

ANALISA TEGANGAN PIPA TERHADAP FIX STINGER PADA SAAT INSTALASI DILAUT DANGKAL AREA TN-DX62r, SAMARINDA

Rizky Olivian Ramadhan¹⁾, Yoyok S. Hadiwidodo²⁾, dan Hasan Ikhwan³⁾

Jurusan Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

E-mail: Rizkyolivianramadhan@gmail.com

Abstrak— Dalam perancangan suatu struktur, baik itu struktur yang berada di darat maupun struktur yang berada dilepas pantai, salah satu hal yang perlu dianalisa adalah melakukan analisa tegangan. Analisa tersebut tidak hanya digunakan pada struktur bangunan saja, namun juga meliputi kemampuan struktur pipeline untuk memenuhi tujuan desain yang telah ditetapkan sejak awal, termasuk tegangan pada pipeline. . Tugas akhir ini akan dilakukan analisa untuk mengetahui tegangan yang terjadi pada pipa saat proses instalasi akibat dari perilaku fix stinger dengan menggunakan metode S-Lay. Saat instalasi pipa akan mengalami berbagai beban yang dapat mengakibatkan kegagalan. Karena itu diperlukan analisa untuk menghitung besar tegangan pada pipa saat instalasi. Dalam menganalisa tegangan pada pipa menggunakan bantuan software OFFPIPE dan untuk menganalisa arah gerakan barge menggunakan bantuan software MOSES untuk mengetahui besar tegangan pada pipa saat instalasi. Analisa dilakukan dengan variasi kedalaman 6 dan 10 meter dan menggunakan arah pembebanan 0°, 45°, 90°, 135°, 180.° Dari hasil analisa dengan OFFPIPE didapatkan tren tegangan (stress) maksimum pada laybarge sebesar 75.02% dan pada stinger sebesar 50.53% pada kedalaman 10 meter. Dari kedua hasil tersebut diketahui bahwa system telah aman karena besar tegangan yang terjadi tidak melampaui batas tegangan yang diijinkan oleh DnV OS 101 “Submarine Pipeline System” sebesar 87% SMYS.

Kata Kunci— Metod S-lay, Beban pada perpipaan, Respon Pipa

I. PENDAHULUAN

Pertama kali pipeline dibangun di amerika tahun 1859 untuk menstransportasikan minyak mentah. Dalam satu setengah abad penggunaan pipeline, industri migas telah membuktikan bahwa pipe line adalah modal transportasi yang paling ekonomis untuk transportasi migas. Dalam perancangan suatu struktur, baik itu struktur yang berada di darat maupun struktur yang berada dilepas pantai, salah satu hal yang perlu dianalisa adalah melakukan analisa kelelahan. Analisa tersebut tidak hanya digunakan pada struktur bangunan saja, namun juga meliputi kemampuan suatu pipe line / struktur untuk memenuhi tujuan desain yang telah ditetapkan sejak awal, termasuk disini adalah analisa kelelahan pada pipeline.

Terdapat beberapa point yang harus dipertimbangkan dalam proses permodelan, termasuk salah satunya yaitu metode instalasi yang akan digunakan. Pemilihan metode yang digunakan

tergantung pada kondisi lingkungan dan perilaku sistem instalasi pipa yang mendapatkan berbagai beban selama instalasi dan dapat berakibat pada kegagalan. Beban tersebut dapat berasal dari gerakan *laybarge*, tekanan hidrostatik, *tension* serta *bending*.

Analisa yang dilakukan pada saat proses instalasi ditujukan untuk mengestimasi minimum *bending stress* yang terjadi pada daerah kritis agar sesuai dengan kriteria desain. Dalam proses instalasi pipa atau *pipelaying*, *pipeline* mendapat beban hidrodinamis secara langsung mengenai pipa, yaitu berupa gaya *drag* dan *internal force* ataupun secara tidak langsung, yaitu melalui gelombang atau arus yang menyebabkan gerakan pada *barge*. Beban tersebut dapat menyebabkan peningkatan tegangan pada pipa yang menggantung antara *laybarge* dan *seabed*. Maksimum *bending stress* pada *pipeline* sangat sensitive terhadap tiga gerakan *laybarge*, yaitu antara lain gerakan *surge*, *heave* dan *pitch*.

