



**SIDANG TUGAS AKHIR
JURUSAN TEKNIK KELAUTAN FTK ITS**

Analisis *Buckling* selama Proses *Abandonment and Recovery* pada *Pipeline* 20" di Sangatta, Kalimantan Timur

**Moch. Ardiansyah
4312100026**

Dosen Pembimbing :
1. Ir. Imam Rochani, M.Sc.
2. Ir. Handyanu, M.Sc, Ph.D

Latar Belakang

- Dalam pelaksanaannya, proses instalasi sebuah pipeline tidak sepenuhnya berjalan sesuai yang direncanakan.
- Ada beberapa hal yang bisa menyebabkan proses instalasi sebuah *pipeline* mengalami hambatan atau bahkan terhenti, diantaranya :
 - Terjadi cuaca buruk
 - Pipa mengalami *buckling* saat proses instalasi
 - Peralatan instalasi mengalami kerusakan
- Solusi ketiga hal adalah dilakukan *abandonment and recovery* pada *pipeline*

Latar Belakang (lanj.)

- Akhir – akhir ini, *abandonment and recovery* tidak hanya dilakukan sebagai langkah mitigasi semata, namun digunakan juga dalam proses instalasi *pipeline* yang menggunakan lebih dari satu *pipe lay barge*
- Selama proses *abandonment and recovery*, tidak boleh terjadi *overstress* dan *buckling* pada *pipeline*.

Rumusan Masalah

- Bagaimana karakteristik gerak *pipe lay barge* pada gelombang reguler ?
- Bagaimana tegangan dan gaya-gaya yang terjadi pada *pipeline* saat proses *abandonment and recovery* ?
- Bagaimana *local buckling* yang terjadi pada *pipeline* saat proses *abandonment and recovery* ?

Tujuan

- Mengetahui serta menganalisis karakteristik gerak *pipe lay barge* pada gelombang reguler
- Mengetahui serta menganalisis tegangan dan gaya-gaya yang terjadi pada *pipeline* selama proses *abandonment and recovery*
- Menganalisis *local buckling* yang terjadi selama proses *abandonment and recovery*

Manfaat

- Bisa menjadi referensi atau acuan dalam melakukan analisis instalasi sebuah *subsea pipeline* (khususnya *abandonment and recovery*)
- Bisa menjadi rujukan untuk merencanakan proses *abandonment and recovery*

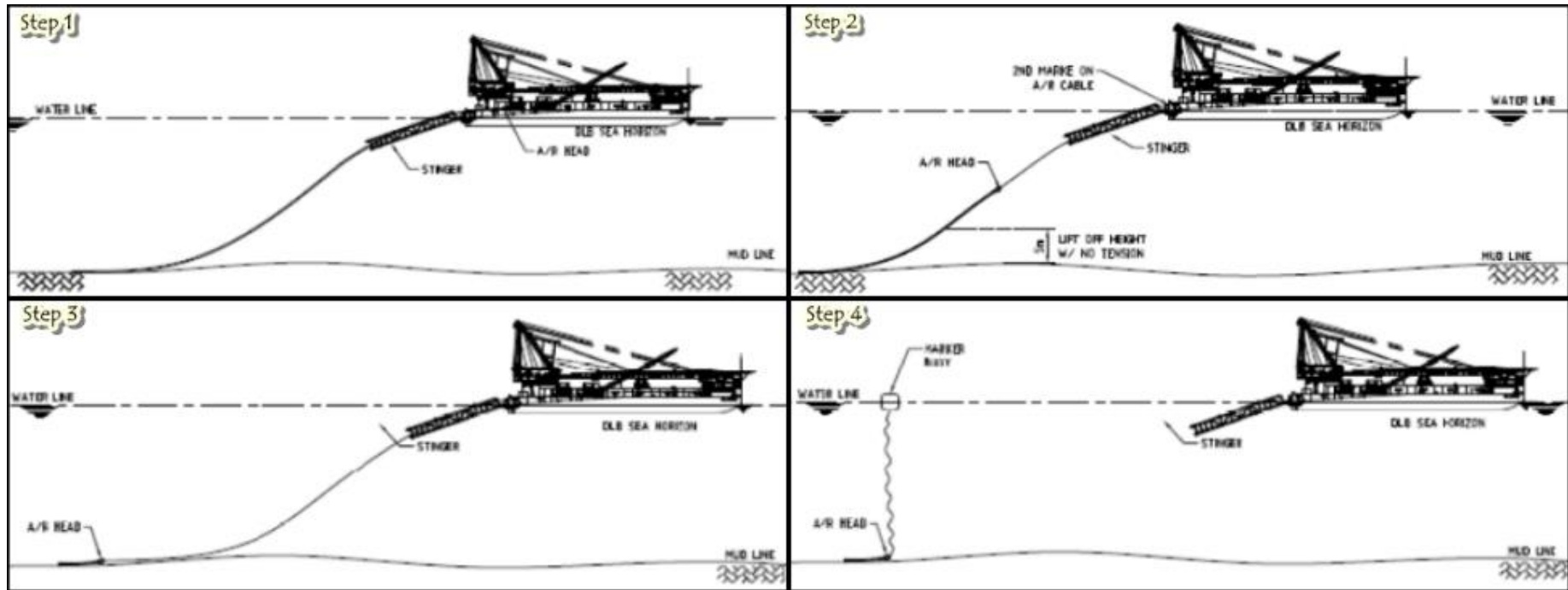
Batasan Masalah

- Data yang digunakan adalah data *pipeline* 20" OD milik PT Kaltim Prima Coal (KPC) yang ada di Sangatta, Kalimantan Timur.
- Metode instalasi *subsea pipeline* yang digunakan adalah *S-lay method*.
- Pelaksanaan *abandonment and recovery* menggunakan *reverse lay barge method* dengan bantuan *A&R winch*.
- Jarak ujung *stinger* terhadap permukaan laut yang digunakan dalam analisis ini adalah 3m, 4m, dan 5m.
- Perhitungan tegangan yang terjadi pada *subsea pipeline* menggunakan software OFFPIPE.
- Arah datang gelombang adalah 0° , 45° , 90° , 135° , 180° terhadap *pipe lay barge*.
- Sistem penambatan (*mooring*) tidak dimodelkan
- Bangunan atas dari *pipe lay barge* tidak dimodelkan
- *Seabed* dianggap datar.
- Massa kabel *A&R winch* diabaikan.
- Panjang *stinger* konstan.
- *Radius of curvature* konstan.

Tinjauan Pustaka

- Satrio (2016) : Analisa *Abandonment and Recovery* sebagai Mitigasi Cuaca Buruk pada Proses Instalasi Pipa Bawah Laut
- Ayu (2014) : Optimasi Konfigurasi Sudut *Stinger* dan Kedalaman Laut dengan *Local Buckling Check*
- Datta (1982) : *Abandonment and Recovery Solution of Submarine Pipeline*
- Rosyidi (2015) : Analisis Dinamis Tegangan Pipa Bawah Laut saat Instalasi terhadap *Local Buckling* akibat Variasi *Radius Curvature* pada *Stinger*

