

# Sidang Tugas Akhir

## Judul Penelitian :

Kajian Teknis Pengangkatan Pipa Bawah Laut  
di Alur Pelayaran Selat Madura

Dipresentasikan di Ruang Sidang JTK FTK ITS

Selasa, 28 Juli 2015

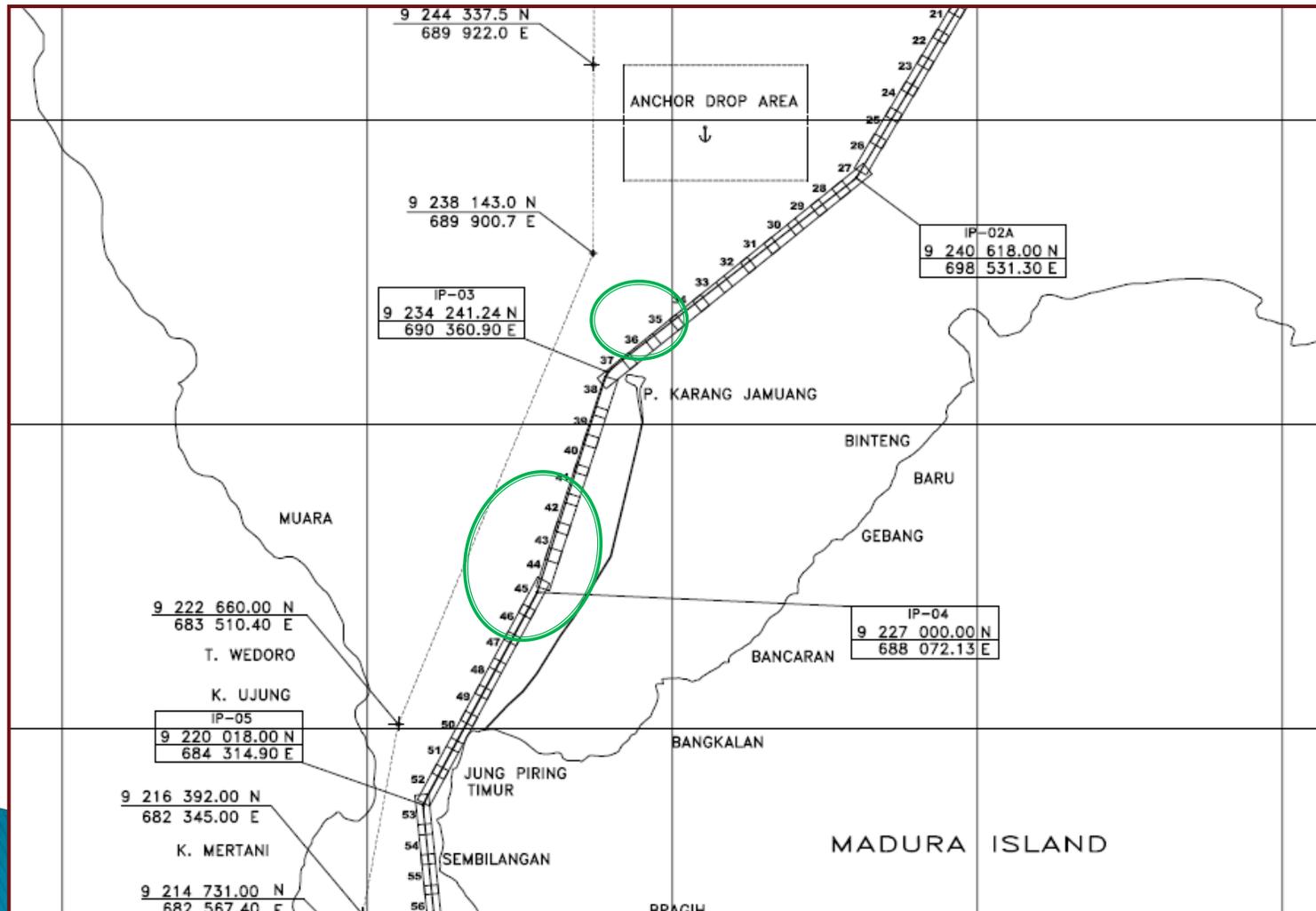
**Nama Mahasiswa** : Nurillah Anggraini  
**NRP** : 4311100066

### **DOSEN PEMBIMBING**

**Nama** : Dr. Eng. Yeyes Mulyadi, S.T., M.Sc.  
**NIP** : 197312072001121001

**Nama** : Dr. Eng. Kriyo Sambodho, S.T.,M.Eng.  
**NIP** : 197401271999031002

# Lokasi Pipeline 16" PPP-ORF KP 35 – KP 36 dan KP 42 – KP 46 milik *Kodeco Energy Co., Ltd.*



# Rumusan Masalah

- ▶ Berapakah besar tegangan dan gaya-gaya yang bekerja pada proses pengangkatan pipa dengan metode *Reverse Lay* dan *Surface Tow*?
- ▶ Kondisi kritis apa saja yang terjadi pada pipa saat pengangkatan dengan metode *Reverse Lay* dan *Surface Tow*?
- ▶ Metode apa yang direkomendasikan untuk melakukan pengangkatan pipa di alur pelayaran Selat Madura ?

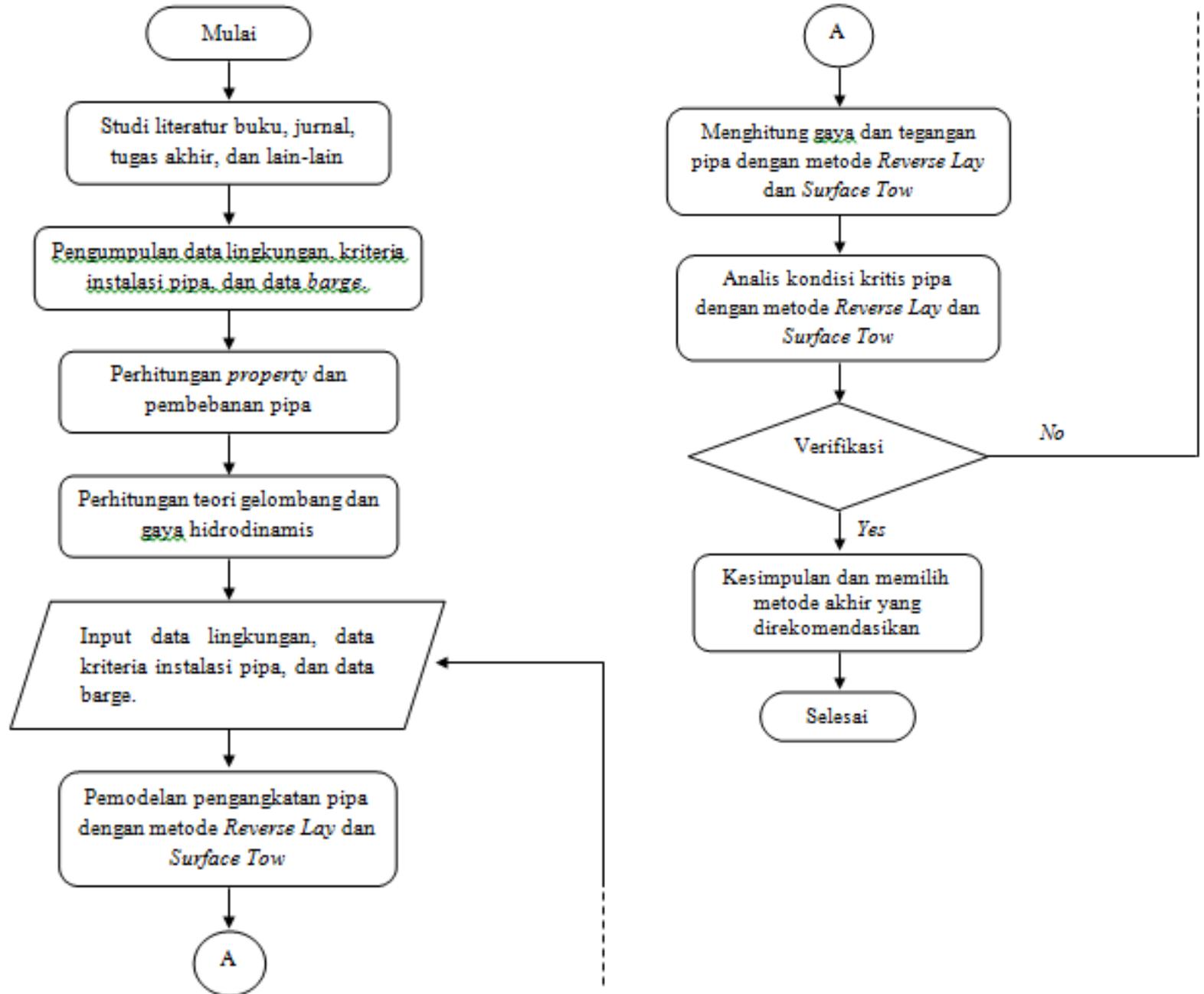
## Tujuan

- ▶ Mengetahui besar tegangan dan gaya-gaya yang bekerja pada proses pengangkatan pipa dengan metode *Reverse Lay* dan *Surface Tow*.
- ▶ Mengetahui kondisi kritis apa saja yang terjadi pada pipa saat pengangkatan dengan metode *Reverse Lay* dan *Surface Tow*.
- ▶ Mengetahui metode yang direkomendasikan untuk melakukan pengangkatan pipa di alur pelayaran Selat Madura.

