



TUGAS AKHIR – (MO184804)

Analisis Proses *Lifting* dan Lowering Pada Reparasi *Pipeline* Metode *Above Water Tie-in*

RAMADHANI SATYA PERDANA

NRP. 04311540000082

Dosen Pembimbing :

Ir. Imam Rochani, M.Sc.

NIP. 195610051984031004

Ir. Handyanu, M.Sc., Ph.D.

NIP. 196307281988031001

DEPARTEMEN TEKNIK KELAUTAN

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2019



FINAL PROJECT – (MO184804)

Analysis of Lifting and Lowering Process on Above Water Tie-in Pipeline Repair Method

RAMADHANI SATYA PERDANA

NRP. 0431154000082

Supervisors :

Ir. Imam Rochani, M.Sc.

NIP. 195610051984031004

Ir. Handyanu, M.Sc., Ph.D.

NIP. 196307281988031001

OCEAN ENGINEERING DEPARTMENT

Faculty of Marine Technology

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2019

Analisis Proses Lifting dan Lowering Pada Reparasi Pipeline Metode Above Water Tie-in

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada Program Studi S-1 Departemen Teknik Kelautan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

RAMADHANI SATYA PERDANA

NRP. 04311540000082

Disetujui oleh :

1. Ir. Imam Rochani, M.Sc.(Pembimbing 1)
2. Ir. Handyanu, M.Sc., Ph.D.(Pembimbing 2)
3. Dr.Eng. Yeyes Mulyadi, S.T., M.Sc.(Penguji 1)
4. Nur Syahroni, S.T., M.T., Ph.D.(Penguji 2)
5. Sholihin, S.T., M.T.(Penguji 3)

SURABAYA, JULI 2019

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

Analisis Proses *Lifting* dan *Lowering* Pada Reparasi *Pipeline* Metode *Above Water Tie-in*

Nama : Ramadhani Satya Perdana
NRP : 04311540000082
Departemen : Teknik Kelautan – FTK ITS
Dosen Pembimbing : Ir. Imam Rochani, M.Sc.
Ir. Handayanu, M.Sc., Ph.D.

ABSTRAK

Tugas Akhir ini membahas mengenai analisis terhadap proses *lifting* dan *lowering* pada reparasi pipeline dengan metode *above water tie-in* dengan menggunakan bantuan *davit lift* dan *lifting buoy*. Analisis ini dilakukan karena pada umumnya metode *above water tie-in* ini digunakan hanya untuk operasi reparasi *pipeline* di kedalaman kurang dari 50 m, sedangkan pada studi kasus kali ini kedalaman mencapai 77 m. Analisis ini dilakukan dengan menggunakan software *MOSES 7.10* untuk mengetahui perilaku gerakan *lifting barge* pada kondisi tertambat. Yang kemudian hasil simulasinya akan digunakan sebagai input untuk pemodelan proses *lifting* dan *lowering* dengan menggunakan software *ORCAFLEX 9.2*. pada penelitian kali ini digunakan 2 arah pembebanan yaitu 45° dan 90°, dengan 6 *davit lift* dan 9 *lifting buoy* di masing-masing bagian (*bow & stern*). Pada penelitian ini dilakukan analisis terhadap tegangan pada pipa, tegangan pada *davit lift*, dan besar perpindahan kedua ujung pipa secara horizontal. Pada pemodelan yang telah dilakukan hasil *maximum von mises stress* yang terjadi masih memenuhi batas yang ditentukan dalam kriteria (0,87 SMYS). Tegangan pada proses *lifting* terbesar terjadi di bagian buritan dengan arah pembebanan 90° sebesar 333,95 MPa. Sedangkan pada proses *lowering* tegangan maksimum terjadi pada arah pembebanan 90° pada bagian buritan dengan nilai 320,32 MPa .

Kata Kunci : *Pipeline, Davit Lift, Buoyancy Tank, Above Water Tie-in*

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

Analysis of Lifting and Lowering Process on Above Water Tie-in Pipeline Repair Method

Name : Ramadhani Satya Perdana
Reg. Number : 04311540000082
Department : Teknik Kelautan – FTK ITS
Supervisors : Ir. Imam Rochani, M.Sc.
Ir. Handayanu, M.Sc., Ph.D.

ABSTRACT

This Final Project discusses the analysis of the lifting and lowering process of pipeline repair with the above water tie-in method by using davit lift and lifting buoy to help the process. This analysis is carried out because in general, above water tie-in method is used only for pipeline repair operation with 50 m or less of water depth. While in this case study, the depth reaches 77 m. This analysis was carried out using MOSES 7.10 software to determine the behavior of lifting barge movement in moored conditions. Then the simulation results will be used as input for modeling the lifting and lowering process using ORCAFLEX 9.2 software. This analysis used 2 direction of loading (45° and 90°) with 6 davit lifts and 9 lifting buoys in each section (bow and stern). This analysis identifies the stress on the pipe, tension of the davit lift, and the horizontal displacement of the pipeline two ends. In the modelling that has been done, the maximum von mises stress result that occur still meet with the limits specified in the criteria (0,87 SMYS). The maximum stress occurs in the stern section with 90° of loading direction with a value of 333,95 MPa . while the maximum stress in the lowering process occurs in the 90° loading direction in the stern section with value of 320,32 MPa .