Dasar Teori

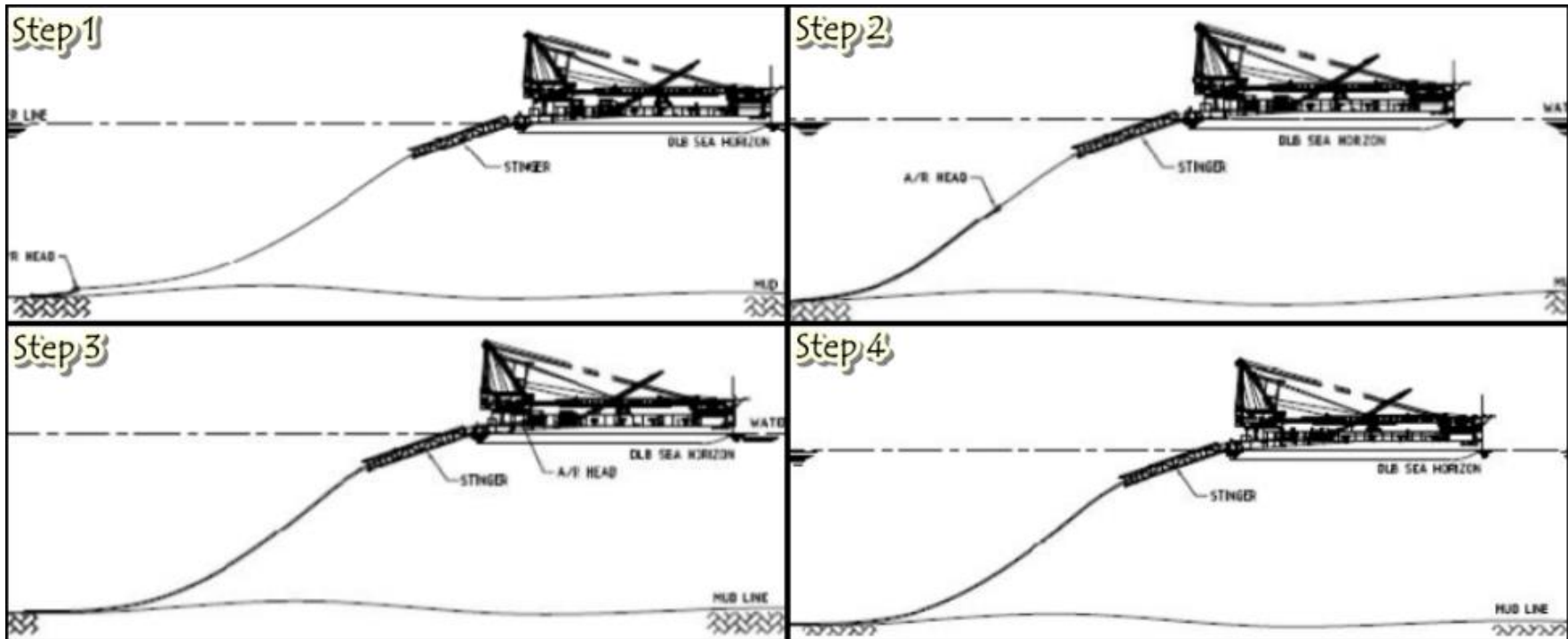


Gambar 1. Proses *abandonment* pada *pipeline*

■ *Abandonment*

Soegiono (2007) *abandonment* adalah proses yang dilakukan untuk menurunkan pipa ke dasar laut dengan bantuan *A&R winch* dan *barge movement* baik untuk jangka waktu yang pendek atau untuk jangka waktu yang lama.