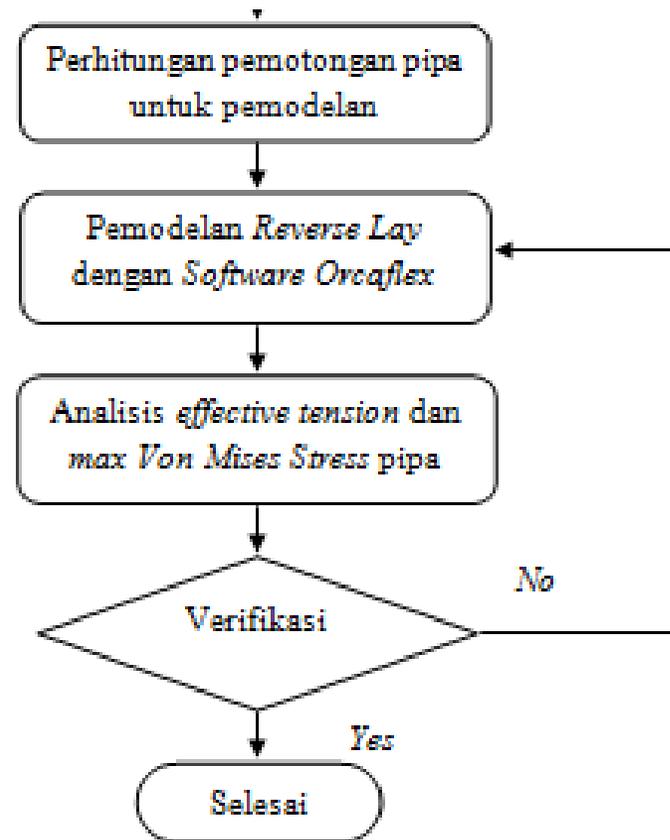
# Batasan Masalah

- ▶ Data *pipeline* yang digunakan adalah *pipeline* 16" PPP-ORF KP 35 – KP 36 dan KP 42 – KP 46 milik *Kodeco Energy Co., Ltd.*
- ▶ Metode pengangkatan pipa yang akan digunakan adalah metode *Reverse Lay* dan *Surface Tow*.
- ▶ Kondisi lingkungan yang dipertimbangkan adalah analisa gelombang, arus, angin, kedalaman laut, dan kondisi tanah.
- ▶ Kontur dasar laut dianggap datar (memiliki sudut kemiringan  $0^\circ$ ).
- ▶ *Pipeline* diasumsikan sudah berada dalam kondisi tidak beroperasi.
- ▶ Analisa gerakan *barge* ditinjau dari arah gelombang  $45^\circ$ ,  $90^\circ$ , dan  $135^\circ$

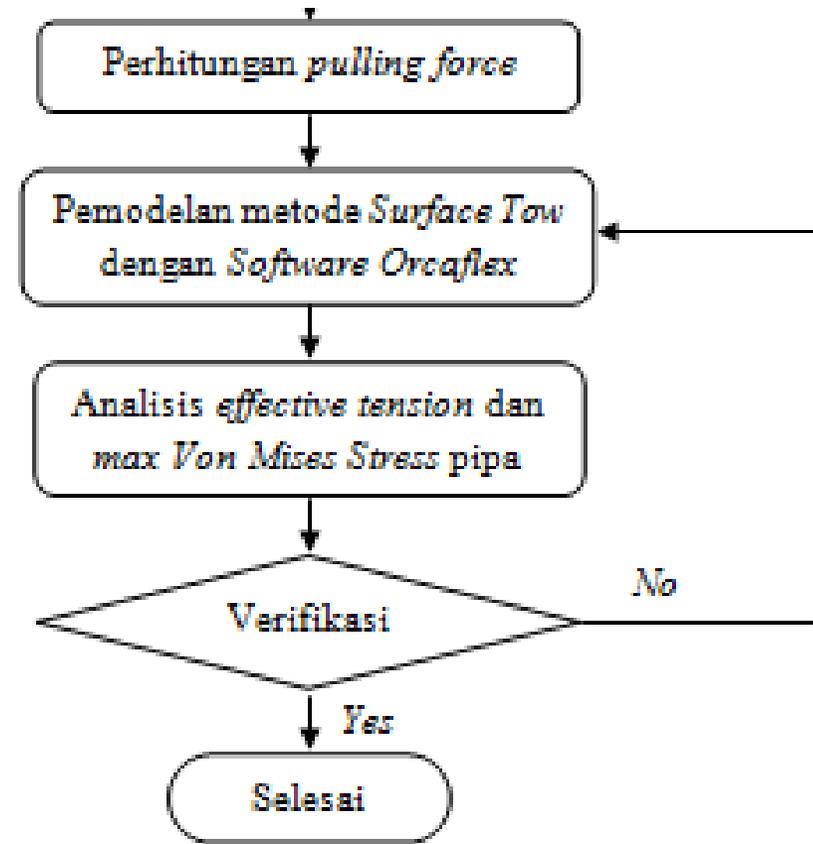
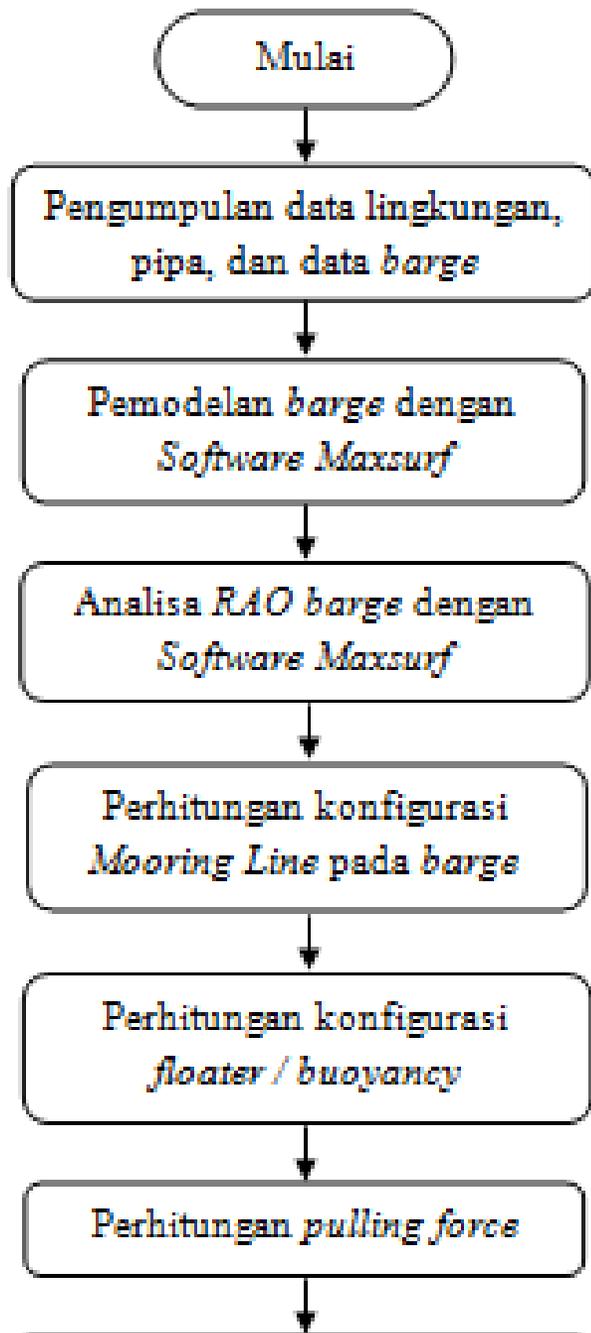
# Metodologi Penelitian



# Metodologi Penelitian (lanjutan)



Gambar 3.2 Diagram alir permodelan metode *Reverse Lay*



## Metodologi Penelitian (lanjutan)

Data Pipa	Nilai	Unit
Outside Diameter (OD)	16	inchi
Wall thickness (t)	0,5	inchi
Pipe coating coaltar enamel, thick	0,157	inchi
Concrete coating, thick	1	inchi
Location buried under seabed	3	m
Max. operation pressure	900	Psig
Design Pressure	1350	Psig
Test Pressure	1890	Psig
Water depth	10,8	m
Gravity Acc	9,807	m/s <sup>2</sup>
Steel Density	7850	kg/m <sup>3</sup>
Design water depth	55,6	m
Cathodic protection	sacrificial anode aluminium alloy (bracelet)	
Class	API 5L X 52 P SL 2	
Matter carrier	Gas	
SMYS	52	ksi
	358,5	
	3	Mpa
Young's Modulus	20700	
Poisson's Ratio	0	N/mm <sup>2</sup>
	0,3	

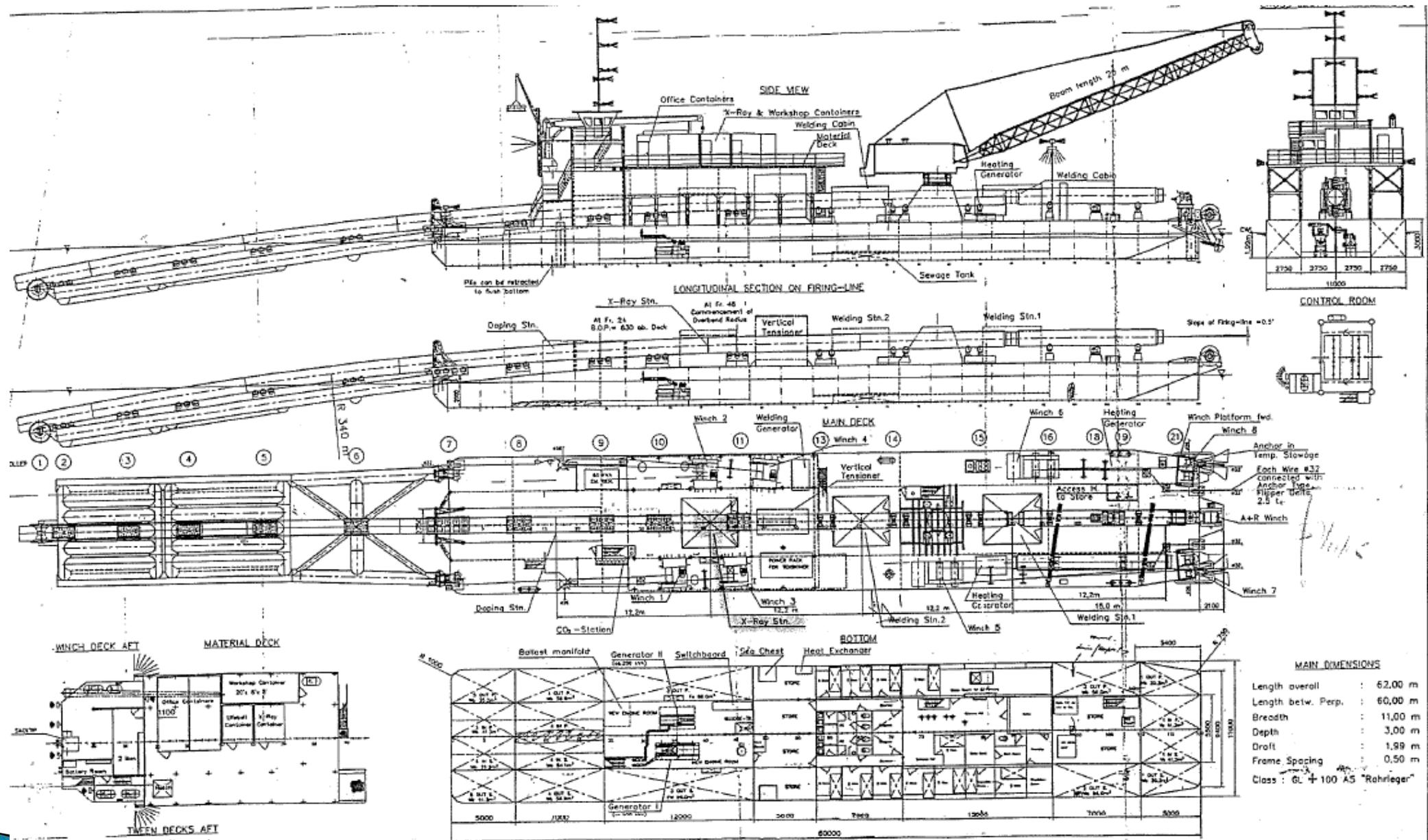
Anti Corrosion	
Type	Asphalt Enamel
Thickness	0,217 in (5,5 mm)
Density	81,2 pcf (1300 kg/m <sup>3</sup> )
Cutback	9,1 in (230 mm)
Concrete Coating	
Type	High Density Concrete
Thickness	1,00 in (25,4 mm)
Density	190 pcf (3043 kg/m <sup>3</sup> )
Cutback	15 in (380 mm)
Water absorption	5%
Anti Corrosion Field Joint Material Density	9,36 pcf (150 kg/m <sup>3</sup> )

