.  
PHE WMO merupakan salah satu anak perusahaan dari PT Zee Indonesia. Penelitian

kali ini dilaksanakan pada divisi project PHE WMO. Peran dari divisi project adalah memastikan keamanan pada proses proyek-proyek yang akan dilaksanakan dengan menganalisis suatu kondisi dari berbagai aspek.

## 2.1 Fasilitas Produksi

### a. Fasilitas *Platform* dan Sumur

*Platform* adalah anjungan atau *rig* yang dibangun untuk menghubungkan hasil-hasil produksi sumur-sumur di sekitarnya. Saat ini di Blok WMO mempunyai 14 *platform*, yaitu *Platform* AW, BW, CW, DW, KE 5, KE 5-6, KE 6, KE 23, KE 24, KE 30, KE 32, KE 38, KE 38B, dan KE 40B (sebagai pengganti KE 40). Tipikal *platform-platform* yang ada di Blok WMO adalah anjungan 4 kaki (*4-leg platform*) dan *braced monopod* untuk *wellhead platform* dan anjungan 4 kaki (*4-leg platform*) untuk anjungan *processing*. *Wellhead platform* memiliki fasilitas yang umum sebagai berikut:

- *Manifold* uji produksi
- *Pedestral crane*
- *Well head control panel (WHCP)*
- *Multi phase flow meter*
- *Instrument gas system*
- *Stand by diesel generator*
- *Three phase test separator*
- *Chemical injection system*
- *Supervisory Control and Data Acquisition Systems (SCADA system)*[14].



**Gambar 1.** Wellhead *Platform* PHE 30 -tipe 4 kaki



**Gambar 2.** Platform AW dan PPP

### b. Fasilitas Proses

Fasilitas pemrosesan di Blok WMO terdiri dari tiga unit yaitu unit pemrosesan CPP, PPP dan ORF. CPP (*Central Processing Platform*) dan PPP (*Poleng Processing Platform*) merupakan unit pemisahan fluida tiga fase yang berasal dari sumur menjadi minyak, gas dan air terproduksi yang terdapat di lepas pantai (*offshore*). ORF (*Onshore Receiving Facilities*) adalah unit penerima gas hasil pemisahan dari CPP dan PPP sebelum didistribusikan ke konsumen.



Gambar 3. Aliran gas ke ORF



Gambar 4. Aliran Minyak ke FSO

- c. Fasilitas ekspor minyak dan gas  
Fasilitas ekspor minyak yang ada di Blok WMO dari anjungan *proccesing* PPP/AW terdiri dari pipa penyalur diameter 10 inch, PLEM (*Pipeline End Manifold*), Marine hose, SBM (*Single Buoy Mooring*) dan FSO. FSO adalah unit pengumpul minyak berupa tanker berbobot ± 85.000 DWT dengan kapasitas tangki 610.000 barels. FSO ini berlabuh di terminal khusus Lapangan Poleng. Terminal khusus tersebut berupa *Single Buoy Mooring* (SBM) dan berfungsi sebagai *Ship To Ship Transfer* (STS). Dari FSO ini minyak yang terkumpul kemudian dikirim ke konsumen, kilang atau ekspor ke luar negeri menggunakan kapal-kapal tanker lainnya. Unit distribusi jalur pipa adalah sarana pendistribusian gas yang diproduksi di ORF. Pada saat ini jalur pipa gas yang ada

adalah untuk memasok gas ke PLTGU Gresik (PJB Gresik) PT. PLN Pembangkit Jawa Bali, PT. Perusahaan Gas Negara (PGN) dan Pabrik Semen Gresik. Ekspor gas dikirimkan dari anjungan *Proccesng* PHE 5/ CPP melalui pipa penyalur dengan diameter 14 inch sepanjang 65 km, dan dari anjungan PPP melalui pipa penyalur dengan diameter 16 inch sepanjang 65 km.

d. Fasilitas *Living Quarter*

Fasilitas *living quarter* adalah tempat tinggal bagi tenaga kerja di *offshore*. Saat ini fasilitas tempat tinggal terdapat pada dua unit *living quarters* yakni di *living quarters platform living quarter AW*, dan *living quarters FSO* [17].