Dasar Teori

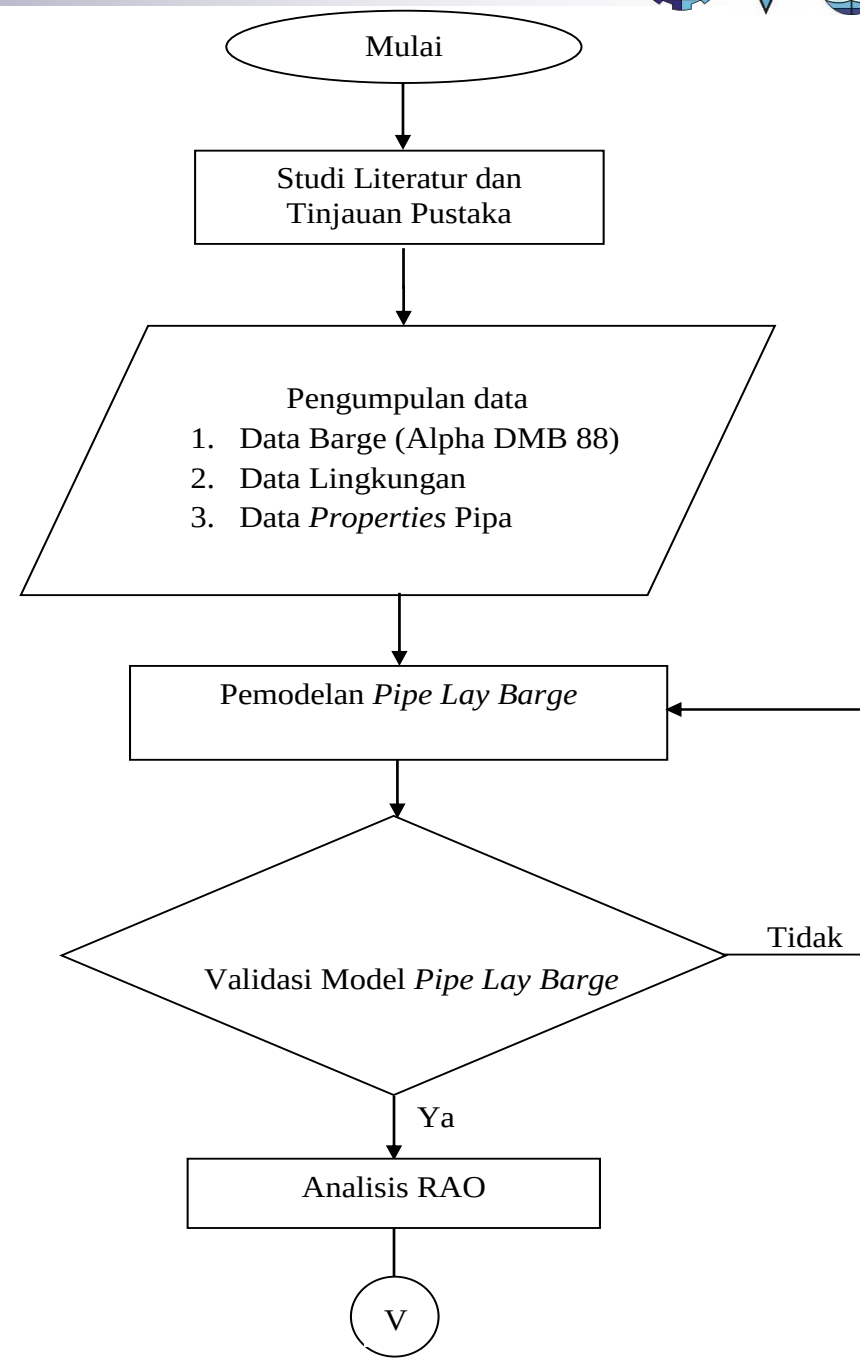


Gambar 2. Proses *recovery* pada *pipeline*

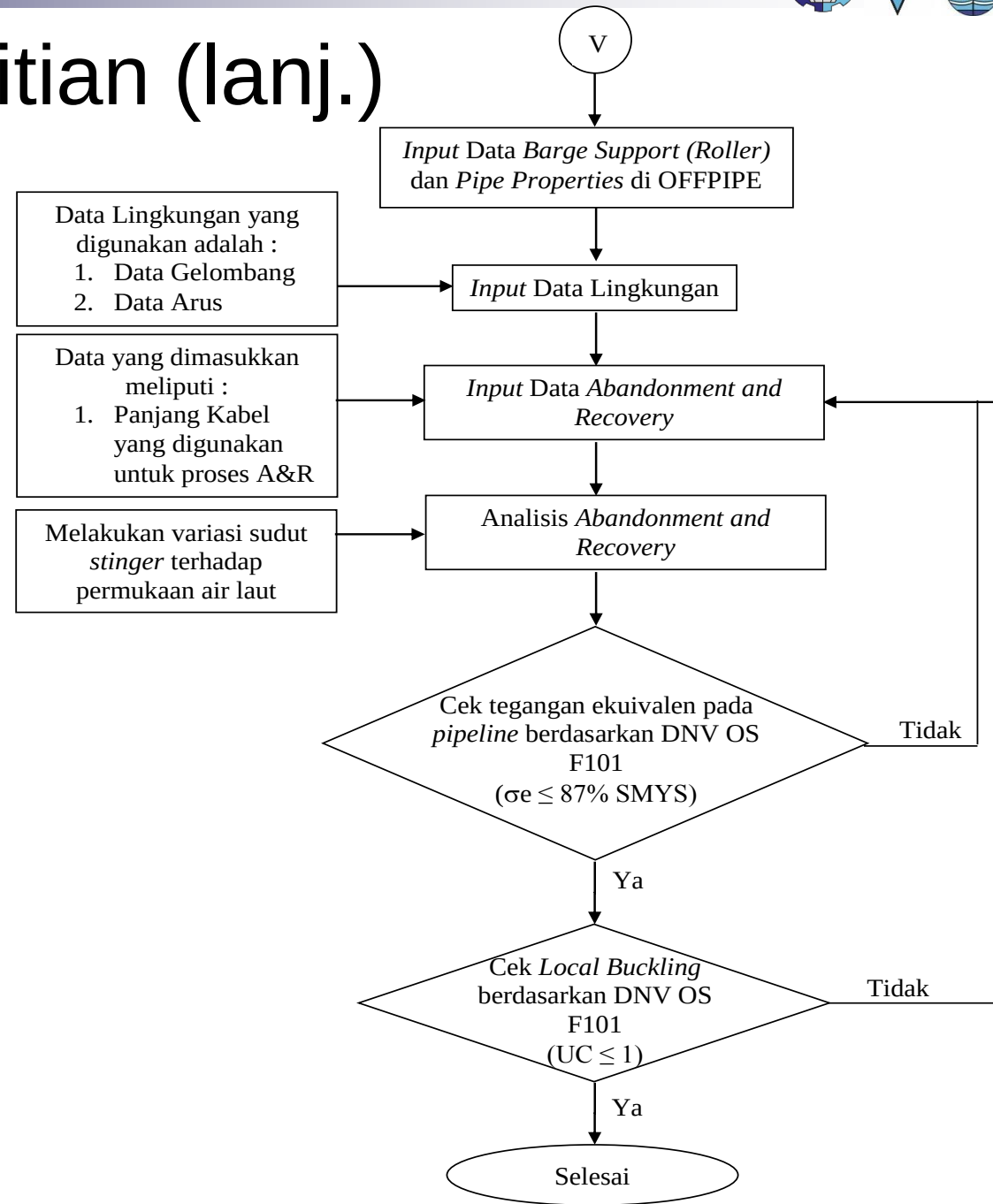
■ Recovery

Soegiono (2007) *recovery* adalah kebalikan dari *abandonment*, yaitu proses pengangkatan pipa dari dasar laut ke atas *pipe lay barge*. Proses *recovery* ini juga dibantu dengan *A&R winch* dan *reverse barge movement*

Metodologi Penelitian



Metodologi Penelitian (lanj.)





Data

Tabel 1. *Pipeline Properties* (PT DMB, 2015)

Parameters	Units	Value
Design Life	Years	30
Outside Diameter	mm	508 (20")
Material	-	15.9 (0.625")
Seam Type	-	SAWL
SMYS	Mpa	360 (52.2 ksi)
SMTS	Mpa	460 (66.7 ksi)
Young Modulus	Mpa	207000 (30022.9 ksi)
Poison Ratio	-	0.3
Density	Kg/m ³	7850
Coeff. Of Thermal Expansion	/°C	0.00011
Sevice	-	Diesel Oil
Fluid Density	Kg/m ³	850
Ovality	-	ODmin-ODmax < 3% of OD
Internal Corrosion Allowance	mm	3
Total Length of Pipe Expose	Km	653
Total Length of Pipe Buried	Km	1617
Design Pressure	psig	285 (19.6 barg)
Operating Pressure	psig	145 (9.8 barg)
Hydrotest Pressure	psig	356.25 (24.5 barg)
Design Temperature	°C	50
Operating Temperature	°C	47

Data

Tabel 2. *External Coating Properties* (PT. DMB, 2015)

Parameters	Units	Value
Selected External Anti-Corrosion Coating	-	3-LPE
Thickness	mm	2.5
Density	Kg/m ³	958.23
Coating Cutback	mm	150

Tabel 3. *Concrete Coating Properties* (PT DMB, 2015)

Parameters	Units	Value
Concrete Density	Kg/m ³	3040
Thickness	mm	50

Tabel 4. *Field Joint Coating Properties* (PT DMB, 2015)

Parameters	Units	Value
Field Joint Coating Type	-	HSS with HDPU infill
Thickness	mm	50
Density (saturated)	Kg/m ³	1025

Data

Tabel 5. *Pipe Lay Barge Alpha DMB 88 Properties (PT DMB, 2015)*

Parameters	Units	Value
Length Overall	m	62
Breadth	m	11
Depth	m	3
Operating Draft	m	2
A/R Winch	Ton	60
Tensioner	Ton	40
Length of Stinger	m	31,9
Number of Support on Barge (including tensioner)	-	8
Number of Support on Stinger	-	6
Hitch Coordinate		X = -0.399 ; Y = -0.744

Tabel 6. *Pipe Lay Barge Roller Configuration (PT DMB, 2015)*

Roller No.	X Coordinate	Y Coordinate
B1	38	1.516
B2	32.095	1.516
T	26.5	1.516
TR1	23	1.516
TR2	16.520	1.396
TR3	12	1.192
TR4	5.5	0.723
TR5	0	0.160

Tabel 7. *Stinger Roller Configuration (PT DMB, 2015)*

Roller No.	X Coordinate	Y Coordinate
S1	6.900	1.222
S2	14.130	1.371
S3	20.180	1.359
S4	24.930	1.261
S5	30.000	1.116
S6	31.792	1.116

Data

Tabel 8. *Maximum Water Depth* (PT DMB, 2015)

Parameters	Units	Value
Max Water Depth	m	20

Tabel 9. *Wave Data* (PT DMB, 2015)

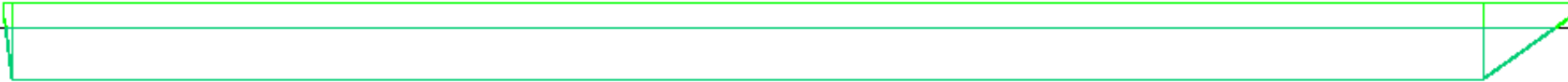
Return Period	Max. Significant Wave Height (m)	Wave Peak Period (sec)
1-year	2.11	7.2
100-year	3.19	8.8

Tabel 10. *Current Data* (PT DMB, 2015)