**PENGUMPULAN DATA**

Data Lingkungan	Nilai
Chart Depth	66 ft
Highest Astronomical Tide	6 ft
Storm Tide	0,4 ft
Total Tide	6,4 ft
Still Water Depth	72,4 ft
Height of Significant Wave	8,6 ft
Period of Significant Wave	6,8 sec
Spectral Peak Period	7,7 sec
Crest Elevation of Wave Above SWL	8,9 ft
Crest Elevation of Wave Above Chart Datum	15,3 ft
Crest Elevation of Wave Above Bottom	81,3 ft
Trough Elevation of Wave Above Bottom	65,3 ft
1 Hour Wind	31 Mph
0,5 Hour Wind	33 Mph
1 Minute Wind	40 Mph
Maximum Instantaneous Gust	48 Mph

Data Vessel	Nilai
Length over all	62 m
Length betw. perp.	60 m
Breadth	11 m
Depth	3 m
Draft	1,99 m
Displacement weight	1344 MT

## PENGUMPULAN DATA

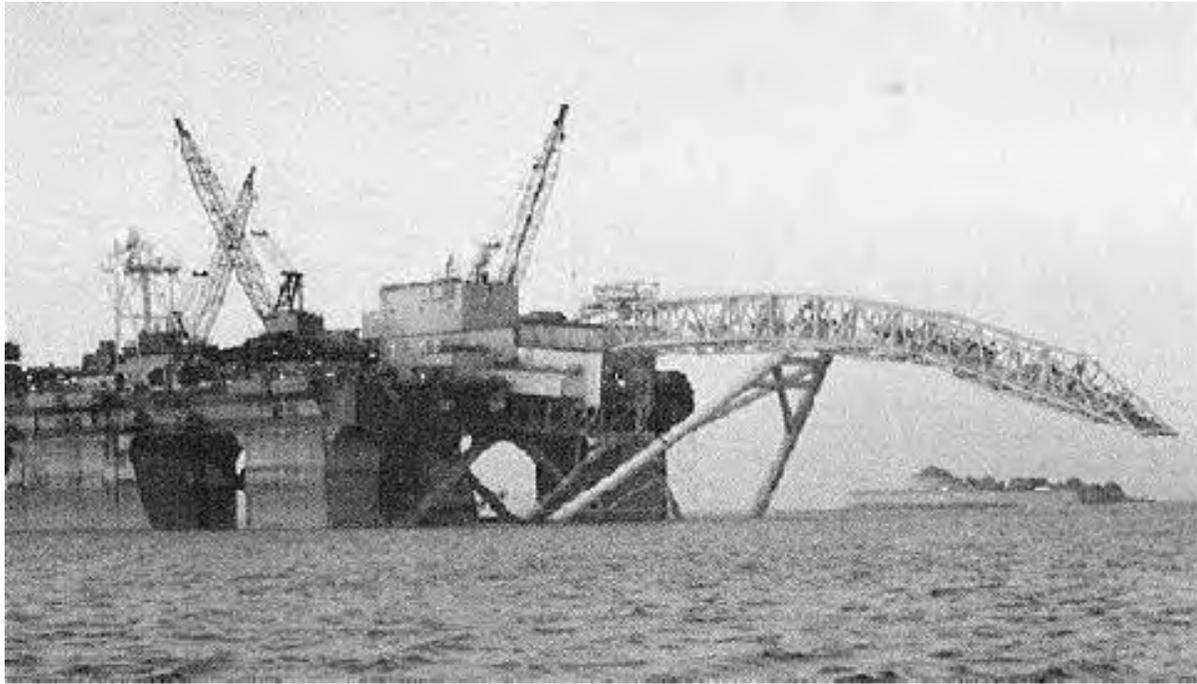


**Gambar Barge ALPHA DMB 88**

# Metode Pengangkatan Pipa

## 1. *Reverse Lay*

*Reverse lay barge* merupakan kebalikan dari metode *lay barge*.



Gambar 4. 2 Contoh barge S-lay (Lorelay Barge (LB) 200).

- *Tegangan pada tekukan sagbend.*
- Tidak dapat dilakukan pengangkatan dengan metode *reverse lay barge* jika pipa terjadi korosi.
- Tidak memerlukan banyak peralatan instalasi sehingga tidak banyak mengganggu aktifitas pelayaran.
- Membutuhkan jumlah pekerja yang cukup banyak di *barge* selama proses pengangkatan.
- Dibutuhkan tingkat keamanan yang tinggi selama kegiatan berlangsung agar para pekerja terhindar dari berbagai resiko bahaya yang dapat terjadi.

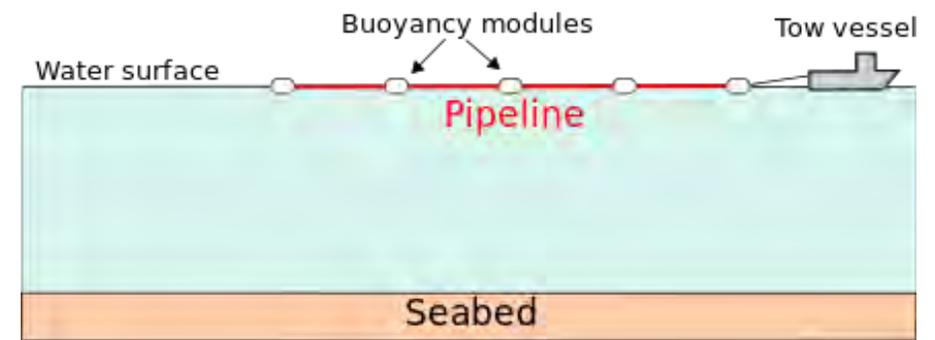
# Metode Pengangkatan Pipa (lanjutan)

## 4. Tow

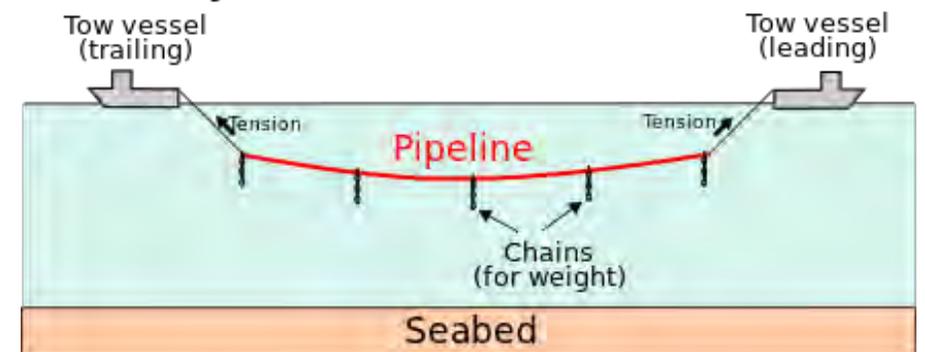
Metode *tow* dilakukan dengan cara pipa dipotong dan diangkat ke permukaan menggunakan *barge* dengan *stinger* dan *tensioner* di kedua ujung pipa. Kemudian pelampung (*floatation buoy*) dipasang dan pipa diangkat.

- Panjang *tow pipeline* mencapai ribuan *feet* sehingga dapat dilakukan dengan waktu yang lebih cepat.
- Membutuhkan dua *vesse/* yang berada di kedua ujung pipa.
- Banyaknya pelampung yang digunakan bergantung pada kemampuan *buoyancy* pipa yang akan ditarik serta kedalaman.
- Jika pipa yang akan di *towing* terisi oleh air akan mengakibatkan resiko teggelam.
- Membutuhkan banyak pekerja terutama penyelam sehingga resikonya sangat tinggi.

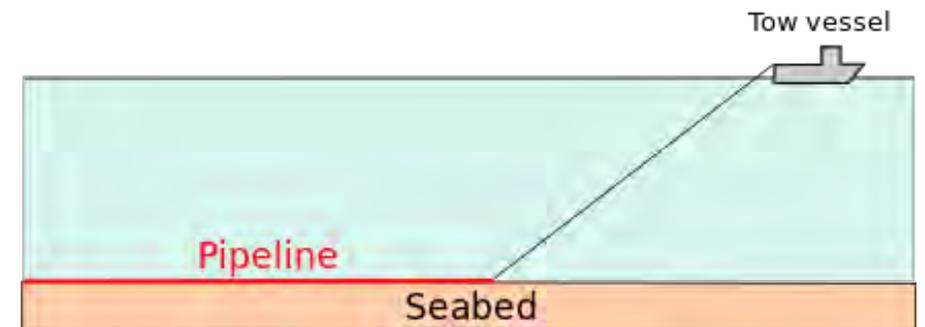
Surface tow



Catenary tow



Bottom tow



Kriteria	Nilai	Unit
Gaya Berat Baja di Udara	1208.661	N/m
Gaya Berat Total Pipa di Udara	2439.786	N/m
Gaya Apung Pipa	1789.398	N/m
Gaya Berat Pipa dalam Air	650.388	N/m
Kecepatan Gelombang Efektif	4.082	m/s
Kecepatan Arus Efektif	0.31	m/s
Gaya Drag Pipa	18231.602	N/m
Gaya Inersia Pipa	0.365	N/m
Gaya Lift Pipa	11394.752	N/m

## Menentukan $C_D$ , $C_L$ , $C_M$

$$Re = \frac{(U_e) D}{\nu} = 10.44 \times 10^4$$

Tabel 4.8 Recommended Hydrodynamics Coefficient (Mousselli, 1981)

Re	$C_D$	$C_L$	$C_M$
$Re < 5.0 \times 10^4$	1.3	1.5	2.0
$5.0 \times 10^4 < Re < 1.0 \times 10^5$	1.6	1.0	2.0
$1.0 \times 10^5 < Re < 2.5 \times 10^5$	$\frac{Re}{3 \times 10^5}$	$1.2 - \frac{Re}{5 \times 10^5}$	2.0
$2.5 \times 10^5 < Re < 5.0 \times 10^5$	0.7	0.7	$2.5 - \frac{Re}{5 \times 10^5}$
$5.0 \times 10^5 < Re$	0.7	0.7	1.5