Keywords : *Pipeline, Davit Lift, Buoyancy Tank, Above Water Tie-in*

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Alhamdulillah puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena berkat limpahan rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan sebaik-baiknya. Sholawat serta salam juga penulis haturkan kepada junjungan seluruh umat manusia Rasulullah Muhammad SAW

Tugas Akhir ini berjudul “Analisis Proses *Lifting* dan *Lowering* pada Reparasi *Pipeline* Metode *Above Water Tie-in*”. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat dalam menyelesaikan Studi Kesarjanaan (S-1) di Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Tugas Akhir ini membahas mengenai analisis terhadap proses *lifting* dan *lowering* pada reparasi pipeline dengan metode *above water tie-in* dengan menggunakan bantuan *davit lift* dan *lifting buoy*. Analisis ini dilakukan karena pada umumnya metode *above water tie-in* ini digunakan hanya untuk operasi reparasi *pipeline* di kedalaman kurang dari 50 m, sedangkan pada studi kasus kali ini kedalaman mencapai 77 m. Analisis ini dilakukan dengan menggunakan software *MOSES 7.10* untuk mengetahui perilaku gerakan *lifting barge* pada kondisi tertambat. Yang kemudian hasil simulasinya akan digunakan sebagai input untuk pemodelan proses *lifting* dan *lowering* dengan menggunakan software *ORCAFLEX 9.2* untuk mendapatkan tegangan maksimum yang terjadi pada *pipeline*.

Penulis menyadari bahwa dalam pengerjaan dan penulisan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan dan jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran guna meningkatkan kemampuan menyusun laporan yang lebih baik lagi ke depannya. Penulis juga berharap semoga Tugas Akhir ini bisa bermanfaat bagi pembaca pada umumnya dan penulis pada khususnya.

Surabaya, 2019

Ramadhani Satya Perdana

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu kelancaran dalam pengerjaan Tugas Akhir hingga selesainya Tugas Akhir ini. Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Kedua Orang Tua penulis yang selalu memberikan dukungan berupa doa, ridho, motivasi, dan segala bentuk dukungan lainnya.
2. Ir. Imam Rochani, M.Sc. dan Ir. Handayanu, M.Sc., Ph.D. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, ilmu, nasihat dan pengalaman selama menjalani Tugas Akhir dan selama berkuliah di Teknik Kelautan.
3. Darta Marina Chamelia, S.T., M.T. selaku dosen wali yang telah memberikan arahan dan ilmunya selama masa perkuliahan.
4. Seluruh Dosen dan Tendik Departemen Teknik Kelautan FTK – ITS yang telah memberikan ilmu, bantuan, arahan dan fasilitas kepada penulis selama menjalani proses perkuliahan.
5. Seluruh teman-teman TRITONOUS (2015) yang selalu memberikan support dan motivasi selama menjalani perkuliahan di Teknik Kelautan.
6. Teman-teman Kabinet GRADASI HIMATEKLA yang selalu memberikan semangat, support dan motivasinya selama menjalani perkuliahan dan Tugas Akhir ini.
7. Teman-teman terdekat saya, Evelina Feby Firdausy, Helmi Arif Asmajuna, Clydeo Adji Pangestu, Nisrina Salsabila Ayudo, Intan Dwi Amalia, Ikhsan Nurariawan yang selalu memberikan support, semangat, motivasi dan bantuan dalam keadaan apapun.

Serta semua pihak yang telah membantu namun tidak bisa penulis sebutkan satu-persatu. Terima kasih atas semua bantuan, motivasi dan doanya, semoga mendapat balasan pahala dari Allah SWT. Amin.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	ix
UCAPAN TERIMA KASIH	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	4
1.5 Batasan Masalah	4
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	7
2.1 Tinjauan Pustaka.....	7
2.2 Offshore Pipeline.....	8
2.3 Above Water Tie-in	9
2.3.1 Pengangkatan Pipa (lifting).....	9
2.3.2 Penyambungan Pipa (Tie-in).....	10
2.3.3 Penurunan Pipa (Lowering)	10
2.4 Beban-Beban Pada Sistem Perpipaan	11
2.4.1 <i>Beban Sustain</i> (Sustain Load)	11
2.4.2 Beban Occasional (Occasional Load).....	11
2.5 Beban Ekspansi Termal (Thermal Expansion Load)	11
2.6 Desain untuk Internal Pressure	12
2.7 Desain untuk Collapse Pressure	12
2.8 Desain Kombinasi untuk Tekanan dan <i>Bending Moment</i>	13
2.9 Desain untuk Buckle Propagation.....	13
2.10 Beban Gelombang.....	14
2.10.1 Penentuan Teori Gelombang.....	14
2.10.2 Teori Gelombang.....	15
2.10.3 Kecepatan Partikel Efektif	16
2.11 Spektrum Gelombang.....	17