Return Period	Current Velocity (m/s)
1-year	0.2
100-year	0.25

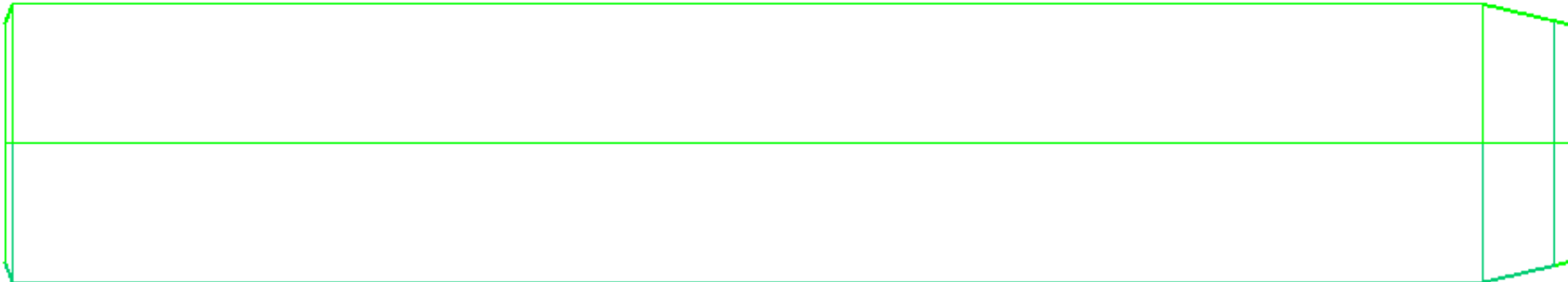
Pemodelan *Pipe Lay Barge*

- Tampak Samping (*Starboard*)



Gambar 4. Model *Pipe Lay Barge* Tampak Samping (*Starboard*)

- Tampak Atas (*Top*)



Gambar 5. Model *Pipe Lay Barge* Tampak Atas (*Top*)

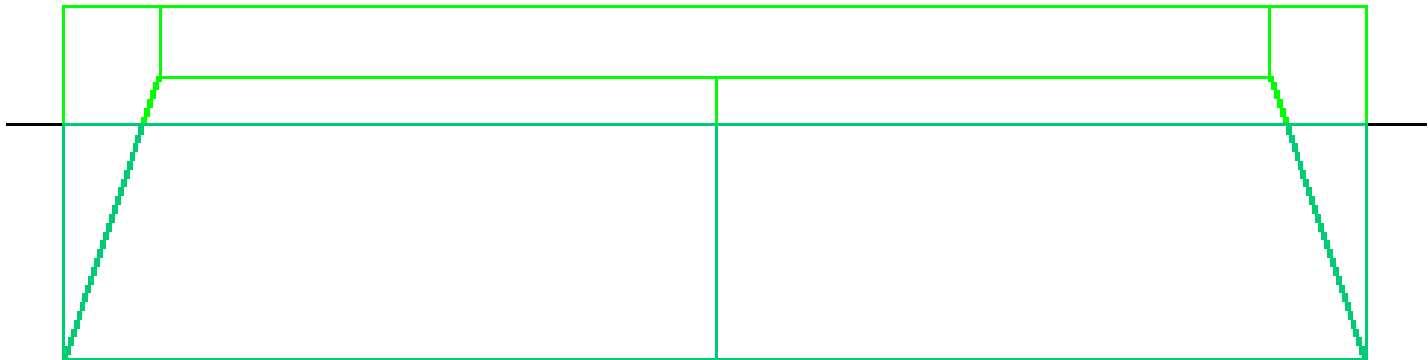
Pemodelan *Pipe Lay Barge*

- Tampak *Isometri*



Gambar 6. Model *Pipe Lay Barge* Tampak Isometri

- Tampak Depan (*Bow*)



Gambar 7. Model *Pipe Lay Barge* Tampak Depan (*Bow*)

Validasi Model

- Validasi Model dilakukan dengan membandingkan beberapa nilai hasil output pemodelan MOSES dengan data yang ada.

Tabel 11. Validasi Model *Pipe Lay Barge*

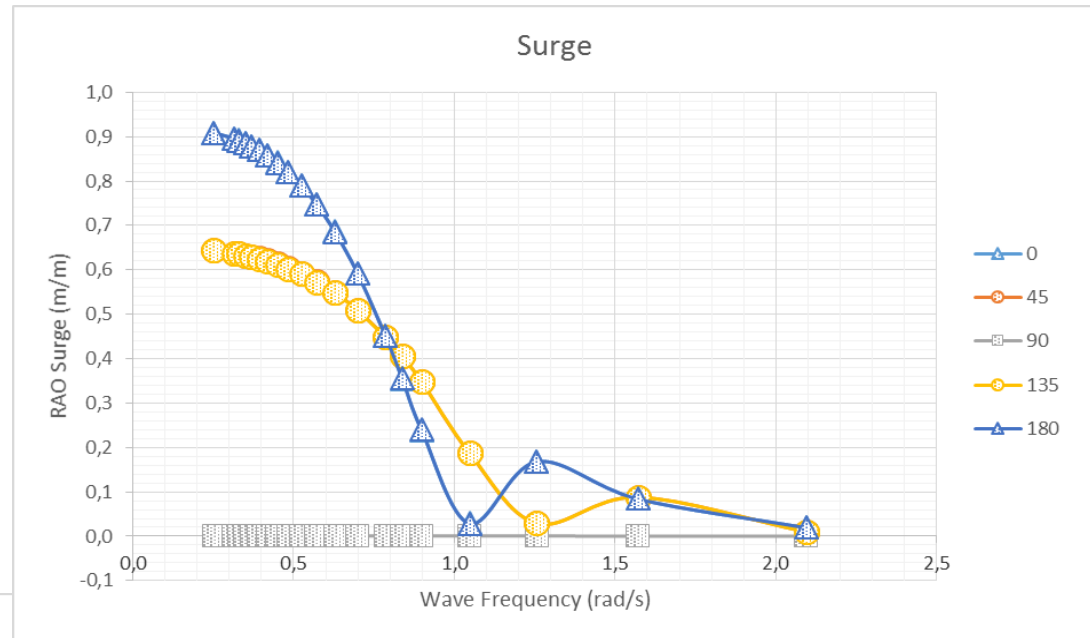
Parameter	Model	Data	Error (%)
Loa (m)	62	62	0
Breadth (m)	11	11	0
Depth (m)	3	3	0
Draft (m)	2	2	0
Displacement (ton)	1348	1344,40	0,27
LCB (m)	30,07a	30,18a	0,37
VCB (m)	1,01	1	0,99

- Berdasarkan IACS, untuk parameter *displacement* maksimal bernilai 2% dan untuk parameter lainnya, bernilai 1%

Analisis Karakteristik Gerak *Pipe Lay Barge* pada Gelombang Reguler (RAO)