Untuk itu diperlukan analisa dinamis untuk memperhitungkan besar tegangan yang terjadi pada pipa tersebut selama instalasi. Analisa tegangan yang terjadi pada *pipeline* saat proses instalasi akibat dari perilaku *stinger*. Sedangkan metode instalasi yang diamati ialah metode S-Lay.

Dalam melakukan analisa tegangan pipa tersebut dilakukan dengan bantuan *software* yaitu *software OFFPIPE*, dan hasil yang didapatkan adalah variasi tegangan pipa yang terjadi selama kurun waktu tertentu dan pada kedalaman tertentu. Mengingat pentingnya hal tersebut, maka dilakukanlah penelitian ini.

II. URAIAN PENELITIAN

A. Studi Literatur

Penelitian ini dilakukan dengan pengumpulan data dan bahan-bahan dari sumber pustaka dan studi literatur dari sumber pustaka berupa buku, jurnal, dan laporan penelitian yang berkaitan dengan analisa tegangan pada pipa saat instalasi khususnya dengan menggunakan metode S-lay.

B. Pengumpulan dan Pengolahan Data

Pada analisis ini pengumpulan dan pengolahan data yang digunakan adalah menggunakan data pipa dan data lingkungan. Untuk pengolahan data dilakukan dengan menghitung berat pipa dan properti lain yang dibutuhkan dari pipa yang akan digunakan untuk perhitungan pembebanan seperti massa pipa, dll. Kemudian menentukan teori gelombang yang akan digunakan untuk mendapatkan kecepatan partikel air dan variable-variabel hidrodinamik lainnya. Setelah mendapatkan variable-variabel tersebut maka dapat dilakukan analisis dan input pada *software* yang

digunakan.

C. Analisa RAO pada barge

Melalui analisa RAO pada barge, dapat diketahui respon gerakan yang terjadi pada barge dan gerakan-gerakan apa saja yang mempengaruhi barge saat instalasi. Analisa fatigue yang dilakukan pada barge adalah analisa kelelahan yang diakibatkan oleh gelombang. Analisa kelelahan (*fatigue*), dan umumnya analisa *fatigue* dilakukan sebagai *time domain analysis*. Dimana analisa tersebut mempertimbangkan beban gelombang yang mengenai pipa dan perilaku dari *laybarge* yang dikarakteristikan oleh *Response Amplitude Operator* (RAO).

D. Analisa Pembebanan Pada pipa

Analisa pembebanan pada pipa dilakukan untuk mengetahui berapa besar tegangan pada pipa akibat beban yang diterima pipa karena properti dan perlakuan pada pipa itu sendiri. Pemodelan ini dilakukan dengan menghitung berapa berat pipa saat akan diinstalasi dan pengaruh dari faktor lain saat pipa akan diinstal. Pembebanan tersebut meliputi berat total pada pipa, momen inersia pada pipa, bouyancy, berat pipa tercelup, dsb. Melalui perhitungan ini akan didapatkan nilai pembebanan yang terjadi pada pipa sehingga beban pipa dapat diketahui.

E. Analisa Pembebanan Gelombang

Analisa pembebanan gelombang dilakukan dengan menentukan teori gelombang yang digunakan untuk memperoleh kecepatan gelombang dan variable-variable lainnya. Data gelombang yang diperoleh merupakan data SNI pada tahun 2010. Analisa pembebanan gelombang dilakukan dengan memvariasikan gelombang pada beberapa periode, yaitu dengan periode 1 tahun, 10 tahun, dan 100 tahun. Dari data gelombang tersebut dapat dilakukan analisa perhitungan yang dibutuhkan untuk mengetahui beban yang terjadi pada pipa akibat gelombang tersebut dan untuk input data pada software.

F. Kesimpulan

Kesimpulan dapat ditarik dari hasil analisa yang telah dibuat.