2.12 Respon Gerakan pada Gelombang Irreguler.....	18
2.13 Respon Dinamis Struktur Terapung Terhadap Eksitasi Beban Gelombang	20
2.14 Konfigurasi Mooring	21
2.15 Analisis Gaya dan Tegangan Pipa.....	22
2.16 Gaya Hidrodinamik Pipa	22
2.17 Effective Axial Force	25
2.18 Equivalent Stress	26
2.19 Local Buckling Check	26
2.20 Permodelan dengan <i>Software</i>	27
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	29
3.1 Metodologi Penelitian	29
3.2 Uraian Prosedur Penelitian	31
3.3 Kumpulan Data yang Digunakan	32
3.3.1 Data Pipa.....	32
3.3.2 Data Barge.....	33
3.3.3 Data Lingkungan	34
BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN	36
4.1 Pemodelan <i>Barge</i> dengan Menggunakan <i>Software</i> MOSES 7.10	36
4.1.1 Validasi Model	38
4.1.2 Konfigurasi Mooring Line	39
4.1.3 RAO Barge Armada KP1.....	40
4.2 Konfigurasi <i>Lifting</i> dan <i>Lowering</i>	45
4.2.1 Konfigurasi Davit Lift.....	45
4.2.2 <i>Lifting</i> and <i>Lowering</i> Arrangement.....	45
4.2.3 Permodelan dengan <i>Software</i> Orcaflex	49
4.2.4 Permodelan Struktur Barge	49
4.2.5 Pemodelan <i>Davit Lift</i>	53
4.2.6 Hasil Pemodelan <i>Lifting</i> dan <i>Lowering</i>	53
4.3 Hasil <i>Running Software</i> Orcaflex 9.2	56
4.3.1 Tegangan Maksimum Pipa (<i>Maximum Von Mises Stress</i>).....	56
4.3.2 Tegangan pada <i>Davit Lift</i>	60
4.3.3 Pipeline-End (Cutted Section) Horizontal Movement.....	63
4.3.4 Pipeline-End (Spool Section) Horizontal Movement.....	64
4.4 Pengecekan <i>Local Buckling</i> Berdasarkan DNV OS-F101	65
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....	67

5.1	Kesimpulan.....	67
5.2	Saran	68
DAFTAR PUSTAKA		69

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Ilustrasi Proses <i>Above Water Tie-in</i>	3
Gambar 2.1 Ilustrasi <i>offshore pipeline</i>	9
Gambar 2.2 Ilustrasi Proses <i>Lifting</i>	9
Gambar 2.3 Ilustrasi Proses <i>Tie-in</i> Diatas <i>Barge</i>	10
Gambar 2.4 Ilustrasi Bentuk Pipa Setelah Proses <i>Lowering</i>	11
Gambar 2.5 <i>Cross Sectional</i> Deformasi pada Pipa.....	13
Gambar 2.6 Grafik <i>Region of Validity of Wave Theories</i>	14
Gambar 2.7 Rangkuman Persamaan Gelombang <i>Airy</i>	16
Gambar 2.8 Enam Derajat Kebebasan Kapal	20
Gambar 2.9 Gaya Hidrodinamik yang Bekerja Pada Pipa	23
Gambar 4.1 Tampak Isometris <i>Barge</i>	37
Gambar 4.2 Tampak Samping <i>Barge</i>	37
Gambar 4.3 Tampak Atas <i>Barge</i>	38
Gambar 4.4 Konfigurasi <i>Mooring</i>	39
Gambar 4.5 Pemodelan <i>Mooring</i> (Tampak Atas).....	40
Gambar 4.6 Pemodelan <i>Mooring</i> Tampak Isometris.....	40
Gambar 4.7 RAO Gerakan <i>Surge</i>	41
Gambar 4.8 RAO Gerakan <i>Sway</i>	41
Gambar 4.9 RAO Gerakan <i>Heave</i>	42
Gambar 4.10 RAO Gerakan <i>Roll</i>	43
Gambar 4.11 RAO Gerakan <i>Pitch</i>	43
Gambar 4.12 RAO Gerakan <i>Yaw</i>	44
Gambar 4.13 <i>Pipeline Lifting Arrangement View from Bow</i>	46
Gambar 4.14 <i>Pipeline Lowering Arrangement View from Bow</i>	46
Gambar 4.15 <i>Pipeline Lifting Arrangement Overall View</i>	47
Gambar 4.16 <i>Pipeline Lowering Arrangement Overall View</i>	48
Gambar 4.17 Skema Pembebanan 45°	53
Gambar 4.18 Skema Pembebanan 90°	54
Gambar 4.19 Pemodelan <i>Lifting</i> dengan <i>Orcaflex</i> Pembebanan 90°	54
Gambar 4.20 Pemodelan <i>Lowering</i> dengan <i>Orcaflex</i> Pembebanan 90°	54
Gambar 4.21 Pemodelan <i>Lifting</i> dengan <i>Orcaflex</i> Pembebanan 45°	55
Gambar 4.22 Pemodelan <i>Lowering</i> dengan <i>Orcaflex</i> Pembebanan 45°	55
Gambar 4.23 Hasil <i>Running</i> Proses <i>Lifting</i> Pembebanan 90°	56
Gambar 4.24 Hasil <i>Running</i> Proses <i>Lowering</i> Pembebanan 90°	57
Gambar 4.25 Hasil <i>Running</i> Proses <i>Lifting</i> Pembebanan 45°	58
Gambar 4.26 Hasil <i>Running</i> Proses <i>Lowering</i> Pembebanan 45°	59
Gambar 4.27 <i>Davit Tension</i> Proses <i>Lifting</i> Pembebanan 90°	61
Gambar 4.28 <i>Davit Tension</i> Proses <i>Lowering</i> Pembebanan 90°	61
Gambar 4.29 <i>Davit Tension</i> Proses <i>Lifting</i> Pembebanan 45°	62
Gambar 4.30 <i>Davit Tension</i> Proses <i>Lowering</i> Pembebanan 45°	62
Gambar 4.31 <i>Horizontal Movement</i> pada <i>Pipeline-End (Cutted Section)</i>	63
Gambar 4.32 <i>Pipeline-End (Spool Section) Horizontal Movement</i>	65