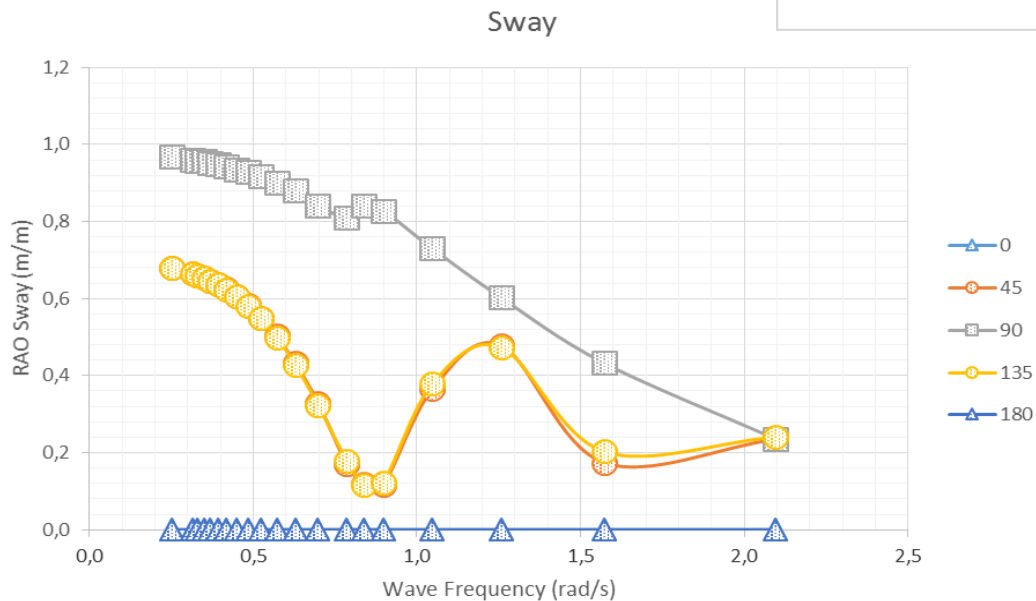
Gambar 8. RAO untuk Gerakan Surge

■ Surge



Gambar 9. RAO untuk Gerakan Sway

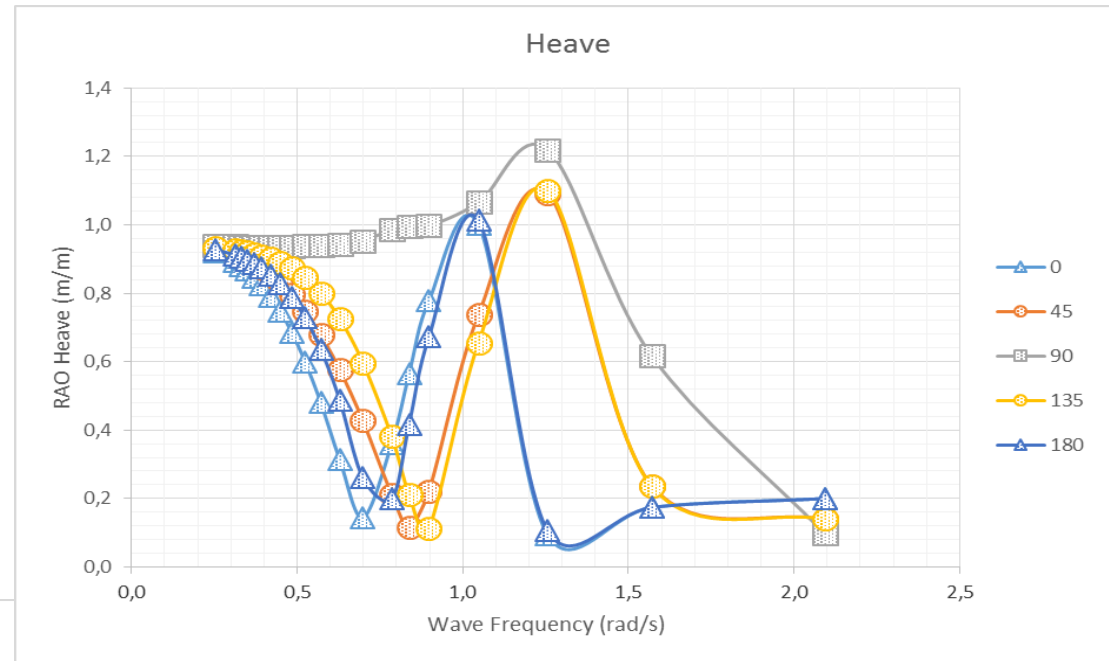
■ Sway



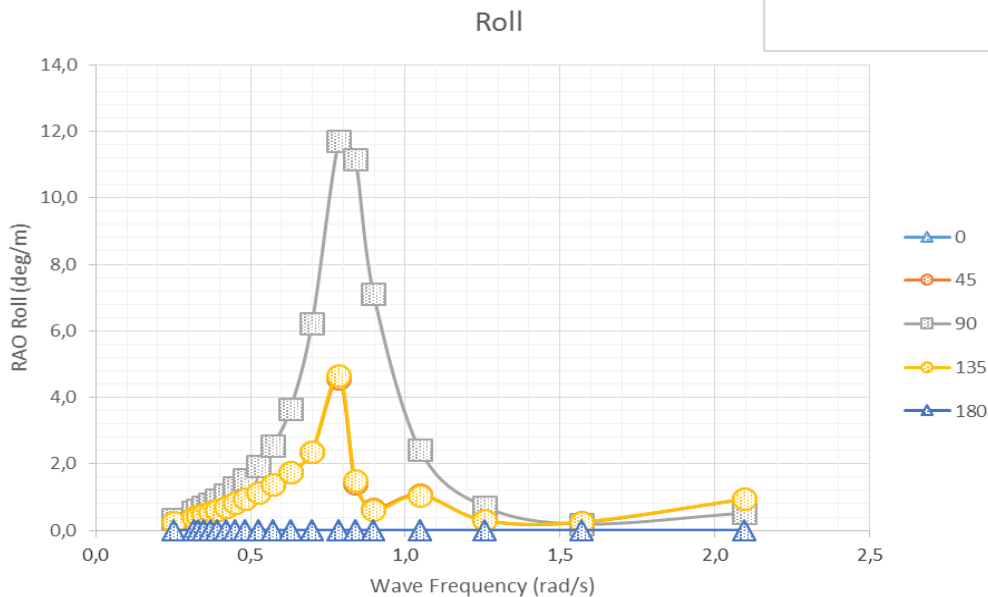
Analisis Karakteristik Gerak *Pipe Lay Barge* pada Gelombang Reguler (RAO) (lanj)