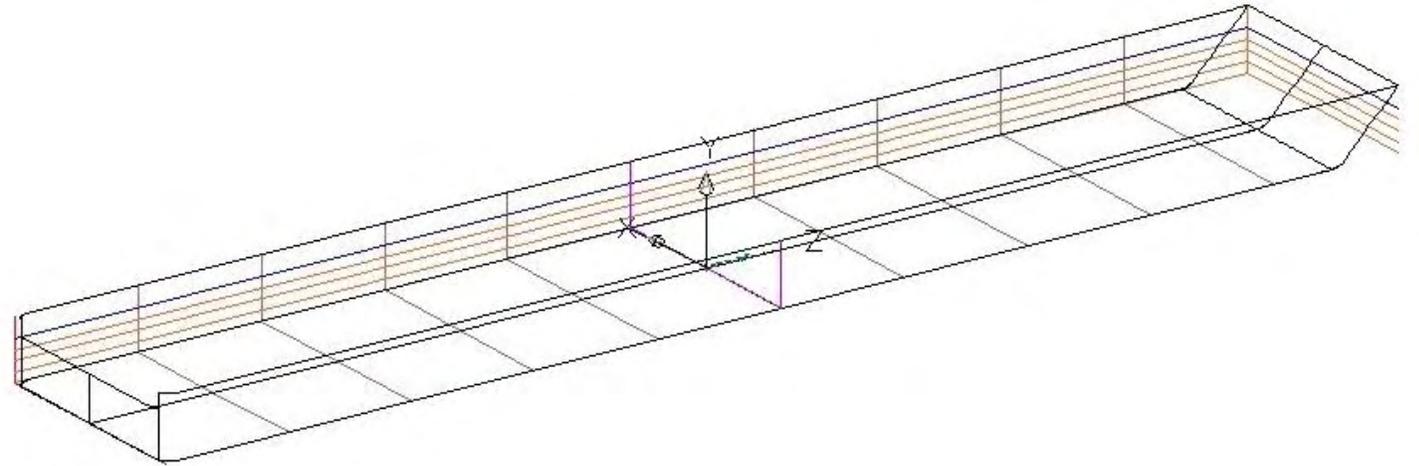
## PERHITUNGAN PROPERTI PIPA



Pemodelan kapal untuk metode *Reverse Lay Barge* dan *Tow* menggunakan data *Vessel ALPHA DMB 88*. Permodelan dilakukan menggunakan *software MAXSURF*. Data kapal (*principal dimension*) yang penting, yaitu:

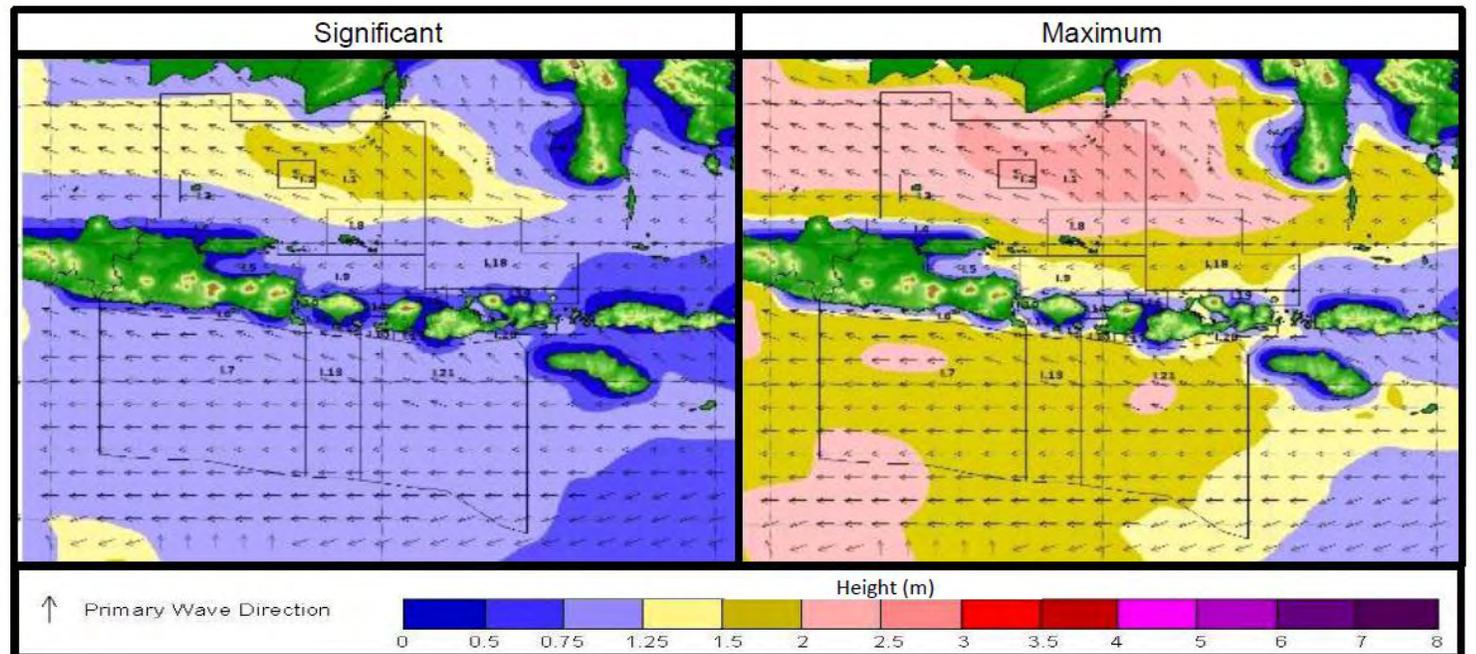
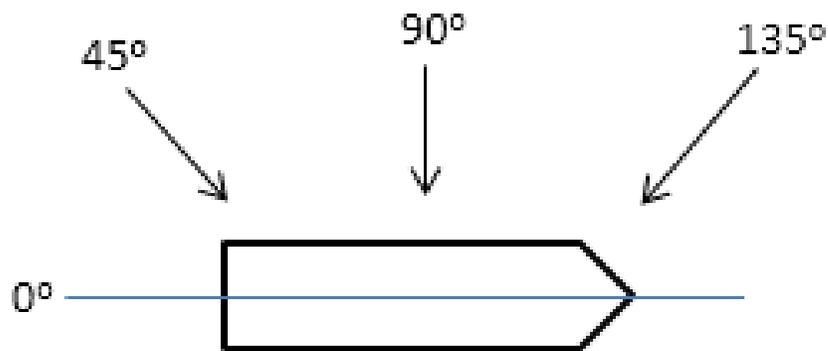
- ▶ *Length over all* = 62 meter
- ▶ *Length betw. perp.* = 60 meter
- ▶ *Breadth* = 11 meter
- ▶ *Depth* = 3 meter
- ▶ *Draft* = 1.99 meter
- ▶ *Displacement weight* = 1344 MT