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Pipeline Data.....	32
Tabel 3.2 Data <i>Barge</i> – Armada KP1	33
Tabel 3.3 Data Lingkungan	34
Tabel 3.4 Data Gelombang dan Arus.....	35
Tabel 4.1 Validasi Pemodelan <i>Barge</i>	38
Tabel 4.2 Data <i>Mooring</i>	39
Tabel 4.3 Data <i>Davit Lift</i>	45
Tabel 4.4 Ukuran Utama <i>Barge</i>	49
Tabel 4.5 <i>Displacement</i> dan COG <i>Barge</i>	49
Tabel 4.6 Radius Girasi dan Momen Inersia <i>Barge</i>	50
Tabel 4.7 Kekakuan Hidrostatik <i>Barge</i>	51
Tabel 4.8 Berat Jenis dan Densitas Pipa	52
Tabel 4.9 Kekakuan dan <i>Possion Ratio</i> Pipa	52
Tabel 4.10 Data <i>Lifting Bag (Buoy)</i>	52
Tabel 4.11 Data <i>Davit Lift</i>	53
Tabel 4.12 Rekapitulasi <i>Maximum Von Mises Stress</i>	60
Tabel 4.13 Rekapitulasi <i>Davit Tension</i>	63
Tabel 4.14 Rekapitulasi <i>Local Buckling Check</i>	66

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN PERHITUNGAN	71
LAMPIRAN PEMODELAN MOSES.....	93
LAMPIRAN OUTPUT PEMODELAN SOFTWARE ORCAFLEX 9.2.....	109
LAMPIRAN TUTORIAL PEMODELAN SOFTWARE ORCAFLEX 9.2.....	153

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jaringan pipa transportasi migas adalah salah satu unsur yang signifikan dalam sistem penyediaan energi migas. Jaringan pipa (*pipeline*) adalah salah satu sarana transportasi minyak dan gas yang paling aman dan ekonomis. Kelebihan lain dari *pipeline* yaitu karena bersifat *continous*, otomatis dan mampu digunakan untuk berbagai kondisi lingkungan.

Pipeline Engineering atau Teknik Perpipaan merupakan suatu rekayasa teknik tentang sebuah struktur pipa yang sering digunakan sebagai sistem pendistribusian minyak dan gas bumi. *Pipelines* digunakan untuk berbagai maksud dalam pengembangan sumber daya *hidrokarbon* di lepas pantai, termasuk pipa transportasi untuk ekspor, pipa penyalur untuk mengangkut produksi dari suatu *platform* ke pipa ekspor (Soegiono, 2007).

Mengingat pentingnya suatu jaringan pipa agar dapat mengalirkan fluida maka diperlukan satu strategi khusus sehingga jaringan pipa akan selalu dapat menjalankan fungsinya dengan baik dan aman. Ada beberapa metode yang digunakan agar suatu jaringan pipa tetap dapat mengalirkan fluida dengan baik dan aman antara lain *inspection* (pengawasan), *maintenance* (pemeliharaan) dan *repair* (perbaikan).

Metode yang akan dibahas pada penelitian kali ini adalah metode perbaikan (*repair*) jenis *Above Water Tie-in*. Metode ini akan digunakan untuk menganalisis *future repair* untuk *pipeline* PT. X yang berada di Teluk Bintuni, Papua Barat. Pipa yang digelar memiliki diameter 24 inch dan menghubungkan dua *platform* dengan panjang pipa dari *platform A* ke *platform B* adalah 16.081 km dan dari *Platform B* ke ORF (*Onshore Receiving Facilities*) adalah sepanjang 12.413 km.