2.2 Mekanika Fluida

Fluida adalah carian praktis tak kompersible mengisi volume tertentu dan mempunyai permukaan-perukaan bebas, sedangkan dalam masa tertentu akan mengisi seluruh wadah tempatnya[12]. Fluida sebagai zat yang dapat terdeformasi terus-menerus selama dipengaruhi suatu tegangan geser [18].

Sifat aliran didalam pipa secara berangsur-angsur menjadi parabolik , dimana daerah perubahan antara homogen menjadi bentuk parabolik, sifat fluida sama namun profilnya yang menyesuaikan bentuk [15]. Rumus tegangan geser pada dinding pipa :

$$\tau_w = \frac{D}{4} \times \frac{\Delta P}{l} \tag{1}$$

Dimana  $\tau_w$  adalah tegangan geser pada pipa (Pa), dan D adalah diameter pipa (m),  $\Delta P$  adalah gradien tekanan (Kpa/m) ,l adalah panjang pipa (m). Melalui perhitungan tersebut maka dapat diperhitungkan kecepatan rata-rata (Vs) dengan pendekatan rumus :

$$V_s = \frac{Q}{A} \tag{2}$$

Dimana Vs adalah kecepatan fluida( m/det) dan Q adalah debit ( m<sup>3</sup>/det), dan A menunjukkan luas permukaan dari potongan melintang pipa m<sup>2</sup>. Pendekatan teori tersebut juga berlaku untuk mengetahui tegangan geser pada titik tertentu / jarak tertentu ,dari sebuah pipa , yaitu :

$$\tau_r = \frac{\tau_w \cdot r}{R} \tag{3}$$

Dimana  $\tau_r$  adalah tegangan geser dengan jarak tertentu dari sebuah pipa (Pa),  $\tau_w$  adalah tegangan geser pada pipa(Pa), dan R adalah diameter pipa (m).

### 2.3 Gaya Gesek

Pada dasarnya suatu identitas gaya yang bekerja pada sebuah luas bidang yang kecil tak berhingga suatu potongan berubah - ubah dari suatu titik menuju titik lain, umumnya intensitas gaya ini berarah diagonal pada bidang potongannya [9].

Gaya gesek adalah gaya yang bekerja pada benda dan arahnya selalu melawan arah gerak benda. Gaya gesek hanya akan bekerja pada benda jika ada gaya luar yang bekerja pada benda tersebut. Gaya dapat berupa zat padat dengan zat padat dan zat cair dengan zat padat [20].

### 4.2. Riser

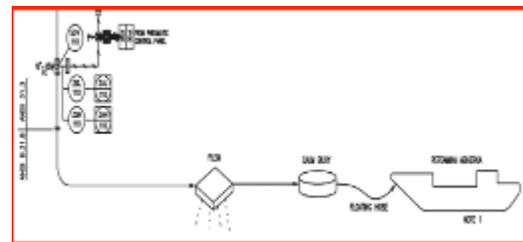
## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Procces Flow Diagram (PFD) fasilitas ekspor minyak

Procces flow diagram merupakan penggambaran proses industri dalam bentuk diagram menggunakan simbol dan seperti garis, lingkaran, segi empat, dsb untuk menggambarkan hubungan antara satu komponen dengan komponen lainnya dalam proses tersebut. PFD menunjukkan hubungan antara komponen komponen utama didalam sistem.