III. HASIL DAN DISKUSI

A. Deskripsi sistem

Secara garis besar penyelesaian ini akan membahas tentang tegangan yang terjadi pada pipa saat instalasi menggunakan metode S-lay. Data pipa yang diperoleh adalah data pipa milik PT. Onasis Indonesia. Menurut data yang diperoleh, Pipa memiliki diameter 8 inch dan pipa ini akan diinstal pada laut dangkal dengan kedalaman 10 meter, dengan panjang barge 54m dan panjang stinger 12 meter. Dengan data-data yang ada analisa pembebanan dan analisa tegangan dapat dihitung dengan metode-metode yang ada guna mendapatkan hasil dan besar tegangan yang terjadi pada pipa dan mengetahui gaya-gaya apa saja yang bekerja pada pipa saat instalasi dari barge, stinger dan sagbend. Untuk mengetahui besar tegangan dan gaya yang bekerja pada pipa dilakukan analisa statis terlebih

dahulu, dan setelah mendapatkan hasil dari analisa statis tersebut dapat dikombinasikan dengan arah gerakan pada barge.

B. Analisa Pembebanan Pada Pipa

Analisa pembebanan pada pipa dilakukan untuk mengetahui, pembebanan yang terjadi pada pipa saat instalasi. dilakukan beberapa langkah seperti perhitungan properti pipa dan perhitungan kecepatan partikel. Di bawah ini adalah data lingkungan yang diperoleh dari PT. Onasis Indonesia:

Tabel 3.1 Data Arus dan Gelombang

R (years)	Hs (m)	Ts (second)	Hmax (m)
1	1.2	6.531	3.7
5	1.3	7.326	3.8
10	1.7	7.974	4
100	2.4	9.873	4.8
Current Speed			
at 90% Water depth		m/s	0.42
at 100% Water depth		m/s	0.24

Perhitungan properti pipa dilakukan agar mengetahui variable-variabel yang akan digunakan untuk analisis tegangan pada pipa saat instalasi. Adapun perhitungan properti pipa terdapat pada tabel berikut ini:

Tabel 3.2 Perhitungan Properti Pipa

Parameter	Simbol	Persamaan	Nilai	Satuan
Diameter Internal	D_i	$D - 2t$	202.71	mm
Diameter Corrosion Coating	D_{coat}	$D + 2t_{coat}$	224.07	mm
Diameter Concrete Coating	D_{conc}	$D_{coat} + 2t_{conc}$	295.07	mm
Massa pipa (tanpa coating)	w_1	$(p (D^2 - D_i^2) r_{st}) / 4$	42.3325	kg/m
Massa Corrosion Coating	w_2	$(p (D_{coat}^2 - D^2) r_{coat}) / 4$	2.29241	kg/m
Massa Concrete Coating	w_3	$(p (D_{conc}^2 - D_{coat}^2) r_{conc}) / 4$	88.0759	kg/m
Berat Total	w_t	$(w_1 + w_2 + w_3 + w_4) g$	1300.4685	N/m
Bouyancy	F_{buoy}	$(p D_{conc}^2 r_{sw} g) / 4$	685.54611	N/m
Berat pipa tercelup	w_{sub}	$w_t - F_{buoy}$	613.9223	N/m

Momen Inersia Pipa	I_{st}	$(p(D^4 - D_i^4)) / 4$	0.0030	m^4
Momen Inersia Concrete	I_{conc}	$(p(D_{conc}^4 - D_{coat}^4)) / 4$	0.0002	m^4
Modulus young concrete	E_{conc}	$10000.f_{conc}^{0.3}$	22	GPa

Setelah melakukan perhitungan properti pipa, langkah selanjutnya adalah menghitung variable-variabel hidrodinamika. Perhitungan variable hidrodinamika yang dimaksud adalah perhitungan kecepatan partikel kurun waktu 1 tahun dan 100 tahun serta perhitungan gaya hidrodinamis. Perhitungan untuk langkah ini akan dijelaskan pada tabel berikut ini:

Tabel 3.3 Perhitungan Gelombang dan Arus

Parameter	Simbol	Periode ulang 1 tahun	Periode ulang 100 tahun	Satuan
Nomor Gelombang	k	0.0944	0.0615	
Angular Wave frequency	s	0.9617	0.6360	
Kecepatan partikel gelombang	U_z	0.14018	0.61350	m/s
Kecepatan efektif gelombang	U_w	0.13653	0.59752	m/s
Current Reduction factor	R_c	1	1	
Kecepatan partikel arus	U_c	0.33	0.33	m/s