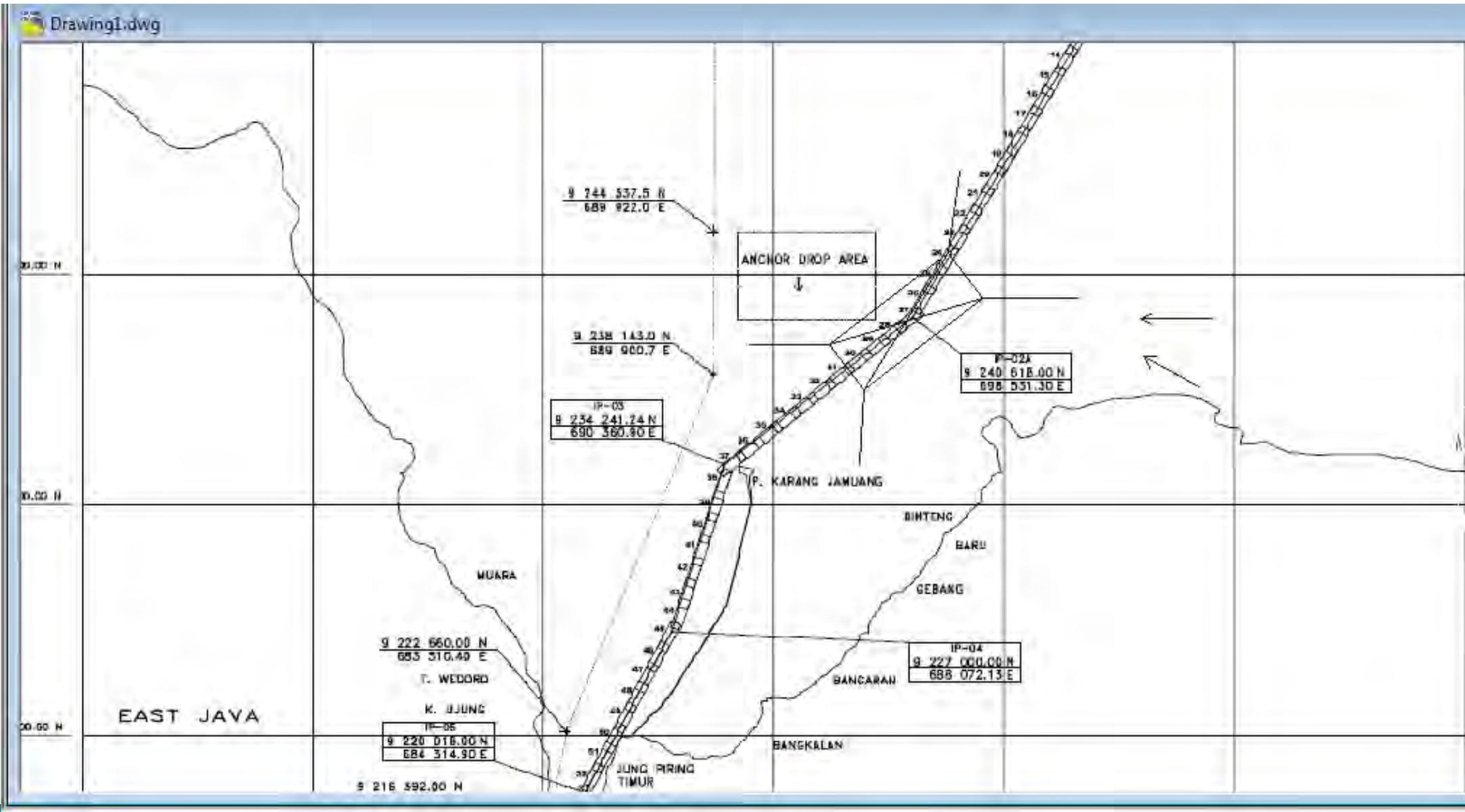
## Pemodelan Barge



# Perhitungan *Response Amplitude Operator (RAO)*

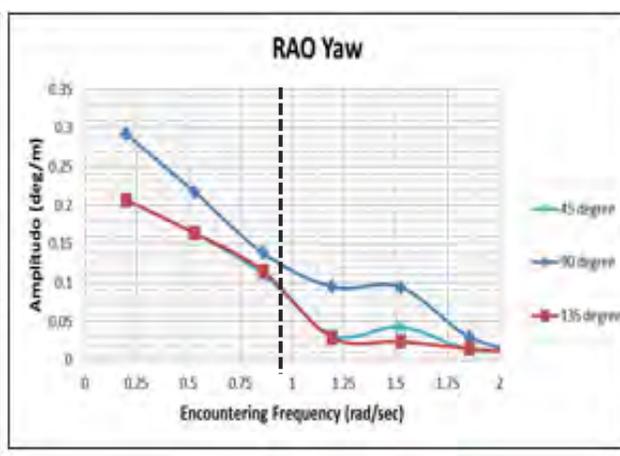
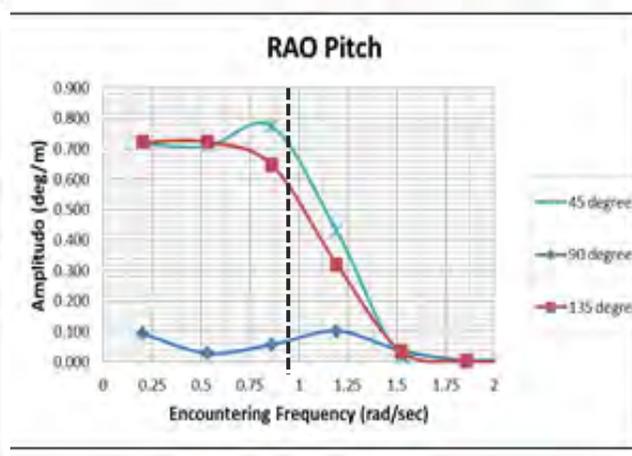
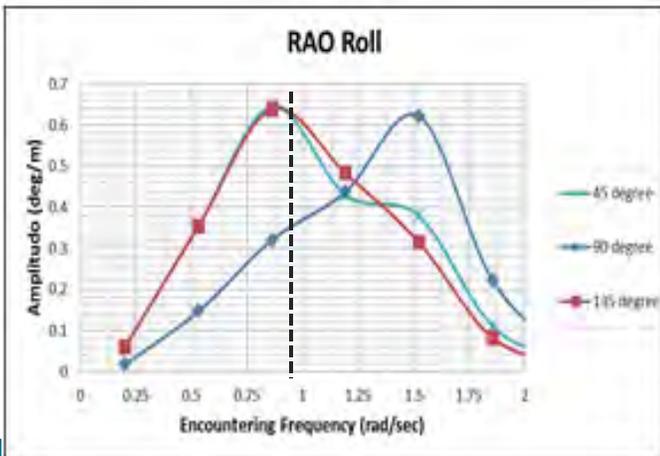
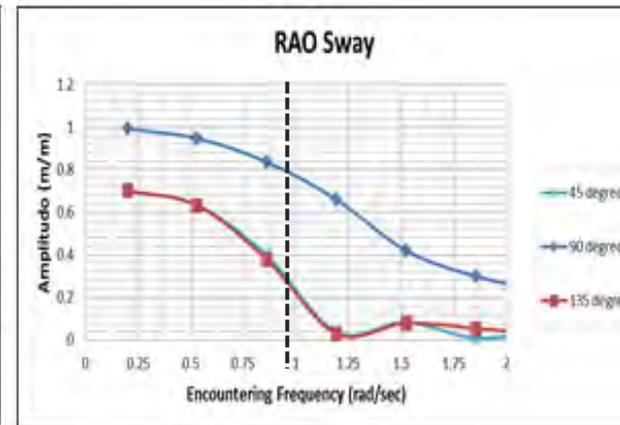
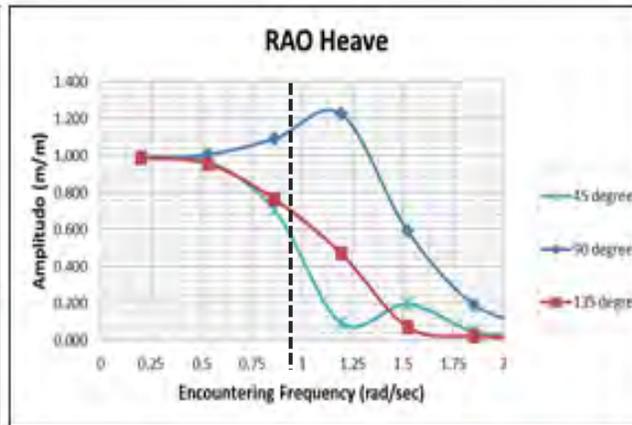
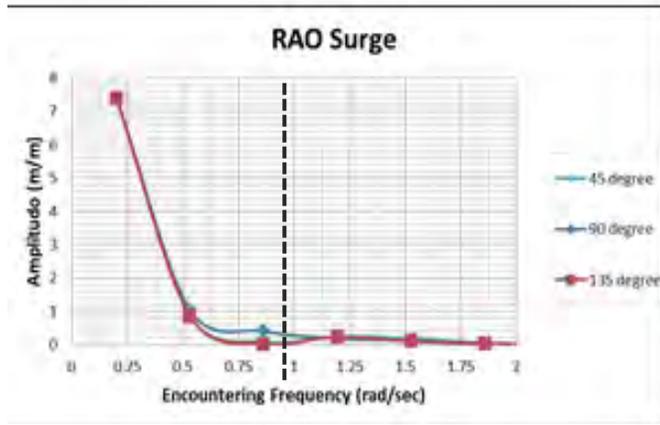
Analisa *RAO* yang dilakukan memperhitungkan arah gelombang  $45^\circ$ ,  $90^\circ$ , dan  $135^\circ$ , dengan teori gelombang *Jonswap*. Data arus yang dimasukkan adalah arus yang paling besar, yaitu arus permukaan Selat Madura sebesar  $0,77 \text{ m/s}$ .





Sketsa Arah Pembebanan Gelombang pada *Barge*

# Grafik *Response Amplitude Operator (RAO) Barge ALPHA DMB* 88



$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{6.8}$$

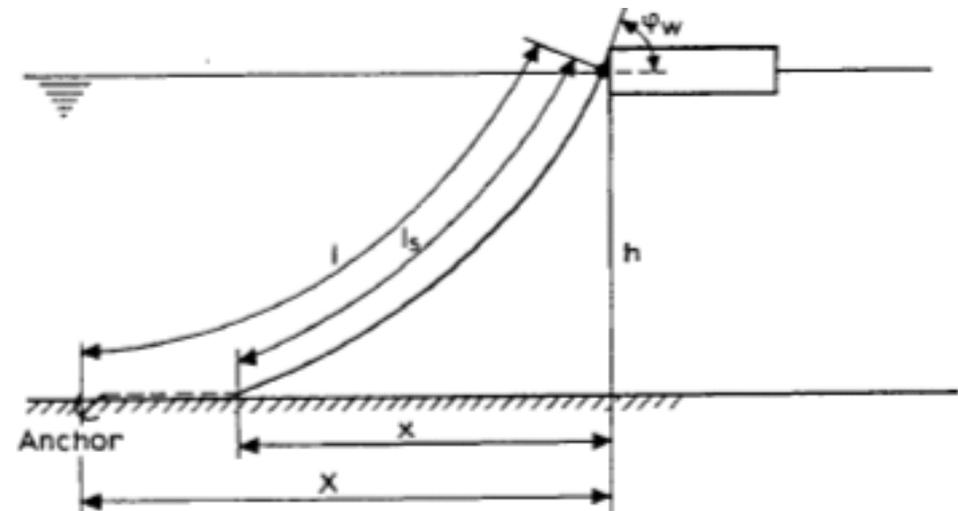
$$\omega = 0.923$$

# Perhitungan Konfigurasi Mooring Line

- ▶ Dari analisa hidrodinamis yang telah dilakukan didapatkan besarnya gaya horizontal yang mengenai barge sebesar  $F_d + F_i$  yaitu 1130.382 kN.
- ▶ Jumlah mooring yang digunakan adalah 4 buah mooring line dengan tegangan pada masing-masing mooring sebesar 282.595 kN. Dari perhitungan tersebut didapatkan dimensi dan data mooring yang digunakan untuk *barge* pada tugas akhir ini yaitu:

Chain Diameter	Length of Five Links	Proof Loads	Breaking Load	Mass kilograms per 27.5 meters
mm	mm	kN	kN	kg
28	616	224.6	320.7	480

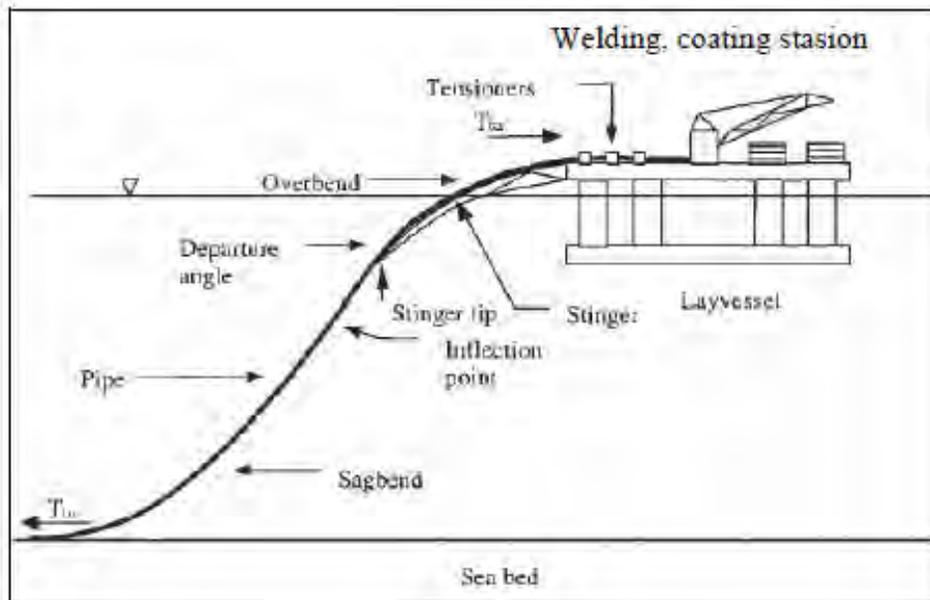
- ▶ Selain itu, didapatkan juga panjang minimum *mooring line* yaitu 197.825 m, jarak anchor hingga menyentuh tanah dan panjang *offset* sebesar 197.35509 m dan 197.35523 m.



## Pemodelan Pengangkatan Pipa

- ▶ Reverse lay dengan arah beban gelombang  $45^\circ$
- ▶ Reverse lay dengan arah beban gelombang  $90^\circ$
- ▶ Reverse lay dengan arah beban gelombang  $135^\circ$
- ▶ Surface tow dengan arah beban gelombang  $45^\circ$
- ▶ Surface tow dengan arah beban gelombang  $90^\circ$
- ▶ Surface tow dengan arah beban gelombang  $135^\circ$

# Permodelan Dinamis *Reverse Lay*



- ▶ Proses 1 : Pemotongan pipa di dasar laut
  - ▶ Proses 2 : Pengangkatan pipa dari dasar laut
  - ▶ Proses 3 : Penarikan pipa melalui stinger
- ▶ Dalam tugas akhir ini kapasitas tensioner sebesar 40 Ton sehingga panjang potongan *pipeline* untuk pemodelan *reverse lay* adalah 160 m. Setelah ukuran pipeline telah ditetapkan langkah selanjutnya adalah mengangkat pipa dengan menggunakan crane. *Crane* yang digunakan harus memiliki kapasitas minimal 40 Ton.