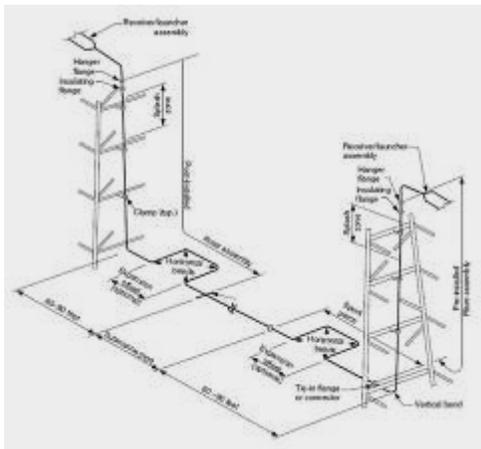
Fasilitas fasilitas utama ekspor minyak PHE WMO ditunjukkan didalam drawing nomor PPP-AW-P-PID-6011. Mulai dari anjungan *proccesing* PPP/AW, minyak mentah dialirkan melalui pipa penyalur dengan diameter 10 inch, PLEM (*Pipe Line End Manifold*), *marine hose*, SBM (*Single Buoy Mooring*) dan FSO Aberkha. Peralatan pengaman yang terpasang dalam sistem pengaliran minyak tersebut diantaranya adalah isolation valve (terpasang ditopside pipping PPP/AW, PLEM, SBM, dan FSO), Shut Down valve (terpasang di riser pada anjungan AW), *Marine Breakaway Coupling* (terpasang pada *floating hose* yang berada diantara SBM dan FSO)[5].

Pada gambar 5 dibawah ini adalah proses aliran ekspor minyak yang ada di PHE WMO



Gambar 5. PFD fasilitas ekspor minyak

*Riser* merupakan segmen vertikal atau near vertikal yang menghubungkan fasilitas pada topside (bangunan atas) dengan *subsea pipeline*. Biasanya desain *riser* memperimbangkan *pipeline approach, clamps, supports, guides* dan alat penyangga ekspansi[10]. Secara umum riser mempunyai fungsi yang hampir sama dengan *offshore pipeline* yaitu mengalirkan fluida yang keluar dari wellhead atau suatu anjungan menuju fasilitas bawah laut atau ke anjungan lainnya, lihat gambar 6.



Gambar 6. sketsa riser

Riser sistem merupakan elemen terpenting yang menjadi penghubung antar *host platform* dan seabed. Untuk itu fungsi riser ini bervariasi berdasarkan tujuan penggunaannya jenis jenis riser dapat dibedakan kedalam 4 bentuk seperti berikut :

a. Drilling riser

Tipe ini mengaplikasikan konsep Top Tension Riser yakni terdapat top tension pada area floating production structure untuk mempertahankan pergerakan vertical dari riser itu akibat pengaruh dari gerakan FPS yang ada di permukaan air akibat adanya pergerakan gelombang. Tipe ini digunakan ketika pengeboran dilakukan.

b. Production Riser

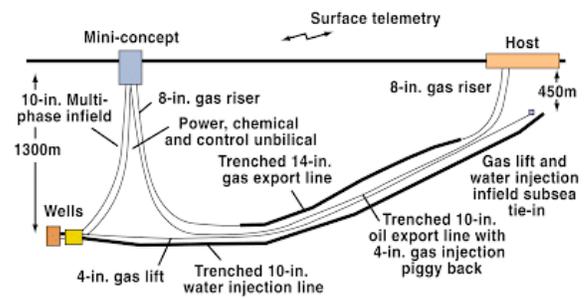
Tipe ini umumnya digunakan untuk transportasi hidrokarbon dari dasar laut menuju ke *host platform* dipermukaan air. Umumnya konsep pada riser ini compliant riser. Yakni sebisa mungkin konfigurasi ini menyerap pergerakan FPS sehingga gerakan pada TDA semakin kecil, lihat gambar 7.



Gambar 7. Production riser

c. Injection Riser

Tipe ini digunakan untuk menginjeksi atau sirkulasi beberapa fluida kedalam sumur bor dan untuk melakukan intervensi ataupun hanya untuk perawatan saja, pada gambar 8.



Gambar 8. injection riser

d. Ekspor/Impor Riser

Tujuan dari tipe ini untuk transportasi minyak dan gas yang telah diproses diplatform menuju ke pipeline yang menuju darat atau menuju kapal tanker penampung, pada gambar 9.