Setelah menghitung kecepatan gelombang dan arus maka dapat dihitung rasio kecepatan yang digunakan untuk interpretasi diperlukan atau tidaknya analisa fatigue.

$$\bar{\alpha} = \left(\frac{U_{c,100year}}{U_{w,1year} + U_{c,100year}} \right)$$

Dimana α adalah rasio kecepatan arus

Sesuai perhitungan diatas bahwa nilai $\alpha > 2/3$, maka hasil tersebut sudah memenuhi persyaratan dan tidak perlu dilakukan analisa fatigue akibat gelombang.

C. Analisa RAO Pada Barge

Untuk dapat mengetahui arah gerakan barge perlu dilakukan analisa RAO pada barge dan data kapal diperoleh dari PT. Onsis Indonesia.

Tabel 3.5 Data Barge

Deskripsi	Unit
Panjang (LOA)	54,684m

Lebar	18,349m
Tinggi	8,394m
syarat air	2m
Displacement	
Lightship	603,9 ton
Full load	1162 ton
COG	
LCG	26,168
VCG	2,830
TCG	-0,162

Dengan adanya data barge dapat dimodelkan model barge menggunakan software MOSES. Struktur laybarge dimodelkan tanpa mooring pemodelan hanya berupa crane barge saja. Dari hasil permodelan barge didapatkan RAO motion dan wave drift dari laybarge tanpa mooring untuk arah $0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ$ dan 180° dalam gerak surge, heave, sway, roll, pitch, dan yaw. Hasil ini akan digunakan untuk mendapatkan respon dari laybarge. Sedangkan untuk karakteristik gerakan untuk masing-masing arah pembebanan (heading) dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Head seas ($\mu = 0^\circ$ dan 180°)

Untuk 0° dan 180° memiliki karakteristik gerakan yang hampir sama. Gerakan translasi yang signifikan adalah surge dan heave. Pada periode besar ($T = 25$ s) menunjukkan respon yang besar. Respon terus menurun seiring dengan berkurangnya nilai periode dan untuk gerak rotasi yang signifikan adalah gerak pitch.

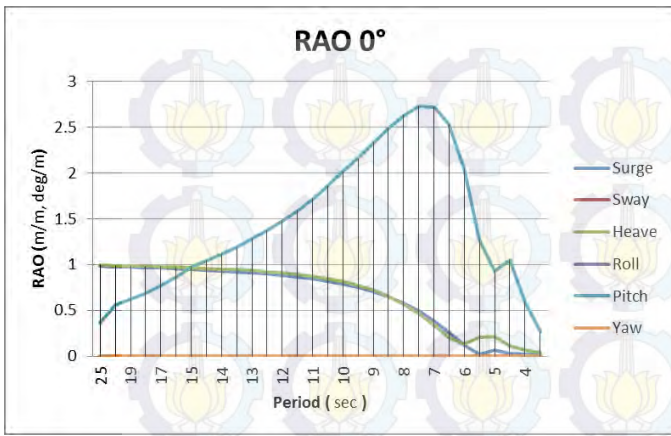
2. Beam seas ($\mu = 90^\circ$)

Pada 90° gerakan translasi signifikan adalah sway dimana untuk periode ($T = 25$ s) menunjukkan respon yang besar pada struktur, sedangkan heave respon terbesar yang terjadi pada periode ($T = 5.5$ s). Untuk kondisi beam seas. Sedangkan gerak surge sangat kecil sekali. Untuk rotasi yang dominan adalah gerak roll.

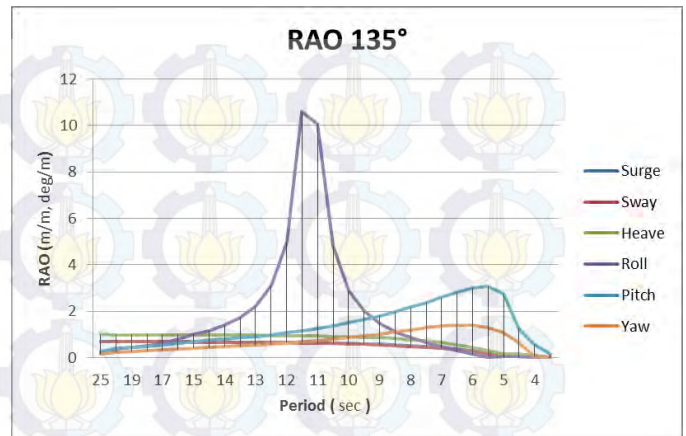
3. Quartering seas ($\mu = 45^\circ$ dan 135°)