■ *Heave*

Gambar 10. RAO untuk Gerakan *Heave*



Gambar 11. RAO untuk Gerakan *Roll*

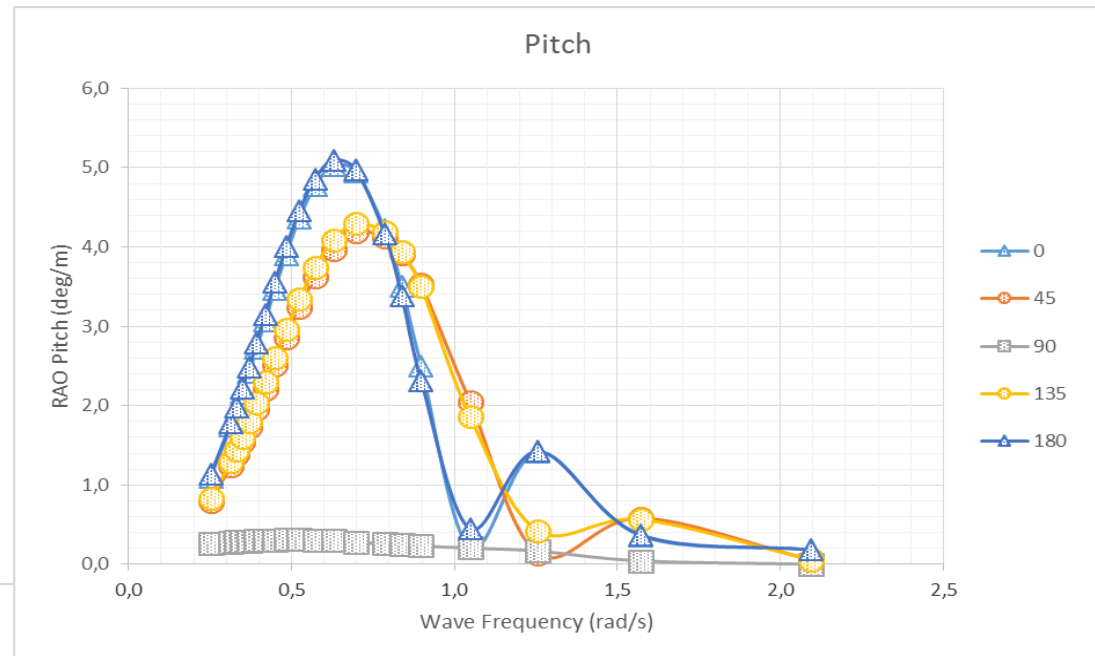


■ *Roll*

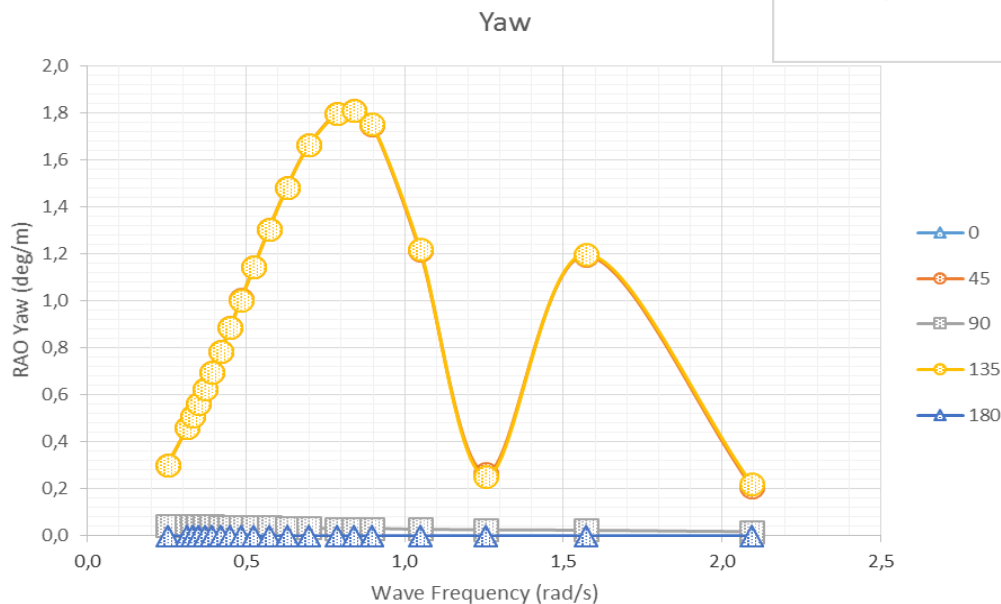
Analisis Karakteristik Gerak *Pipe Lay Barge* pada Gelombang Reguler (RAO) (lanj)

Gambar 12. RAO untuk Gerakan *Pitch*

■ *Pitch*



Gambar 13. RAO untuk Gerakan *Yaw*



■ *Yaw*

Analisis Karakteristik Gerak *Pipe Lay Barge* pada Gelombang Reguler (RAO) (lanj)

■ Rangkuman RAO untuk tiap *heading*

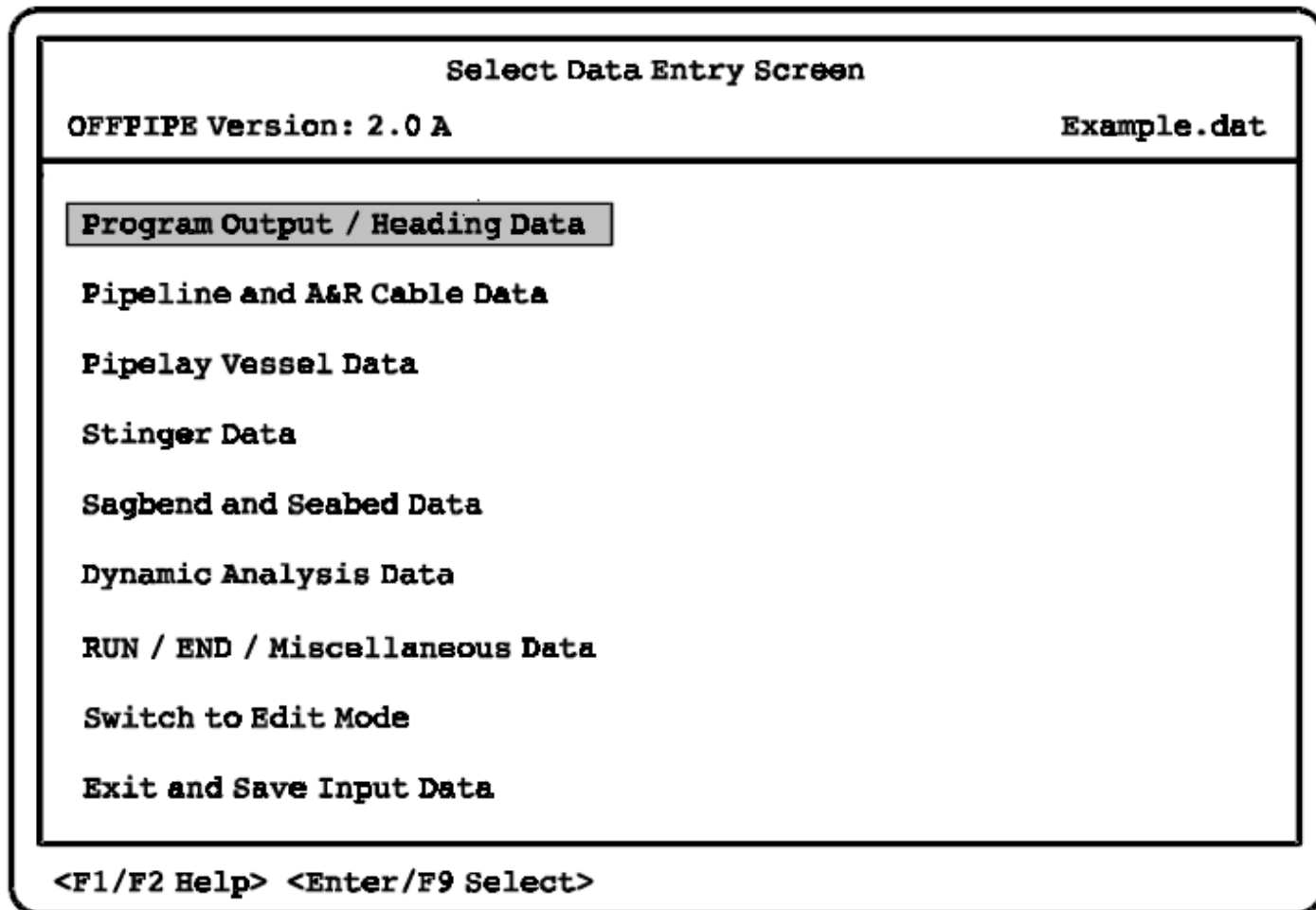
Tabel 12. Rangkuman RAO untuk tiap-tiap *Heading*

Gerakan	Unit	Heading				
		0°	45°	90°	135°	180°
Surge	(m/m)	0.909	0.645	0.001	0.645	0.909
Sway	(m/m)	0	0.679	0.968	0.679	0
Heave	(m/m)	1.001	1.092	1.219	1.101	1.013
Roll	(deg/m)	0	4.57	11.715	4.675	0
Pitch	(deg/m)	5.026	4.189	0.311	4.296	5.097
Yaw	(deg/m)	0	1.81	0.044	1.809	0

Pemodelan *Abandonment and Recovery* di OFFPIPE

- Contoh Tampilan *Software* OFFPIPE

Gambar 14. Contoh Tampilan *Software* OFFPIPE



Pemodelan *Abandonment and Recovery* di OFFPIPE (lanj.)

- Input data properti *pipeline* (*pipeline properties*)
- Input data *barge* beserta koordinat *roller* / tumpuan
- Input data *stinger* beserta koordinat *roller* / tumpuan
- Input data lingkungan
- Input data properti kabel A&R *winch*
- Input RAO hasil dari *software* MOSES
- Input data Spektrum Gelombang yang digunakan (Jonswap)

Pemodelan *Abandonment and Recovery* di OFFPIPE (lanj.)