Metode *Above Water Tie-in* (AWTI) merupakan metode reparasi pipa yang paling *feasible* untuk digunakan di Proyek PT. X dikarenakan beberapa pertimbangan yaitu :

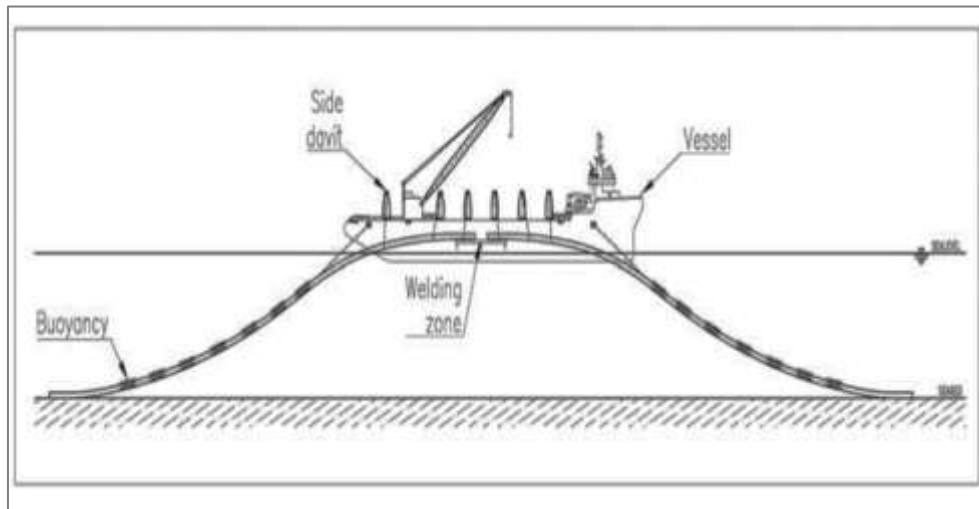
1. Metode AWTI tidak menimbulkan daerah kritis baru pada *pipeline* karena penggantian bagian yang rusak dengan pipa yang baru.
2. Material *internally clad* 316L pada pipa yang digunakan sangat rentan terhadap paparan air laut sehingga metode lain seperti *Subsea Tie-in* kurang layak untuk digunakan.
3. Hidrokarbon yang di transportasikan memiliki kandungan H₂S tinggi yang mana dapat menyebabkan korosi jika terjadi kontak dengan Baja Karbon pada pipa, sehingga metode reparasi seperti penggunaan *repair clamp*, *full encirclement steel sleeve* dan *composite sleeve* kurang layak untuk digunakan.
4. Perairan Teluk Bintuni memiliki arus yang kuat sehingga metode seperti *hyperbaric welding* kurang layak digunakan karena akan berbahaya bagi keselamatan *welder* dan *diver*.

Analisis proses *Above Water Tie-in* dilakukan untuk memeriksa tegangan pipa yang terjadi pada daerah kritis selama proses *lifting* dan *lowering*. Tegangan yang terjadi pada pipa tersebut dapat menyebabkan *bending* atau yang paling parah dapat menyebabkan *buckling*. Analisis ini dilakukan untuk mengestimasi *bending stress* yang terjadi agar sesuai dengan kriteria desain.

Above Water Tie-in terdiri dari 3 aktivitas utama yaitu :

1. *Pipeline lifting (recovering)* yaitu proses menaikkan pipa dari *seabed* ke atas barge hingga posisi yang diinginkan untuk proses penyambungan. Proses ini memerlukan analisis yang mendalam agar *stress* yang dialami pipa ketika proses pengangkatan tidak melebihi *stress* yang diijinkan. Pada proses pengangkatan pipa ini, *stress* yang diijinkan pada saat pipa mengalami tekuk (*bending*) tidak boleh melebihi 87% SMSYS (DNV OS-F101).
2. *Pipeline tie-in (welding and FJC)* yang terdiri dari proses pengalasan *linepipe* baru untuk menggantikan bagian yang rusak dan dilanjutkan dengan proses *Field Joint Coating (FJC)* pada daerah sambungan pipa tersebut.

3. Setelah proses penyambungan selesai, pipa harus diturunkan lagi ke *seabed*. Sama halnya dengan proses pengangkatan pipa, pada saat penurunan pipa Pada proses *Above Water Tie-in* ini digunakan *davit lifting* untuk melakukan proses *lifting* dan *lowering* pipa, dan dibantu dengan *bouyancy tank* untuk proses *lifting* untuk mengurangi tegangan yang terjadi serta mengurangi efek *bending* pada pipa.



Gambar 1.1 Ilustrasi Proses *Above Water Tie-in*

(Sumber : Data Kerja Praktek PT. X)

Proses analisis *Above Water Tie-in* yang dilakukan pada tugas akhir ini adalah untuk *future repair* sehingga perlu dilakukan permodelan lebih lanjut untuk memastikan *feasibility* dari metode ini.