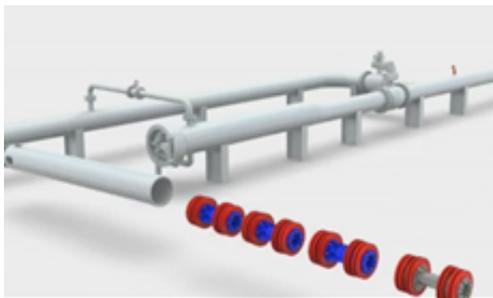


Gambar 9. impor/ekspor riser

### 3.2 Pipa penyalur (*Pipeline*)

Pipa penyalur dari platform AW menuju PLEM (*Pipe Line End Manifold*) adalah sepanjang 1,8 Km dengan bahan pipa yaitu API 5L Gr x52 dengan bahan seamless dan dilengkapi SDV untuk pengaman.

Fasilitas pembersih dalam pipeline ini adalah *pig launcher*, lihat gambar 10 Pig Launcher adalah komponen pipa yang digunakan untuk membersihkan bagian dalam dari pipa yang telah beroperasi. Pig Launcher ini meluncurkan tabung yang dinamakan pig yang bertugas untuk membersihkan bagian dalam pipa [16].



Gambar 10. *Pig Launcher*

Perancangan untuk meluncurkan pig didasarkan kepada ASME B31.4 serta B31.8. Untuk membuat pig meluncur mengikuti aliran fluida dalam pipa tidaklah mudah. Perlu keterampilan khusus untuk menjalankan proses *pigging*, perlu koordinasi yang baik antar personal agar proses berjalan baik, dan perlu perangkat khusus untuk memasukkan pig ke dalam sistem perpipaan dan mengeluarkannya kembali tanpa mengganggu operasi pengaliran fluida yang dilajani oleh sistem perpipaan. Alat ini disebut pig launcher (peluncur *pig*) serta *pig receiver* (penerima *pig*). *Pig launcher* dan *pig receiver* sebenarnya adalah benda yang bentuknya identik, hanya fungsinya yang berbeda. Keduanya biasa disebut sebagai *pig trap*.

### 3.3 PLEM (*Pipe Line End Manifold*)

Pipeline dari *platform* AW akan berakhir pada sebuah PLEM, PLEM merupakan sebuah instalasi alat yang digunakan untuk mengumpulkan beberapa jalur pipa menjadi satu jalur untuk kemudian diteruskan menuju obyek lain dalam hal ini adalah SBM (*Single Buoy Mooring*). Instalasi PLEM biasa menggunakan crane/derrick, *Remotely Operated Vehicle (ROV)*, atau seorang diver yang akan mengatur bila PLEM telah diturunkan hampir mendekati seabed, lihat gambar 11. Instalasi PLEM perlu diperhartikan antara lain:

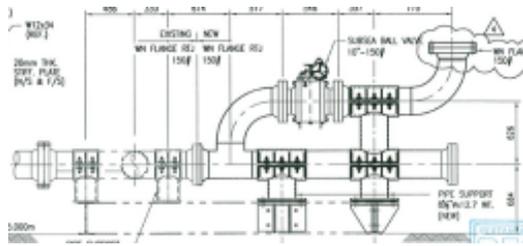
- Membutuhkan ketelitian yang sangat tinggi.
- Sensitive terhadap kondisi lingkungan (cuaca)
- Biaya instalasi yang besar.

Suatu *manifold* terdiri dari beberapa komponen, diantaranya:

- Pipa dan valve.
- Struktur frame, yang berfungsi untuk melindungi pipa dan valve.
- Peralatan sambungan, untuk *tie-in* (penyambungan) secara vertikal maupun horizontal.
- Fondasi, yang akan ditancapkan ke seabed.
- Peralatan kontrol, untuk mengendalikan valve dan memonitor fluida pada pipa.