Pada arah pembebanan 45° dan 135° semua gerakan terjadi baik pada gerak translasi maupun rotasi. Dimana gerak translasi memperlihatkan tren yang sama. Dimana respon terbesar diakibatkan oleh gerakan heave. Struktur mengalami respon yang signifikan pada saat periode ($T = 25$ s). Sedangkan untuk gerak rotasi terjadi perbedaan yang signifikan pada gerak roll untuk arah 45° dan 135° .

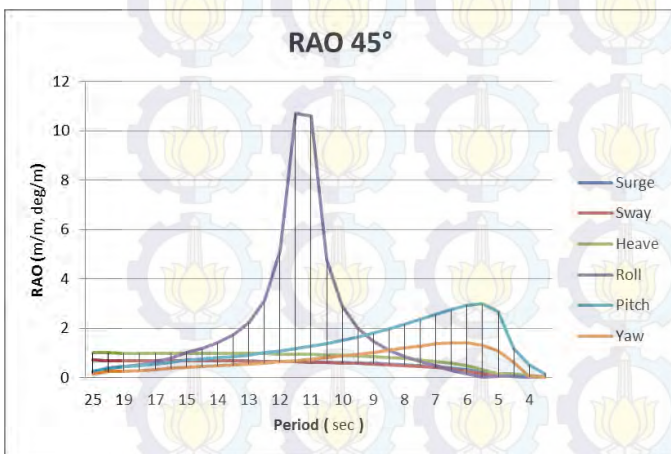
Dari permodelan laybarge melalui software MOSES didapatkan RAO motion dari laybarge yang terdiri dari 6 derajat kebebasan, yaitu: surge, heave, sway, roll, pitch, dan yaw untuk tiap-tiap heading dari arah $0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ$ dan 180° . Hal ini seperti terlihat dalam grafik-grafik di bawah ini:



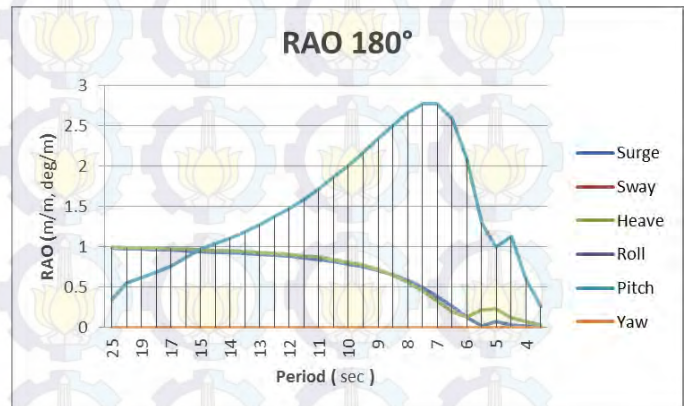
Gambar 3.1 Grafik RAO arah 0°



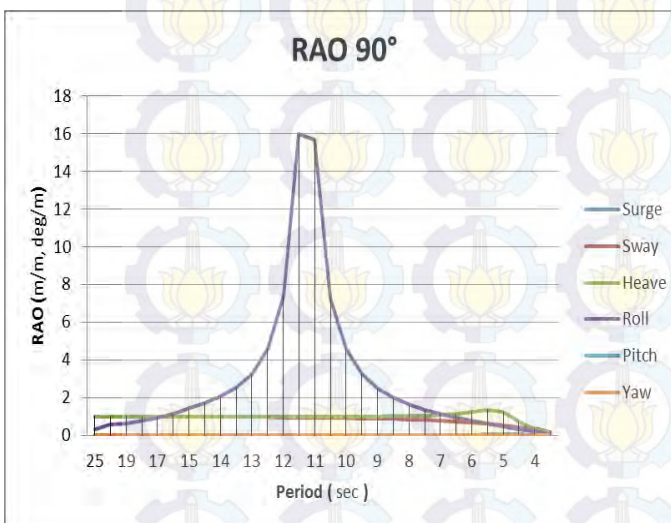
Gambar 3.4 Grafik RAO arah 135°



Gambar 3.2 Grafik RAO arah 45°



Gambar 3.6 Grafik RAO arah 180°



Gambar 3.3 Grafik RAO arah 90°

D. Analisa Tegangan Pipa

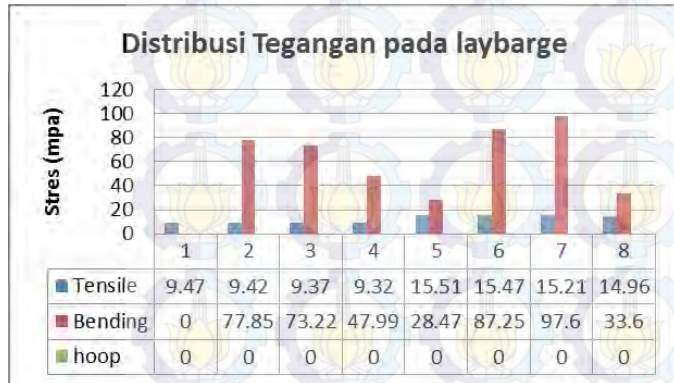
Dalam analisa ini juga perlu diperhatikan besar tegangan yang terjadi selama proses instalasi. Tegangan pipa yang terjadi di mulai pada daerah *overbend* dan *sagbend*. Daerah *overbend* saat pipa masih berada di atas *laybarge* sampai *stinger* (kecuali titik *roller* terakhir pada *stinger*), sedangkan daerah *overbend* mulai titik *roller* terakhir pada *stinger* hingga pipa menyentuh titik *touchdown* pada *seabed*.

Berdasarkan permodelan sistem instalasi yang telah dilakukan seperti memodelkan *laybarge*, *stinger*, dan *properties* pipa serta memasukkan data lingkungan seperti kedalaman laut. Variasi kedalaman laut dibagi menjadi 2 *case* yaitu 6 dan 10 meter.

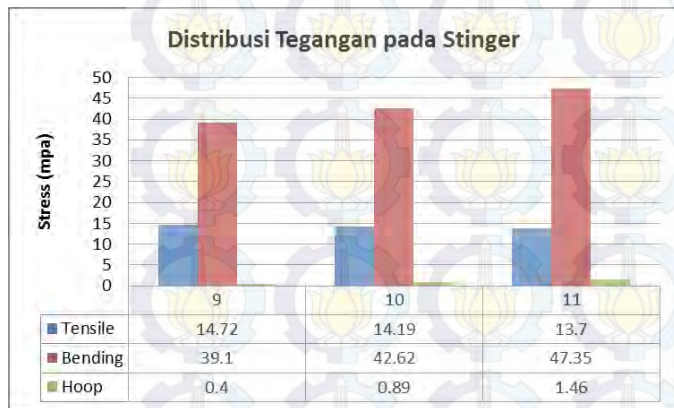
1. Case 6 meter:

Respon dari pipa pada *case* I yaitu pada kedalaman 6 meter menunjukkan tren perbedaan tegangan yang terjadi pada saat pipa berada pada *laybarge*, *stinger*, dan daerah *sagbend*. Kondisi maksimum terjadi pada pipa berada di titik terakhir pada *stinger* (awal permulaan pada daerah *sagbend*). Adanya gerakan osilasi *heave*, *sway*, dan *pitch* pada *laybarge* memberikan respon yang cukup besar terhadap pipa terutama pada awal permulaan daerah *sagbend* (titik terakhir pada *stinger*).. Pada permodelan sistem