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan dari tugas akhir ini adalah :

1. Bagaimana respon gerakan *barge* pada kondisi tertambat akibat gelombang?
2. Berapa besar tegangan yang terjadi pada proses *lifting* dan *lowering*?
3. Bagaimana keadaan pipa setelah dilakukan pengecekan *local buckling* berdasarkan DNV OS-F101?

1.3 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dari tugas akhir ini adalah :

1. Mengetahui bagaimana respon *barge* pada kondisi tertambat akibat gelombang
2. Mengetahui besar tegangan yang terjadi pada proses *lifting* dan *lowering*.
3. Mengetahui keadaan pipa setelah dilakukan pengecekan *local buckling* berdasarkan DNV OS-F101.

1.4 Manfaat

Dari penelitian pada tugas akhir ini diharapkan bisa mengetahui apakah metode *Above Water Tie-in* dapat digunakan pada kasus dengan kedalaman lebih dari 50 m. Sehingga dapat bermanfaat sebagai bahan kajian dan acuan dalam proses *Above Water Tie-in*.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Penentuan metode penyambungan pipa dengan *Above Water Tie-in*
2. Analisis hanya dilakukan untuk tegangan yang terjadi pada pipa bawah laut.
3. Kondisi lingkungan yang dipertimbangkan adalah gelombang, arus dan angin.
4. Dilakukan pemodelan pada kedalaman maksimum (77 m)
5. Arah pembebanan yang dilakukan adalah 45° dan 90°
6. Pembebanan gelombang, arus, dan angin dilakukan dengan arah yang sama.
7. Kontur *seabed* dianggap rata.
8. Tidak dilakukan analisis proses *cutting* dan *tie-in*.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan tugas akhir ini dimulai pada bab satu yang menjelaskan tentang latar belakang penelitian yang akan dilakukan, perumusan masalah, tujuan yang hendak dicapai dalam penulisan tugas akhir ini, manfaat yang diperoleh, ruang lingkup penelitian dan sistematika laporan.

Dasar teori dan tinjauan pustaka yang menjadi sumber referensi dalam tugas akhir ini dijelaskan pada bab dua. Secara rinci bab ini berisikan tinjauan pustaka yang menjadi acuan dari penelitian tugas akhir, dasar-dasar teori, dan rumus-rumus yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini dicantumkan dalam bab ini.

Bab tiga dalam penulisan laporan tugas akhir ini menerangkan tentang metodologi penelitian yang digunakan untuk mengerjakan tugas akhir ini. Penjelasan pemodelan yang dilakukan dalam penelitian tugas akhir juga dicantumkan dalam bab ini.

Seluruh hasil analisa penelitian pada tugas akhir ini akan dibahas dan diterangkan pada bab empat. Bab ini membahas pengolahan hasil data hingga menghasilkan kesimpulan yang menjadi tujuan akhir dari tugas akhir. Dimana kesimpulan beserta saran yang diperlukan untuk penelitian lebih lanjut dari tugas akhir ini akan diuraikan pada bab lima.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Above Water Tie-in pada dasarnya adalah sebuah proses pengangkatan pipa bawah laut keatas *vessel* untuk dilakukan penyambungan atau pengelasan (*welding*) dengan pipa bawah laut yang lain. Proses ini merupakan proses yang biasa digunakan untuk menyambungkan pipa dalam aktivitas instalasi ataupun perbaikan *pipeline*. Sama halnya dengan proses penyambungan pipa yang lainnya, sebelum digelar ke dasar laut, pipa tersebut disambung dengan metode pengelasan (Ibrahim, 2016).

Above Water Tie-in sendiri hanya digunakan untuk penyambungan pipa dalam kedalaman laut kurang dari 50 m. Pada proses *Above Water Tie-in* digunakan *davit lifting* dan *bouyancy tank* untuk membantu *davit* dalam pengangkatan pipa. *Bouyancy tank* dapat meminimalisasi tegangan yang terjadi serta mengurangi efek *bending* pada pipa (Christina, 2010)

Pada penelitian yang dilakukan oleh Aristanto (2008) dengan judul Analisa Tegangan Pipa Bawah Laut Selama Proses *Above Water Tie-In* Menggunakan *Davit lifting*. Telah dilakukan analisis tegangan yang terjadi pada proses AWTI dengan melakukan variasi tinggi gelombang, diameter pipa dan kedalaman laut. Namun belum dilakukan pengecekan *local buckling*. Pada penelitian ini disarankan untuk adanya penelitian mengenai variasi besar *bouyancy tank*, untuk mengurangi besar *bending* yang terjadi pada pipa dan perlunya penelitian lebih lanjut tentang bagaimana *lowering pipeline* setelah *above water tie-in* ini dilakukan.