- Dalam *software* OFFPIPE, proses *abandonment and recovery*, dimodelkan dengan melakukan variasi panjang kabel yang digunakan. Dengan menambah panjang kabel yang digunakan, berarti secara tidak langsung kita sedang melakukan pemodelan proses *abandonment* pada *pipeline* sedangkan jika mengurangi panjang kabel, berarti saat itu sedang dilakukan pemodelan proses *recovery* pada *pipeline*.

Tabel 13. Variasi Panjang Kabel yang Digunakan untuk Simulasi *Abandonment and Recovery*

Case No.	Panjang Kabel (m)	Keterangan
1	24	<i>Pipeline</i> berada di atas roller pertama
2	62	<i>Pipeline</i> berada di hitch (sambungan antara barge dengan stinger)
3	83	<i>Pipeline</i> berada di pertengahan stinger
4	94	<i>Pipeline</i> berada di ujung stinger
5	120	<i>Pipeline</i> berada di pertengahan kedalaman laut
6	147	<i>Pipeline</i> meletak di dasar laut

Pemodelan *Abandonment and Recovery* di OFFPIPE (lanj.)

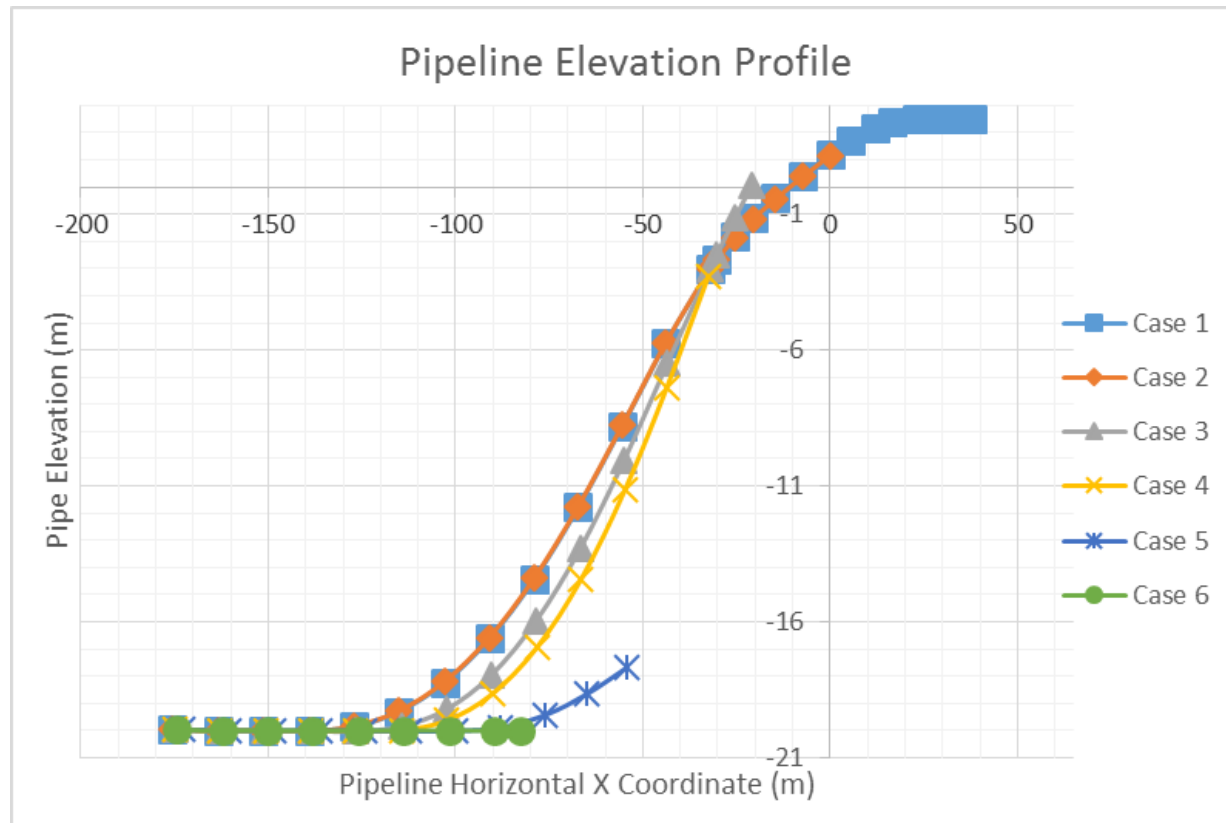
- Setelah menentukan panjang kabel yang digunakan, selanjutnya adalah menentukan skema analisis yang dilakukan. Dalam penelitian ini, analisis *abandonment and recovery* dilakukan dengan 3 variasi jarak ujung *stinger* terhadap permukaan laut.

Tabel 14. Variasi Jarak Ujung *Stinger* terhadap Permukaan Air Laut

No	Jarak Ujung <i>Stinger</i> terhadap Permukaan Laut (m)
1	3
2	4
3	5

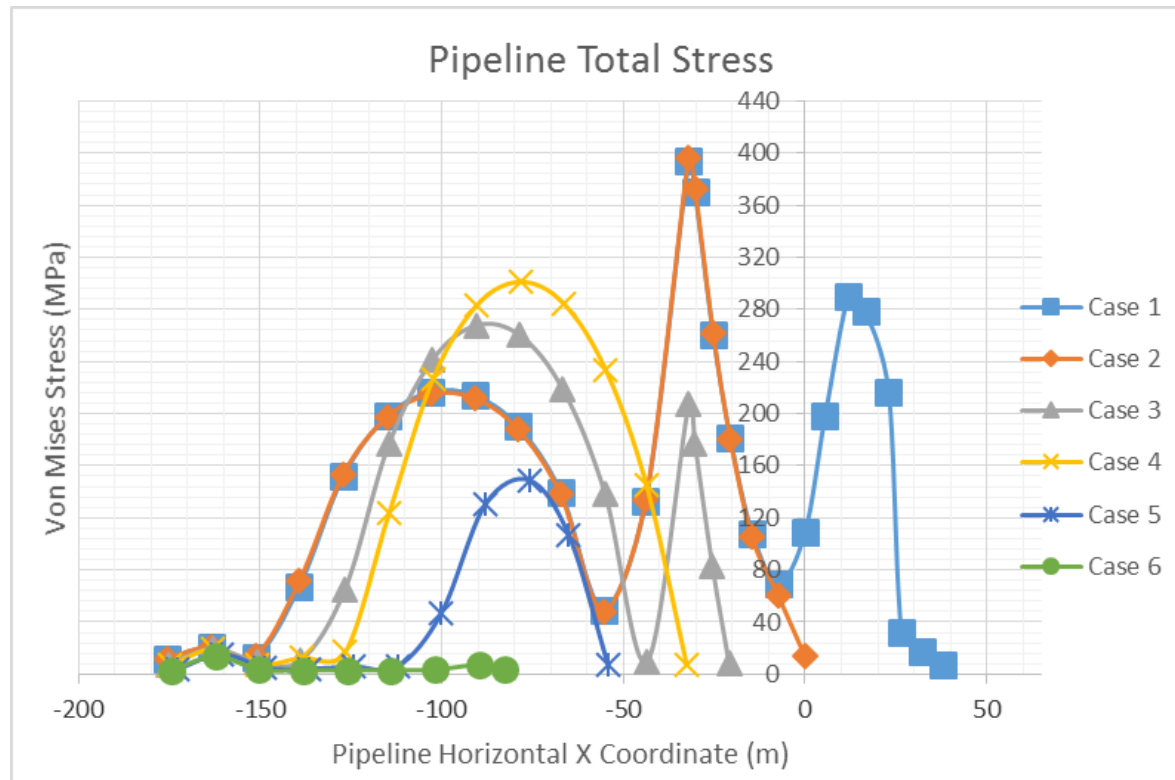
Analisis *Abandonment and Recovery*

- Analisis dinamis dilakukan untuk mengetahui interaksi antara *pipeline* dengan arus dan gelombang selama proses *abandonment and recovery*. Kombinasi arus dan gelombang yang mengenai *pipeline* bisa menyebabkan tegangan pada *pipeline* sehingga analisis dinamis perlu dilakukan.