*American Petroleum Institute (API)* telah mempublikasikan beberapa spesifikasi mengenai manifold, yaitu:

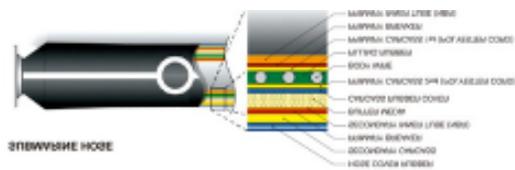
- API Spec 17P – Template and Manifolds*
- API Spec 17A – Recommended practice for design and operation of subsea production systems*
- API Spec 17H (ISO 13628-8) – ROV Interfaces [10].*



Gambar 11. konstruksi PLEM PHE WMO

### 3.4 Submarine Hose

Setelah pipa dari *platform* AW sudah terkoneksi dengan PLEM, selanjutnya dari PLEM tersebut akan diteruskan menuju SBM (Single Buoy Mooring) dengan menggunakan submarine hose[13].



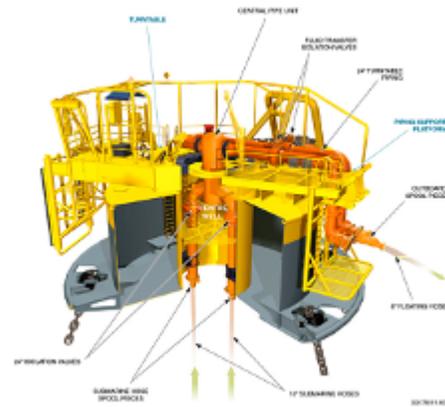
Gambar 12. Konstruksi dalam submarine hose

Material yang digunakan dalam *submarine hose* ini adalah material pipa *seamless* untuk selengkapannya lihat gambar 13

### 3.5 SPM CALM PHE WMO

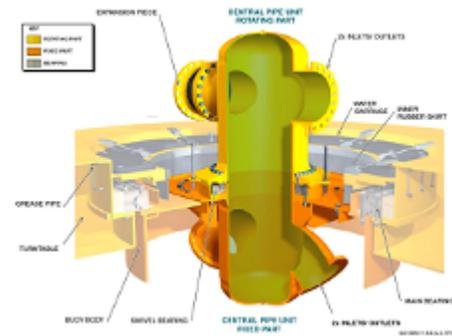
Dalam hal ini PHE WMO menggunakan sistem CALM (*Catenary Anchor Leg Mooring*) sebagai sistem tambat untuk FSO Aberkha dan juga sebagai fasilitas untuk ekspor minyak FSO, adapun proses transfer dari *submarine hose* menuju *Calm buoy* adalah sebagai berikut:

1. Minyak mentah yang telah melewati PLEM kemudian diteruskan dengan dua *submarine hose* dengan ukuran 10 inch melalui *reducer* menuju pipa bagian tengah *calm buoy* yang mempunyai diameter 24 inch, lihat pada gambar 13.



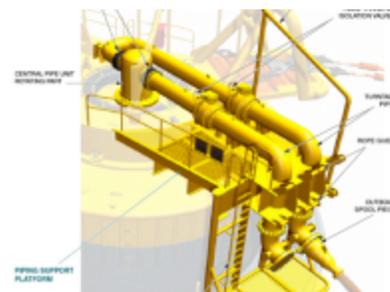
Gambar 13. Koneksi dari Submarine Hose menuju Centre Well

2. Setelah minyak mentah masuk ke dalam *centre well* kemudian minyak mentah menuju *central pipe unit*, lihat gambar 15.



Gambar 15. Central Pipe Unit

3. Setelah minyak mentah dari *central pipe unit*, minyak mentah akan menuju *turntable pipping* yang kemudian terkoneksi dengan *floating hose*, lihat gambar 16.

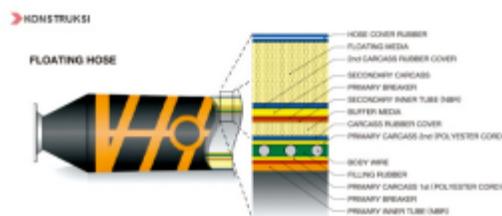


Gambar 16. Turntable Pipping

Fungsi lainnya dari calm buoy ini adalah sebagai sarana tambat dari FSO Aberkha.