Maka pada penelitian yang dilakukan oleh Simanjuntak (2010) dilakukan pembahasan mengenai tegangan yang terjadi pada pipa selama proses *Above Water Tie-in* dengan mempertimbangkan variasi jumlah *buoyancy tank* yang digunakan. Penelitian ini menggunakan *software* Moses untuk input data dan permodelan *barge*. Lalu proses AWTI disimulasikan menggunakan *software orcaflex* yang nantinya memperoleh jumlah *bouyancy tank* yang optimum. Namun pada penelitian ini tidak dilakukan analisis tegangan yang terjadi sebenarnya.

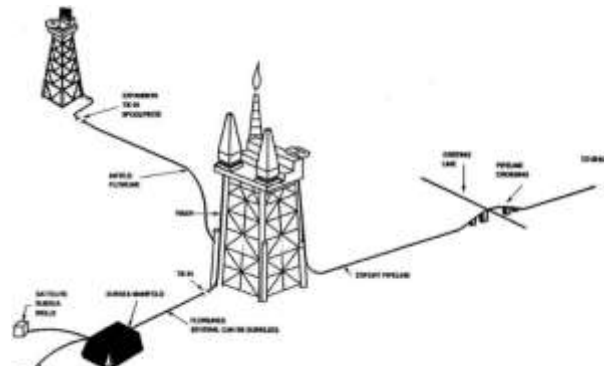
Selanjutnya pada penelitian yang dilakukan oleh Ibrahim (2016) dengan judul Analisa Tegangan Pipa Bawah Laut Selama Proses *Above Water Tie-in* menggunakan *Davit Lifting* dan *Buoyancy Tank*. Membahas mengenai tegangan pipa yang terjadi pada proses *Above Water Tie-in* menggunakan *Davit Lifting* dan *Buoyancy Tank* dan ditambahkan pengecekan *local buckling* berdasarkan DNV OS-F101.

Pada penelitian yang dilakukan sebelumnya oleh Ibrahim (2016), proses *Above Water Tie-in* digunakan saat aktivitas instalasi *pipeline*. Sehingga diketahui pasti kedalaman pipa saat akan dilakukan proses *Tie-in*. Sedangkan pada penelitian yang dibahas kali ini adalah mengenai perbaikan (*repair*) *pipeline* sehingga belum diketahui kedalaman pasti yang akan ditinjau.

Atas dasar itu, pada penelitian kali ini masalah yang dibahas adalah mengenai tegangan yang terjadi pada *pipeline* saat proses *Above Water Tie-in* dengan melakukan variasi kedalaman pipa. Dalam penelitian ini akan digunakan dua *software* utama yaitu *moses* untuk mendapatkan respon gerakan dari *barge* dan *orcaflex* untuk melakukan permodelan *Above Water Tie-in* & mengetahui tegangan yang terjadi pada pipa. Setelah itu akan dilakukan pengecekan *local buckling* berdasarkan DNV OS-F101.

2.2 Offshore Pipeline

Pipeline merupakan alat untuk mengalirkan fluida (zat cair dan gas) dari satu atau beberapa titik ke satu atau beberapa titik lainnya. *Offshore pipeline* merupakan *pipeline* yang berlokasi di laut (lepas pantai). Banyak aspek yang harus diperhatikan dalam perancangan *pipeline* khususnya *offshore pipeline* agar didapatkan suatu rancangan yang optimal baik dari segi teknik maupun ekonomis. Aspek-aspek yang harus dipertimbangkan antara lain tebal dinding (*wall thickness*) pipa, pemilihan material (*material selection*), peninjauan rute (*route survey*) dan pemilihan rute (*route selection*).



Gambar 2.1 Ilustrasi *offshore pipeline*
(Sumber : Supena,2011)

2.3 Above Water Tie-in

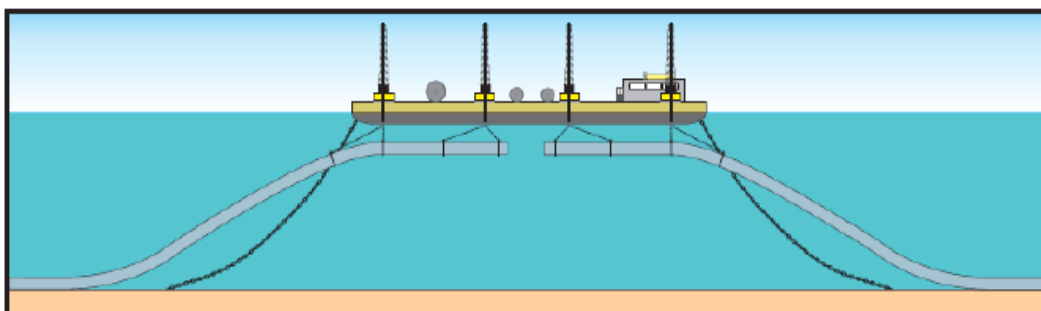
Above Water Tie-in (AWTI) merupakan suatu aktivitas penyambungan *pipeline* diatas permukaan air atau tepatnya pada *vessel* untuk mendukung suatu proses instalasi ataupun perbaikan *pipeline*. Pada dasarnya proses *Above Water Tie-in* dibagi menjadi beberapa tahap yaitu :

- Pengangkatan (*lifting*)
- Penyambungan (*Tie-in*)
- Penurunan (*lowering*)

2.3.1 Pengangkatan Pipa (*lifting*)

Setelah dilakukan persiapan perlengkapan dan peralatan untuk proses AWTI, maka akan dilakukan pengangkatan pipa dari dasar laut ke atas *vessel* untuk kemudian dilakukan *tie-in* diatas permukaan laut.