Gambar 15. Profil *Pipeline* selama Proses *Abandonment and Recovery* (pembebanan arah 0° dan *stinger stern depth* = 3m)

Analisis *Abandonment and Recovery* (lanj.)



Gambar 16. Tegangan Ekuivalen selama Proses *Abandonment and Recovery* (pembebanan arah 0° dan *stinger stern depth* = 3m)

Analisis *Abandonment and Recovery* (lanj.)

Tabel 15. Hasil Perhitungan Tegangan pada *Pipeline* Selama Proses *Abandonment and Recovery*

No	Stinger Stem Depth	Stinger Angle	Wave and Current Direction	Max. Stress at Overbend		Max. Stress at Stinger Tip		Max. Stress at Sagbend	
				Actual	Allowable	Actual	Allowable	Actual	Allowable
-	(m)	(deg)	(deg)	(% SMYS)		(% SMYS)		(% SMYS)	
1	3	8.77	0	103.62	87	110.08	87	83.67	87
2			45	100.99	87	110.69	87	83.67	87
3			90	100.92	87	110.64	87	83.63	87
4			135	100.88	87	110.57	87	83.6	87
5			180	103.5	87	109.94	87	83.66	87
6	4	10.7	0	80.18	87	84.54	87	81.81	87
7			45	78.08	87	85.08	87	81.83	87
8			90	77.88	87	84.9	87	81.79	87
9			135	77.98	87	84.97	87	81.77	87
10			180	80.18	87	84.54	87	81.81	87
11	5	12.57	0	109.31	87	58.97	87	79.8	87
12			45	109.49	87	58.64	87	79.81	87
13			90	109.48	87	59.8	87	79.78	87
14			135	109.49	87	58.54	87	79.75	87
15			180	109.31	87	58.97	87	79.8	87

Analisis *Abandonment and Recovery* (lanj.)

Tabel 16. Rangkuman Hasil Perhitungan Tegangan pada *Pipeline* Selama Proses *Abandonment and Recovery*

No	Stinger Stern Depth	Allowable Stress	Max. Stress at Overbend		Max. Stress at Stinger Tip		Max. Stress at Sagbend	
			Actual	Status	Actual	Status	Actual	Status
-	(m)	(% SMYS)	(% SMYS)		(% SMYS)		(% SMYS)	
1	3	87	103,62	FAIL	110,69	FAIL	83,67	OK
2	4	87	80,18	OK	85,08	OK	81,83	OK
3	5	87	109,49	FAIL	59,8	OK	79,81	OK

Analisis *Local Buckling* Selama Proses *Abandonment and Recovery*

- Analisis *local buckling* ini dilakukan untuk menghindari terjadinya *local buckling* pada *pipeline* yang diakibatkan oleh *bending moment* dan *axial force* yang timbul selama proses *abandonment and recovery*. Nilai *maximum bending moment* dan *maximum axial force* didapat dari *output* pemodelan proses *abandonment and recovery* dengan menggunakan *software OFFPIPE*.

Tabel 17. Nilai *Bending Moment* dan *Axial Force* yang digunakan untuk menghitung *Local Buckling*

No	Stinger Stern Depth	Max. Bending Moment		Max. Axial Force	
		Overbend	Sagbend	Overbend	Sagbend
-	(m)	(kNm)		(kN)	
1	3	1130.93	865.38	330.08	174.82
2	4	860.59	845.86	330.02	174.82
3	5	1117.75	824.3	329.18	174.83

Analisis *Local Buckling* Selama Proses *Abandonment and Recovery* (lanj.)

- Persamaan untuk menghitung *Local Buckling* (DNV OS F101)

$$\left\{ \gamma_m \cdot \gamma_{SC} \cdot \frac{|M_{sd}|}{\alpha_c \cdot M_p(t_2)} + \left\{ \frac{\gamma_m \cdot \gamma_{SC} \cdot S_{sd}(p_i)}{\alpha_c \cdot S_p(t_2)} \right\}^2 \right\}^2 + \left(\alpha_p \cdot \frac{p_i - p_e}{\alpha_c \cdot p_b(t_2)} \right)^2 \leq 1$$

Tabel 18. Material Resistance Factor (DNV OS F101)

Limit State Category	SLS / ULS / ALS	FLS
γ_m	1.15	1.00

Tabel 19. Safety Class Resistance Factor (DNV OS F101)

Safety Class	γ_{SC}
Low	1.04
Normal	1.14
High	1.26

Tabel 20. Rangkuman Hasil Perhitungan *Local Buckling* Selama Proses *Abandonment and Recovery*

No	Stinger Stern Depth	Unity Check		Status	
		Overbend	Sagbend	Overbend	Sagbend
-	(m)				
1	3	1.235	0.721	FAIL	OK
2	4	0.717	0.689	OK	OK
3	5	1.207	0.655	FAIL	OK

Kesimpulan

- Karakteristik gerak *pipe lay barge* pada gelombang reguler untuk gerakan **surge**, nilai terbesar terjadi karena gelombang datang arah 0° & 180° yaitu bernilai **0.91 m/m**. Untuk gerakan **sway**, nilai terbesarnya adalah **0.97 m/m**. Lalu untuk gerakan **heave**, nilai terbesarnya adalah **1.22 m/m**. Sedangkan untuk gerakan **roll**, nilai terbesarnya adalah **11.72 deg/m**. Pada gerakan *sway*, *heave*, dan *roll*, nilai terbesar terjadi karena gelombang datang arah 90° . Kemudian untuk gerakan **pitch** dan **yaw**, nilai terbesarnya berturut-turut yaitu **5.10 deg/m** dan **1.81 deg/m**.
- Selama proses *abandonment and recovery*, **pipeline** mengalami tegangan yang berlebih (**overstress**) pada saat jarak ujung *stinger* terhadap permukaan laut bernilai **3m** dan **5m**. Pada saat jarak ujung *stinger* terhadap permukaan laut bernilai **3m**, tegangan ekuivalen terbesar yang terjadi sebesar **398.49 Mpa (110.69% SMYS)** dan pada saat bernilai **5m**, tegangan ekuivalen terbesar yang terjadi sebesar **394.15 Mpa (109.49% SMYS)**. Sedangkan pada saat jarak ujung *stinger* terhadap permukaan laut bernilai **4m**, **pipeline** tidak mengalami tegangan yang berlebih (**overstress**) karena tegangan ekuivalen terbesar yang terjadi sebesar **306.29 Mpa (85.08% SMYS)**.
- **Local buckling** terjadi pada saat jarak ujung *stinger* terhadap permukaan laut bernilai **3m** dan **5m**, karena nilai **unity check** pada saat **3m** adalah **1.414** dan pada **5m** bernilai **1.382**. Sedangkan pada jarak ujung *stinger* yang bernilai **4m**, tidak terjadi **local buckling**, karena nilai **unity check** untuk perhitungan **local buckling** adalah **0.821** pada **overbend** dan **0.789** pada **sagbend**.

TERIMA KASIH