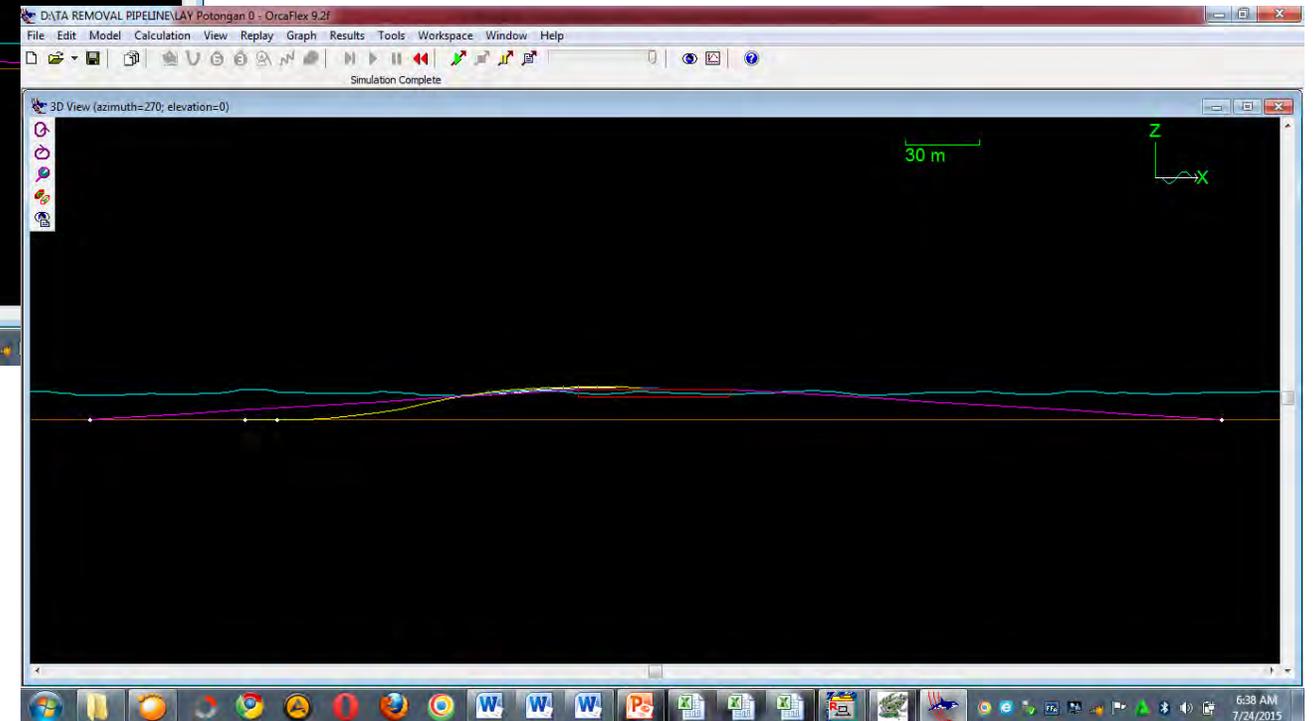
# Permodelan Dinamis *Reverse Lay*

The screenshot displays four overlapping dialog boxes from the OrcaFlex 9.2a software interface:

- Edit Vessel Type Data:** Shows properties for Vessel Type DMB 88, including Displacement RAOs for draught 1. A table lists RAOs for various periods and surge amplitudes.
- Edit Line Data: Line1:** Shows connection details for Line1, including connection stiffness and a table of sections (No., Line Type, Section Length (m)).
- Edit Line Data: Stinger 1:** Shows connection details for Stinger 1, including connection stiffness and a table of sections (No., Line Type, Section Length (m)).
- Edit Environment Data:** Shows environmental parameters such as Sea Density, Seabed, Waves, and Stiffness & Damping.

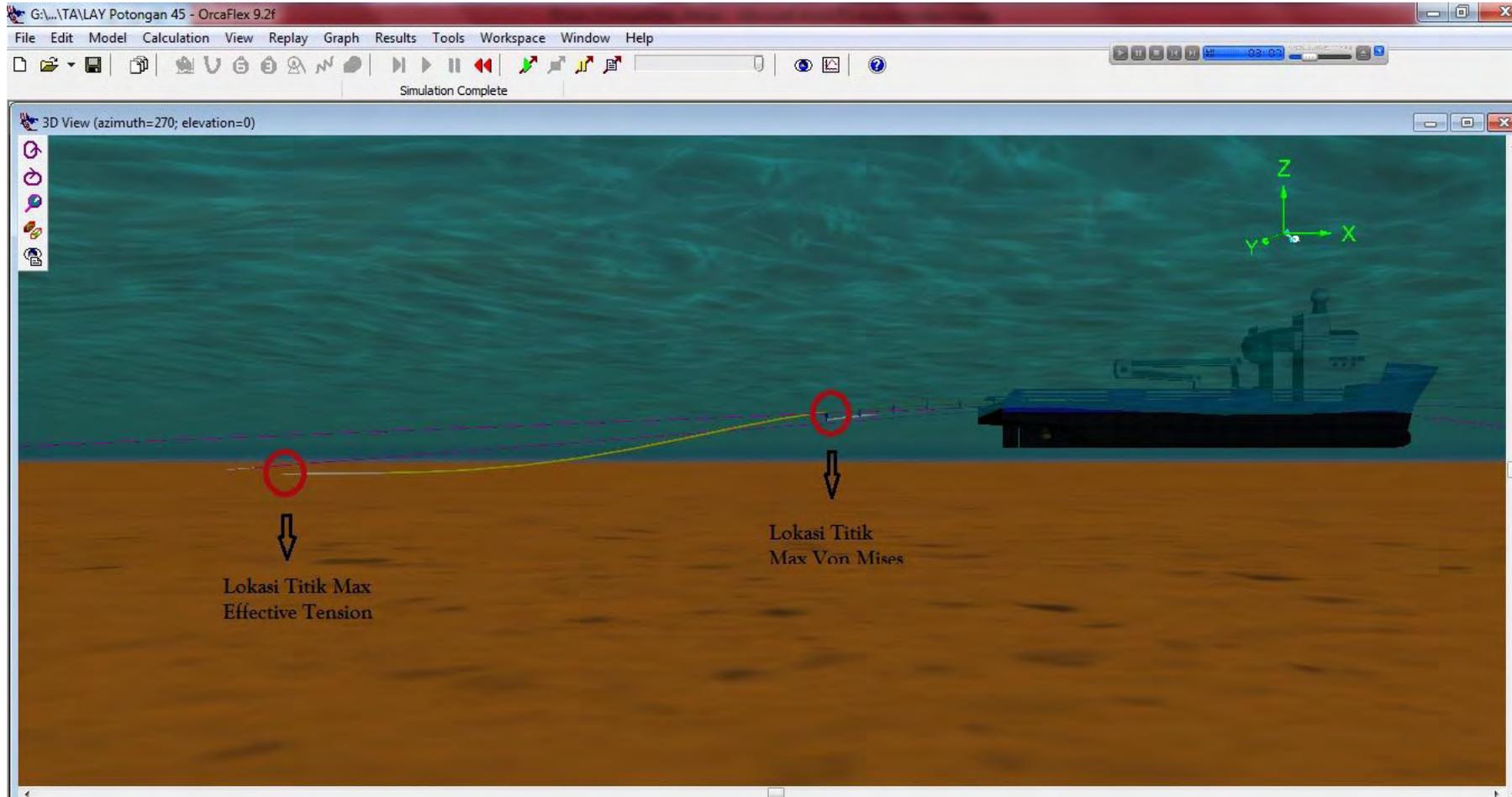
- ▶ Input data *barge*, data *pipa*, data *stinger* dan data lingkungan di *software orcaflex*

## ► Hasil Pemodelan *Reverse Lay* di *Software Orcaflex*



## *Output Running* Pemodelan *Reverse Lay*

Heading	Max Effective Tension (kN)	Max Von Mises Stress (kPa)	0.9 SMYS (kPa)	Compression Limit (kN)
Reverse Lay arah 45°	-144.62	306822.3	322677	-9155.485959
Reverse Lay arah 90°	-143.203	297609.2	322677	-9155.485959
Reverse Lay arah 135°	-148.274	305262.1	322677	-9155.485959



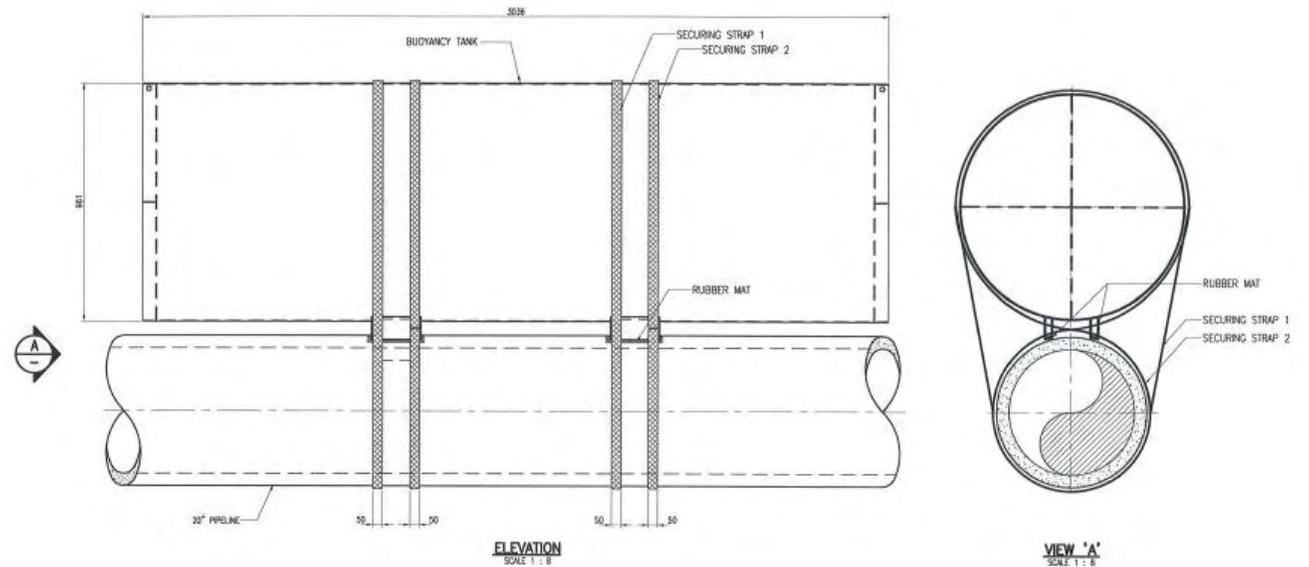
Lokasi Tegangan Maksimum Setelah *Running* pada Arah  $45^\circ$ ,  $90^\circ$ , dan  $135^\circ$

# Permodelan Dinamis *Surface Tow*

- ▶ Input data *barge*, data pipa, data *stinger* dan data lingkungan di *software orcaflex*
  - ▶ Melakukan perhitungan kebutuhan *floater* / pelampung