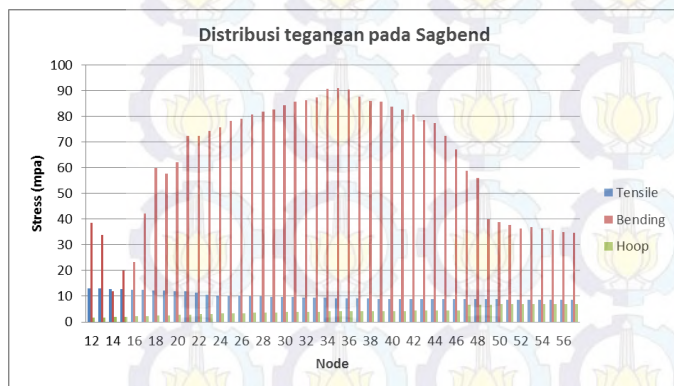
instalasi pada kedalaman laut 6 meter didapatkan hasil distribusi tegangan pada *laybarge*, *stinger*, dan *sagbend*. Tegangan paling besar terjadi pada *laybarge section 7* sebesar 73,89%. Dan dengan distribusi gaya yg bekerja sebagai berikut:



Gambar 3.7 Distribusi tegangan pada lay barge



Gambar 3.8 Distribusi tegangan pada Stinger

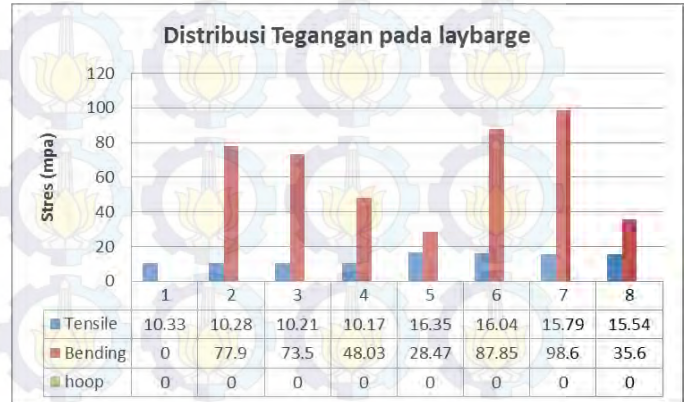


Gambar 3.9 Distribusi tegangan pada Sagbend

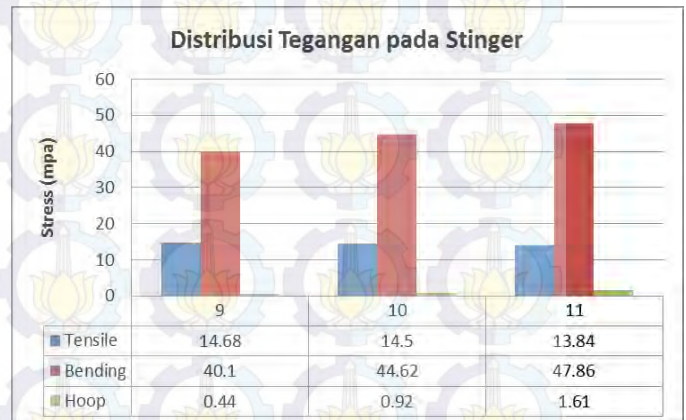
2. Case 10 meter

Respon dari pipa pada case II yaitu pada kedalaman 10 meter menunjukkan tren perbedaan tegangan yang terjadi pada saat pipa berada pada *laybarge*, *stinger*, dan daerah *sagbend*. Kondisi maksimum terjadi pada pipa berada di titik terakhir pada *stinger* (awal permulaan pada daerah *sagbend*). Adanya gerakan osilasi *heave*, *sway*,

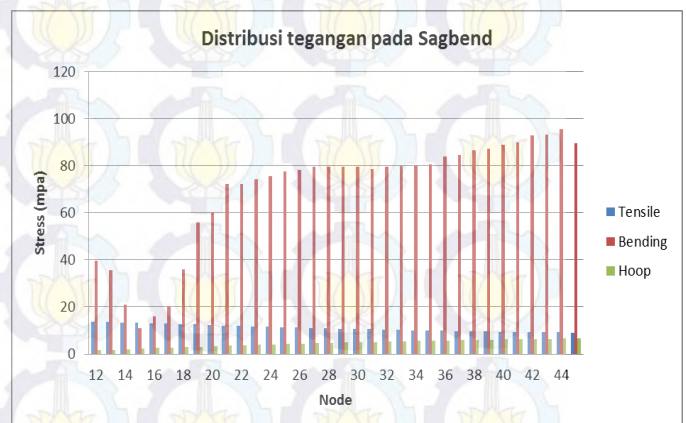
dan *roll* pada *laybarge* memberikan respon yang cukup besar terhadap pipa terutama pada awal permulaan daerah *sagbend* (titik terakhir pada *stinger*). Pada permodelan sistem instalasi pada kedalaman laut 10 meter didapatkan hasil distribusi tegangan pada *laybarge*, *stinger*, dan *sagbend*. Tegangan paling besar terjadi pada *laybarge section 7* sebesar 75.02%, dengan gaya yang bekerja sebagai berikut:



Gambar 4.0 Distribusi tegangan pada lay barge



Gambar 4.1 Distribusi tegangan pada Stinger



Gambar 4.2 Distribusi tegangan pada Sagbend

IV. KESIMPULAN/RINGKASAN

Melalui proses analisa dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Gerakan osilasi dari *laybarge* yang paling berpengaruh terhadap terjadinya tegangan (*stress*) pada pipa yaitu gerakan *heave*, *surge* dan *Pitch*. Gerakan osilasi ini mempunyai nilai dominan amplitude sebesar untuk *heave* 0,997m/m dan untuk *surge* 0,987m/m, dan untuk *pitch* 0,359 deg/m pada arah pembebanan gelombang 0^0 dan 180^0 .
2. Tegangan pipa yang terjadi untuk tiap-tiap variasi kedalaman mempunyai tren tegangan yang hampir sama. Tegangan terbesar terjadi di titik ke-2 pada *stinger*
3. Dari hasil analisa yang telah dilakukan untuk mendapatkan distribusi tegangan pada system didapatkan bahwa pada *case I* dan *case II* yaitu pada kedalaman 6 meter, pipa mendapatkan tegangan sebesar 73.89% pada *laybarge* dan 48.80% pada *stinger*. Pada kedalaman 10 meter, pipa mendapatkan tegangan sebesar 75.02% pada *laybarge* dan 50.53% pada *stinger*. Pada saat kondisi dinamis untuk kelima arah pembebanan pipa masih tetap aman (tegangan yang terjadi di bawah 87% dari SMYS).

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Allah SWT yang telah memberikan kelancaran dalam pengerjaan skripsi ini. Terima kasih kepada orang tua dan keluarga saya yang telah memberikan dukungan moril dan materiil. Terima kasih kepada jurusan Teknik Kelautan ITS yang telah memberikan ilmunya kepada saya. Terima kasih kepada Bapak Yoyok S. Hadiwidodo dan Bapak Hasan Ikhwan selaku dosen pembimbing yang telah membimbing dalam seluruh pengerjaan skripsi, dan rekan-rekan yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini, serta semua orang-orang tersayang yang telah memberikan doa-doanya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Guo, B., (2005). **Offshore Pipelines**. Gulf Professional Publishing, Burlington: USA.American Petroleum Institute.
- [2] Guo, B., (1999). **Design, Construction, Operation, and Maintenance of Hydrocarbon Pipelines (Limit State Design)**. Recommended Practice RP 1111.
- [3] Bai, Y., (2001), **Pipeline and Riser**, Elsevier Ocean Engineering Book Series, Volume 3.
- [4] Bhattacharyya, R., (1972), **Dynamic of Marine Vehicles**, New York: John Wileys & Sons.

- [5] Braskoro, S., Dronkers, T., Van Driel, M., (2004), **“From Shallow to Deep Implication for Offshore Pipeline Design”**, Komunitas Migas Indonesia.
- [6] Chakrabarti, S.K., (1987), **Hydrodynamic of Offshore Structure**, Berlin: Computational Mechanics Publ.
- [7] Mouselli, AH., (1981), **Offshore Pipeline Design, Analysis, and Methods**. Oklahoma: Pennwell Books.
- [8] Syarifudin, I., (2007), **“Analisa Tegangan Pipa Bawah Laut Akibat Gerakan Lay-Barge Berdasarkan Time Domain Saat Laying”**, Tugas Akhir Jurusan Teknik Kelautan.
- [9] Trihatmojo, B., (1999), **Teknik Pantai**, Yogyakarta: Beta Offset.