### 3.6 Floating hose

*Floating hose* merupakan instalasi sistem untuk mengalirkan fluida dari CALM buoy menuju tangki penyimpanan minyak dalam hal ini adalah FSO Aberkha material konstruksi dari floating hose antara lain adalah sebagai berikut:



Gambar 17. Konstruksi material floating hose

Material yang digunakan dalam submarine hose ini adalah material pipa seamless untuk selengkapnya lihat gambar 18. Pada sistem floating hose dilengkapi juga dengan piranti pengaman yaitu :

1. MBC (*Marine Breakaway coupling*)

*Marine breakaway coupling* adalah sistem pengaman yang ada pada sistem transfer minyak dalam hal ini adalah *floating hose*, tujuan di pasanginya MBC ini adalah untuk mengurangi tingkat pencemaran laut akibat tumpahan minyak apabila *floating hose* yang digunakan untuk transfer minyak tersebut putus, lihat gambar 18 [15].



Gambar 18. marine breakaway coupling

### 3.7 FSO (Floating Storage Offloading)

Setelah minyak mentah melewati floating hose, aliran minyak akan menuju FSO (Floating Storage & Offloading) melalui manifold penerima yang ada di FSO, lihat gambar 19.



Gambar 19. koneksi floating hose dengan manifold FSO

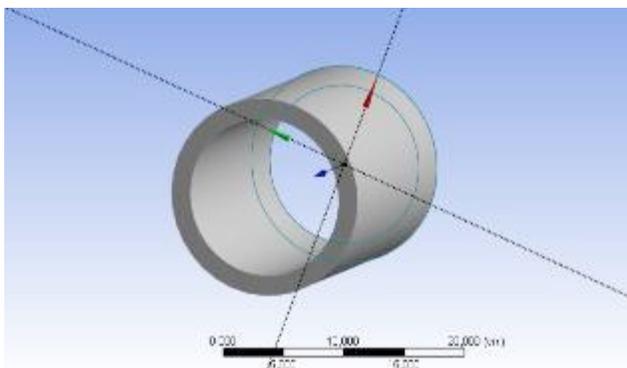
FSO Aberkha dulunya adalah kapal tanker MT Geudondong milik Pertamina Shipping yang dikonversi menjadi FSO di galangan Cosco Shipyard Group Co. Ltd di china, erkonversi dengan menambahkan beberapa equipment equipment pendukung untuk dijadikan sebuah FSO antara lain:

1. Pemasangan helideck dengan spesifikasi helikopter jenis super puma
2. Penambahan 2 buah crane dengan SWL 5 T
3. Penambahan loading platform dan offloading platform
4. Penambahan mooring system untuk penambatan pada mooring
5. Penambahan pipa pemanas untuk mempertahankan temperatur 120 derajat Fahrenheit
6. Penambahan alat metering *Prover* untuk mengukur berapa aliran minyak mentah
7. Penambahan akomodasi dan alat keselamatan untuk 140 orang termasuk awak kapal (maksimal 100 orang penumpang dari perusahaan)
8. Penambahan rescue boat, lifeboat dan liferaft sebagai berikut:

- 1 buah Rescue boat (hull dari bahan FRP), kapasitas 6 orang
  - 4 buah Life boat (hull dari bahan FRP), kapasitas masing-masing 75 orang
  - 4 buah Inflatable Life raft, kapasitas masing-masing 25 orang
9. Penambahan ruang meeting untuk rapat dan masih banyak lagi.