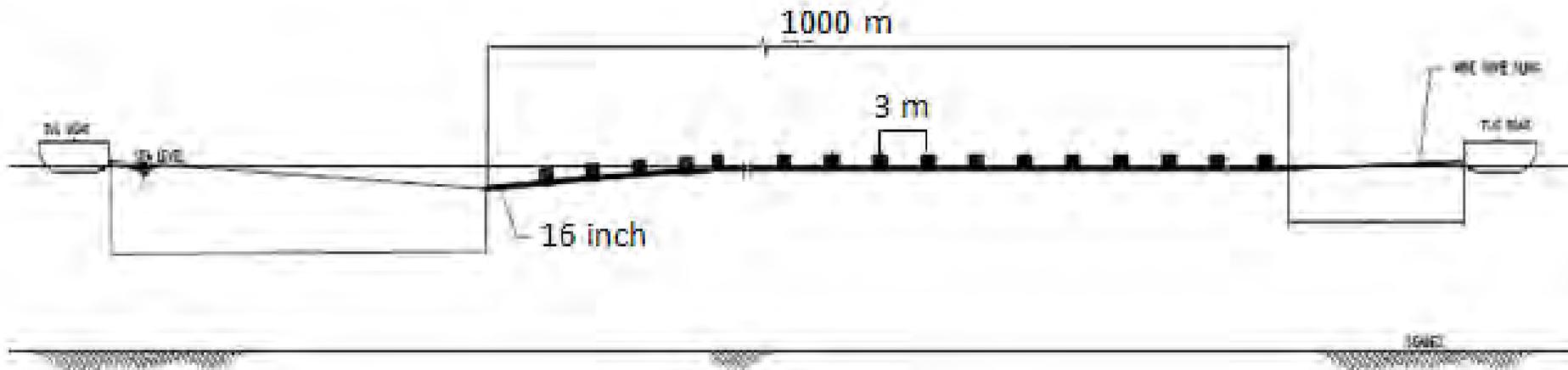
Parameter	Nilai	Unit
<i>Diameter of Drum (Dd)</i>	0.5842	m
<i>Height of Drum (Hd)</i>	0.889	m
<i>Mass of drum (Md)</i>	15	kg
<i>Density of drum (<math>\rho_d</math>)</i>	7850	kg/m <sup>3</sup>
<i>Mass of drum wire per coil (M<sub>wire</sub>)</i>	0.3	kg

## Data *Floater*



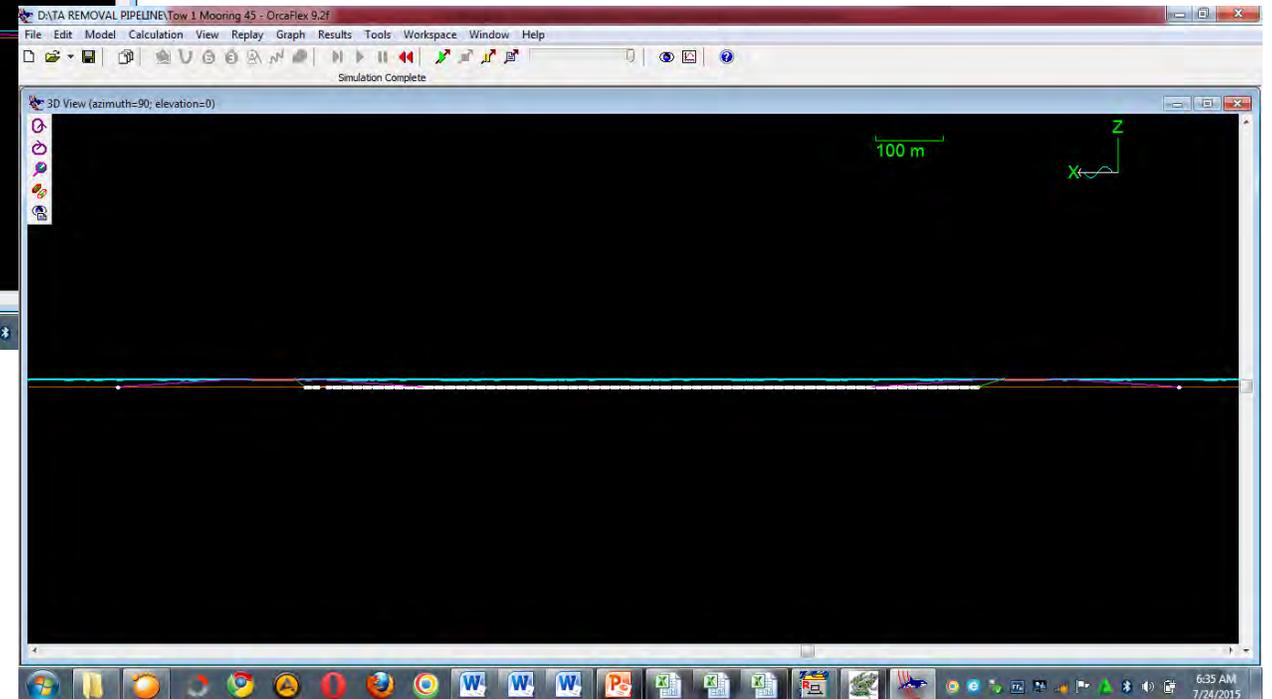
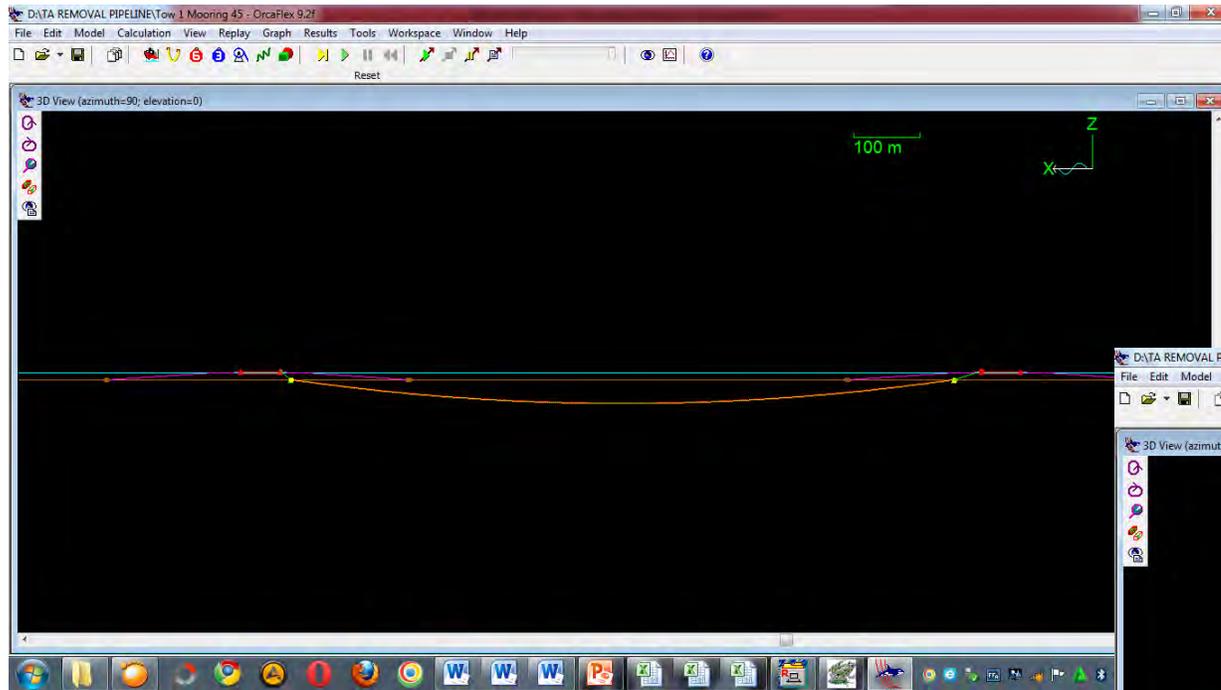
## Hasil Perhitungan Floater

Parameter	Nilai	Unit
Gaya Apung per Pelampung	2394.168	N/m
Berat Total Pipa pada Pelampung	2595.717	N/m
Jumlah Pelampung Total yang dibutuhkan	337	Buah
Jumlah Pelampung per Joint	4	Buah
Jarak per Pelampung	3.0	m