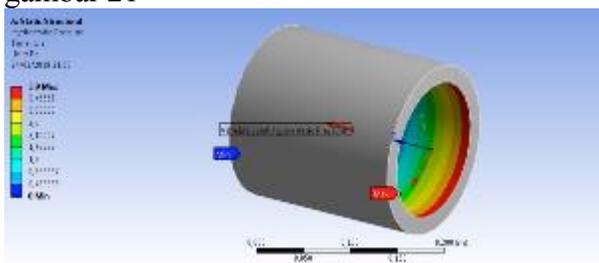
Data pipa hose untuk loading unloading adalah sebagai berikut :  
 Material : Stainless steel  
 Diameter = 8'' = 0,02 m  
 Masa jenis crude oil = 785 kg/m<sup>3</sup>

Penggambaran bentuk 3D dalam bentuk model sebagai berikut :



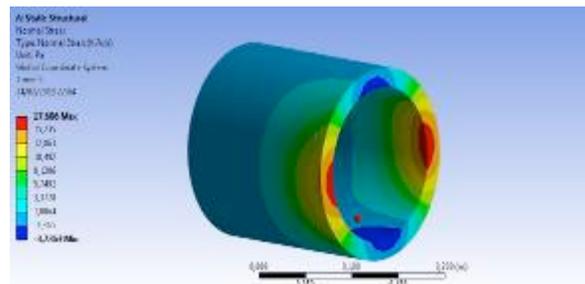
Gambar 20. Desain 3D pipa Hose Joint

Dengan nilai tegangan geser fluida (*crude oil*) dalam pipa berdasarkan hasil perhitungan mendapatkan nilai 18 Pa , lihat gambar 21



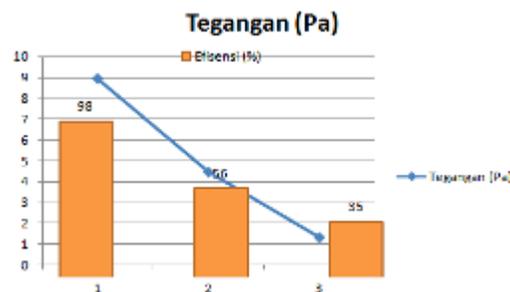
Gambar 21. Tegangan geser pada pipa

Tegangan tersebut membuat sambungan pipa dengan flange juga mengalami tegangan statis dikarenakan tegangan geser fluida, seperti terlihat pada gambar 22.



Gambar 22. Tegangan pada flange joint hose pipe

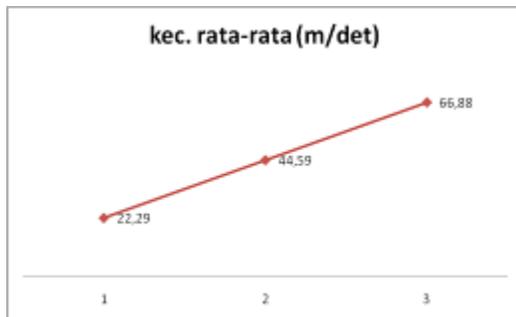
Hasil analisa menunjukkan tingkat efisiensi penggunaan pompa berpengaruh terhadap laju aliran fluida, itu terbukti dari penggunaan pompa untuk memindahkan *crude oil* ini dalam satu line pipa menghasilkan gambaran dengan nilai tegangan tertinggi mencapai 89 Pa pada nilai efisinesis sebesar 98 %, lihat gambar 23.



Gambar 23. Perbandingan tegangan geser pada pipa hose dengan penggunaan pompa

Penggunaan pompa juga berbanding lurus terhadap kecepatan, artinya semakin banyak pompa cargo yang digunakan untuk proses pemidahan fluida maka kecepatan aliran fluida dalam 1 sistem perpipaan

juga cenderung meningkat, lihat gambar 24.



Gambar 24. Kecepatan rata-rata dengan perbandingan penggunaan pompa

Hasil perhitungan tegangan geser pada titik dengan jarak 0,025 m , yaitu titik pertemuan antara pipa dengan flange connector. Mendapatkan hasil maksimum sebesar 1,12 Pa pada penggunaan 1 pompa beroperasi pada 1 line sistem *cargo pipe*. Dimana nilai terkecil sebesar 0,17 pa pada penggunaan 3 pompa beroperasi pada 1 line sistem *cargo pipe*. Hal tersebut menunjukkan aliran pada pipa semakin keluar dari pusat pipa semakin *turbulance*.