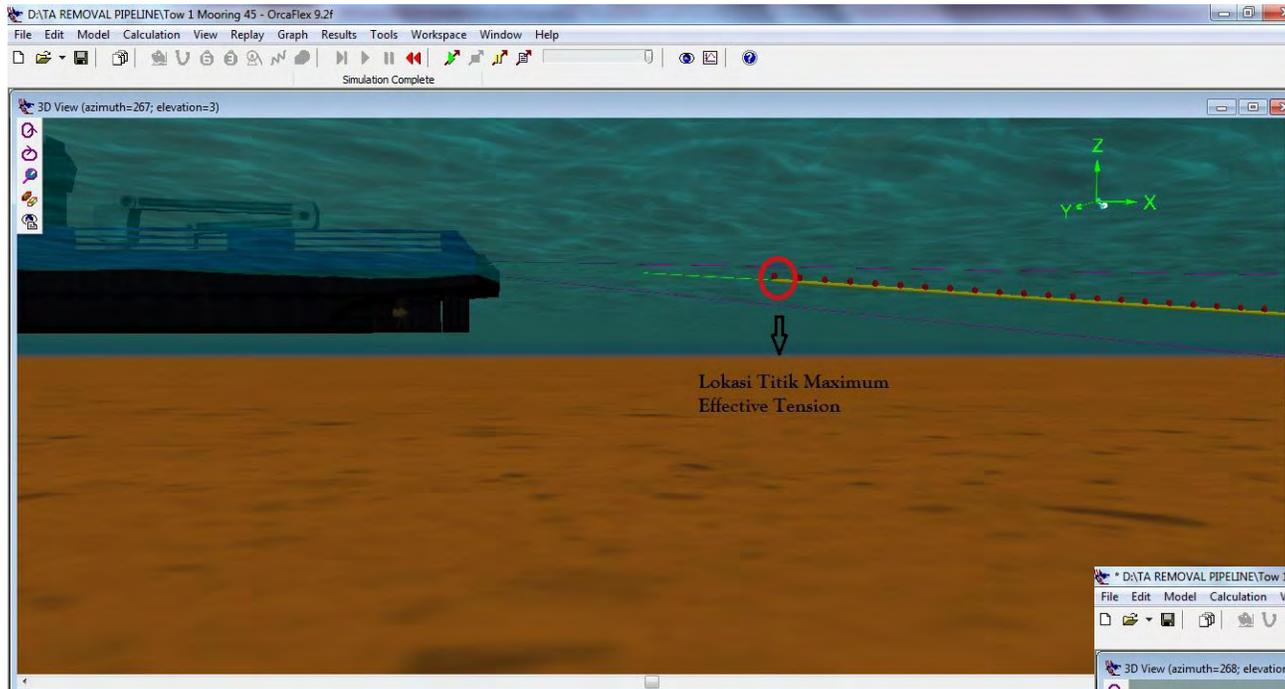
Sketsa Pemodelan  
Surface Tow

► Hasil pemodelan *surface tow* di software orcaflex

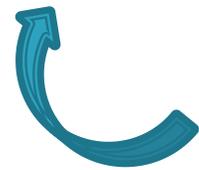


## *Output Running* Pemodelan *Surface Tow*

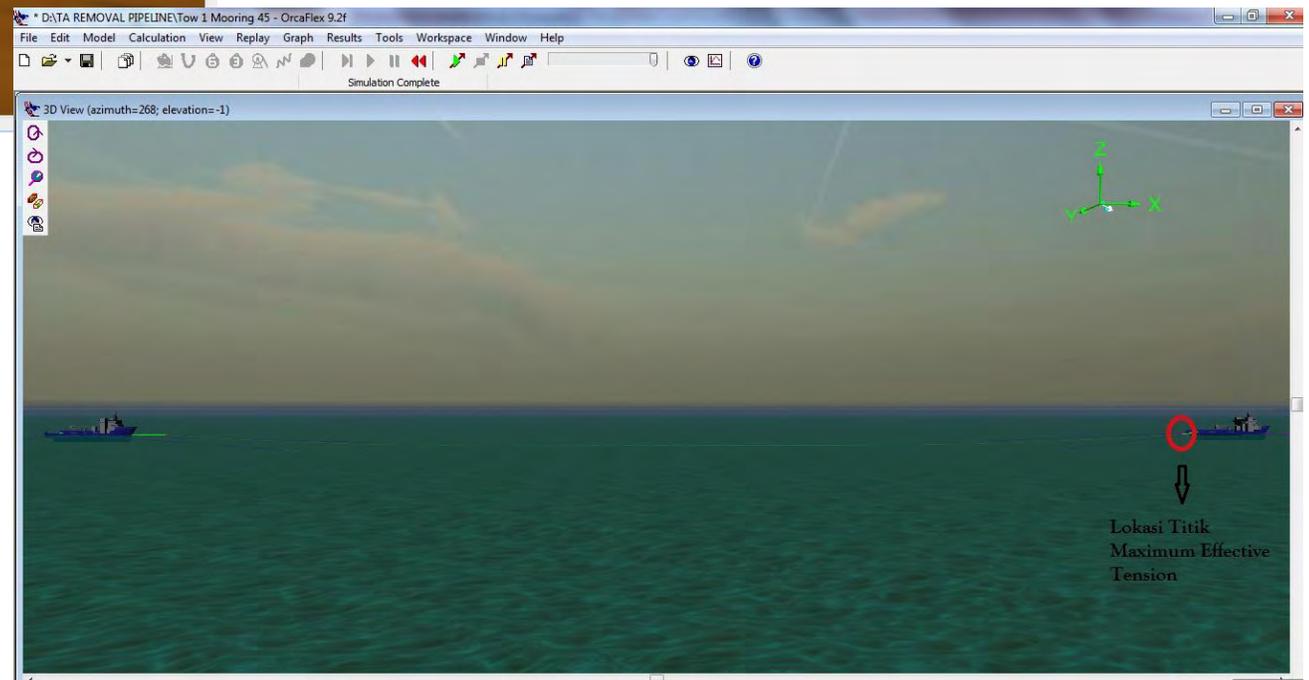
Heading	Max Effective Tension (kN)	Max Von Mises Stress (kPa)	0.9 SMYS (kPa)	Compression Limit (kN)
Tow arah 45°	3671.64	126263.1	322677	-175722.722
Tow arah 90°	4637.64	144537.4	322677	-175722.722
Tow arah 135°	3696.69	130152.7	322677	-175722.722

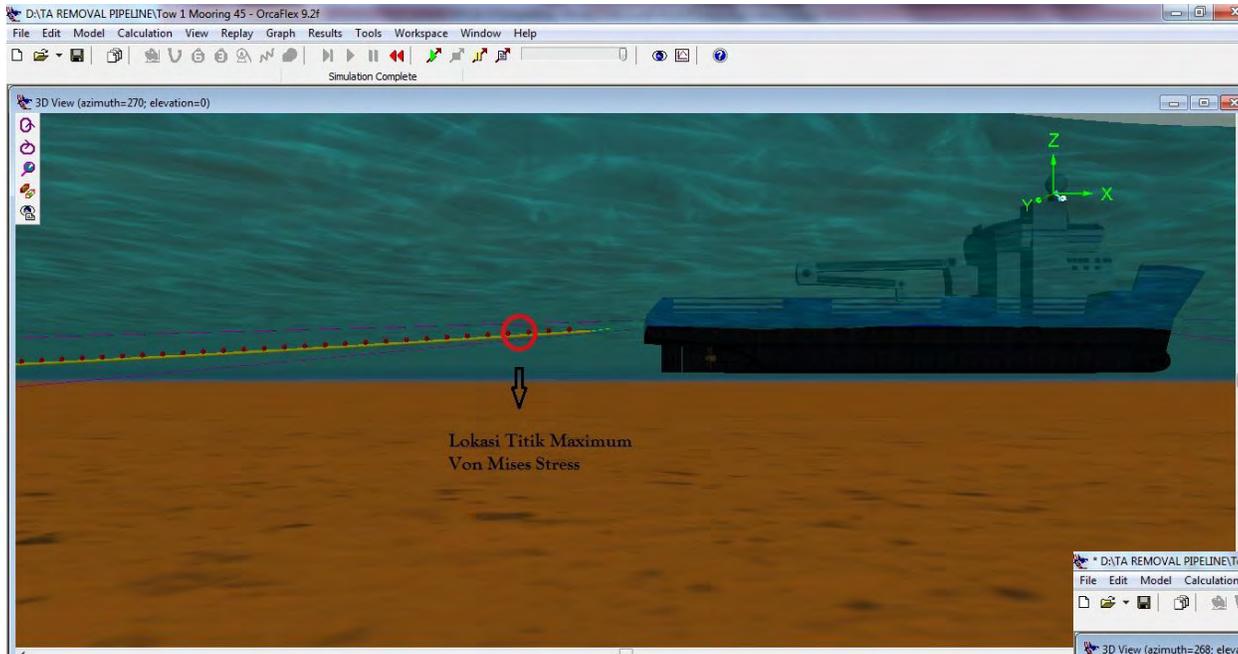


Lokasi *Effective Tension* Maksimum pada Arah  $135^\circ$

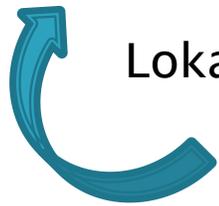


Lokasi *Effective Tension* Maksimum pada Arah  $45^\circ$  dan  $90^\circ$

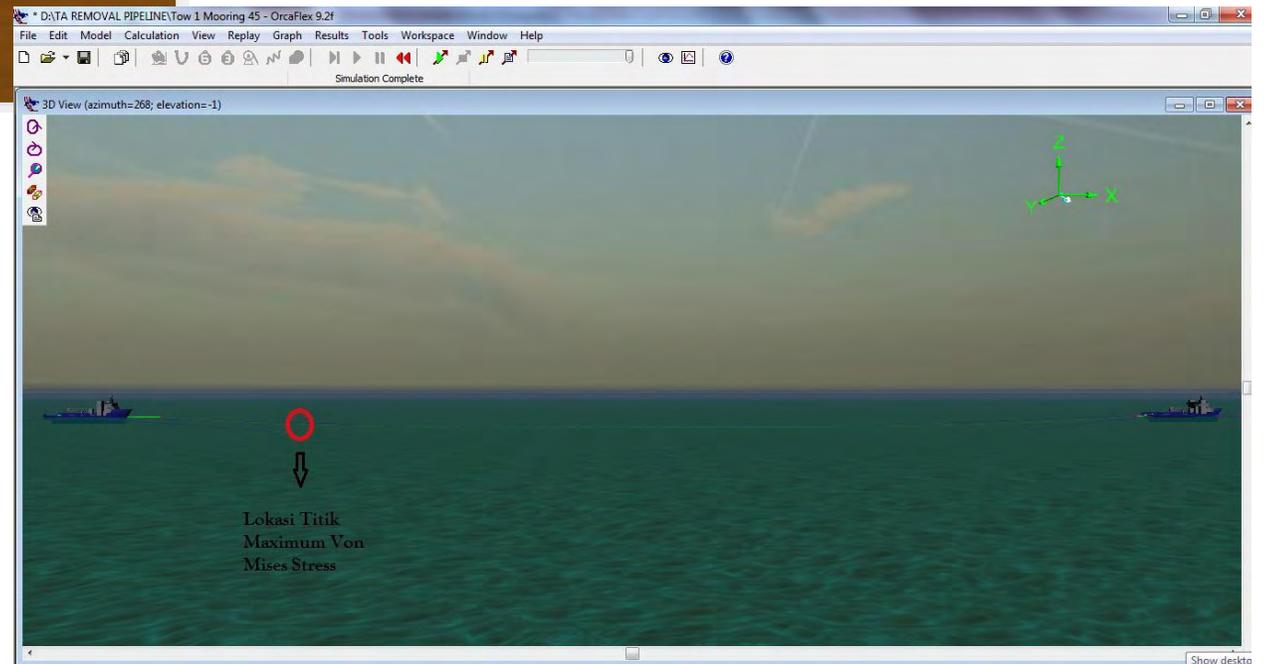




Lokasi *Von Mises Stress* Maksimum pada Arah  $90^\circ$



Lokasi *Von Mises Stress* Maksimum pada Arah  $45^\circ$  dan  $135^\circ$



# Kesimpulan

- ▶ Gaya berat total pipa di udara adalah 1208.661 N/m dan 2439.786 N/m. serta gaya apung pipa dan gaya berat pipa dalam air adalah 1789.398 N/m dan 650.388 N/m. Dan nilai gaya hidrodinamis ( $F$ ) = 18231.967 N/m.
- ▶ Pada pemodelan *reverse lay* didapatkan hasil tegangan *Von Mises* maksimum yang terjadi sebesar 311358.4 kPa. Sedangkan pada pemodelan *surface tow* tegangan *Von Mises* maksimum yang terjadi sebesar 144537.4 kPa. Kedua nilai tersebut tidak melebihi batas 0.9% SMYS sebesar 322677 kPa.
- ▶ Dari hasil perhitungan tegangan, dan analisa *selection criteria* keselamatan alur pelayaran, kemudahan teknis, dan konsumsi energi maka didapatkan metode yang cocok digunakan di alur pelayaran Selat Madura adalah metode *Reverse Lay*.

# Saran

- ▶ Dapat dilakukan verifikasi hasil tegangan *effective tension* dan tegangan *Von Mises* output dari *software Orcaflex* dengan perhitungan manual.
- ▶ Dapat ditambahkan analisa kajian dari segi ekonomi untu kegiatan pengangkatan pipa ini.
- ▶ Dapat menambahkan pemodelan dengan *software* lain seperti *Offpipe* dan sebagainya.

**TERIMAKASIH 😊**