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil tersebut, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Karakteristik tegangan geser struktur pipa hose flange pada konversi kapal tanker MT. Geudondong menjadi FSO Aberkha memenuhi kriteria desain *safety factor*.
2. Adanya *Equipment* tambahan yang diperlukan sebagai sistem perlengkapan FSO, dan sistem dalam proses transfer crude oil.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] American Petroleum Institute, 2015. API 5LD:CRA Clad or Lined Steel Pipe.
- [2] API Specification 5LD, 2009. Specification for CRA clad or lined steel pipe. American Petroleum Institute.
- [3] Chee, J., Walker, A., White, D., 2018. "Controlling lateral buckling of subsea pipeline with sinusoidal shape pre-deformation". *Ocean Eng.* 151, 170–190.
- [4] Corona, E., Lee, L.H., Kyriakides, S., 2006. "Yield anisotropy effects on buckling of circular tubes under bending". *Int. J. Solids Struct.* 43, 7099–7118.
- [5] FSO Exhibit C, Project Schedule - COSCO Proposal
- [6] Gil, C., Tørnes, K., Damsleth, P., 2014. "Study of Bending Capacity of an HPHT CRA-Lined Seamless Pipeline". In: Volume 6B: Pipeline and Riser Technology. ASME
- [7] Hilberink, A., Gresnigt, A.M., Sluys, L.J., 2011a. "Mechanical Behaviour of Lined Pipe During Bending: Numerical and Experimental Results Compared". In: Volume 4: Pipeline and Riser Technology. ASME, pp. 401–412
- [8] Hilberink, A., Gresnigt, A.M., Sluys, L.J., 2010. "Liner Wrinkling of Lined Pipe Under Compression: A Numerical and Experimental Investigation. In: 29th International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering", vol. 5. Parts A and B. ASME, pp. 311–322.
- [9] Imam P, Andi T, Samuel F. 2014. "Analisa Kekuatan Konstruksi Internal Ramp Sistem Steel Wire Rope Pada Km. Dharma Kencana VIII Dengan Metode Elemen Hingga". *KAPAL*. Vol 11 no 2 hal 85 -93.

- [10] POLENG FIELD CALM - SECTION 1 REVISION A1-003
- [11] POLENG FIELD CALM - SECTION 1 REVISION A1-004
- [12] POLENG FIELD CALM - SECTION 1 REVISION A1-005
- [13] Tkaczyk, T., Pépin, A., Denniel, S., 2011. “Integrity of Mechanically Lined Pipes Subjected to Multi-Cycle Plastic Bending”. In: Volume 4: Pipeline and Riser Technology. ASME, pp. 255–265.
- [14] Toguyeni, G.A., Banse, J., 2012. “Mechanically Lined Pipe: Installation by Reel-Lay. In: Offshore Technology Conference”. Offshore Technology Conference,
- [15] Uy, B., 1998. Local and post-local buckling of concrete filled steel welded box columns. *J.Constr. Steel Res.* 47, 47–72.
- [16] Vasilikis, D., Karamanos, S.A., 2012. “Mechanical behavior and wrinkling of lined pipes”. *Int. J. Solids Struct.* 49, 3432–3446.
- [17] Wang, F., 2018. “Effective design of submarine pipe-in-pipe using Finite Element Analysis”. *Ocean Eng.* 153, 23–32.
- [18] Wang, F.C., Han, L.H., 2019. “Analytical behavior of carbon steel-concrete-stainless steel double-skin tube (DST) used in submarine pipeline structure”. *Mar. Struct.* 63,99–116.
- [19] Yuan, L., Kyriakides, S., 2015a. “Liner wrinkling and collapse of girth-welded bi-material pipe under bending. *Appl. Ocean Res.* 50, 209–216.
- [20] Zulfaidah, A, A Hendra, Samuel F.K. 2018. “Standart Pelayanan Minimal (SPM) dan Sistem Lasing pada kapal Ro-Ro Untuk Keselamatan Transportasi Penyebrangan Laut (Studi Kasus Kmp. Legundi)”. *Gema Teknologi Vol 20 no 1* . hal 26-31.