Pada proses pengangkatan untuk kasus *pipeline repair*. Pipa terlebih dahulu dipotong dibawah air, kemudian dipasangkan *pipeline recovery tools (PRT)* pada kedua ujung pipa yang telah dipotong. Kemudian pipa diangkat menuju permukaan untuk dilakukan proses *tie-in*.

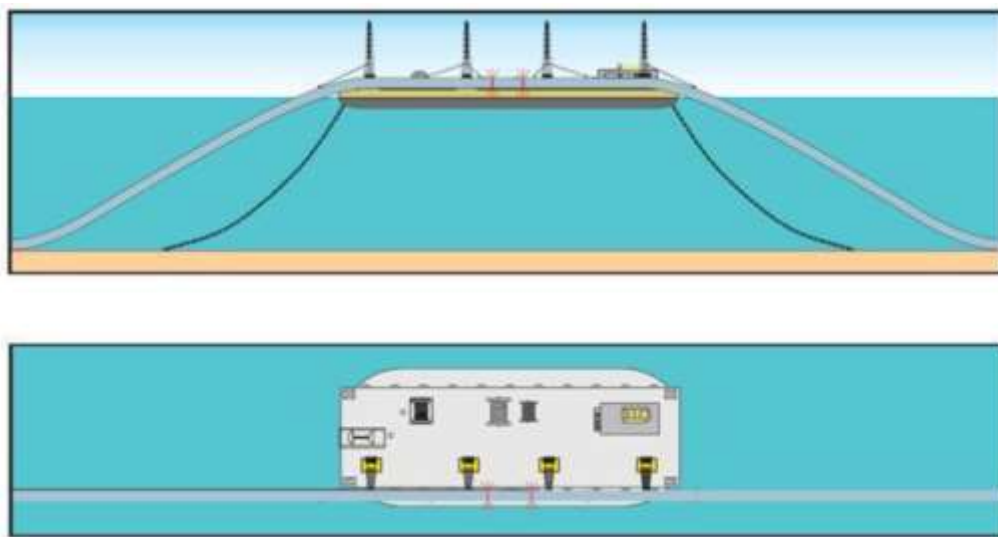


Gambar 2.2 Ilustrasi Proses *Lifting* dengan
(Sumber : Mohammadi, K. ,2011)

2.3.2 Penyambungan Pipa (Tie-in)

Penyambungan pipa dilakukan dengan cara menyambungkan *linepipe* baru untuk menggantikan bagian pipa yang telah rusak. Sama halnya seperti pada saat proses penggelaran pipa, tahap pengelasan yang dilakukan pada saat *tie in* tidak jauh berbeda dengan saat penggelaran pipa di *pipelaying barge*.

Pipa yang telah dipotong tersebut dibentuk dan dibersihkan agar lebih mudah di las. Setelah itu tahapan pengelasannya juga sama, sambungan pipa dilas *root* dan *hot pass, filler & capping*. Setelah selesai dilas pipa di cek kelayakannya dan kondisi hasil pengelasannya dengan menggunakan *NDT test*.

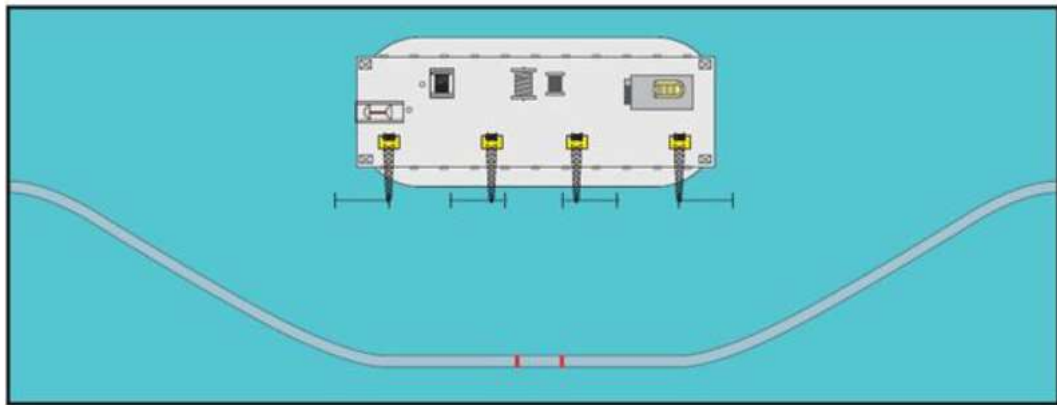


Gambar 2.3 Ilustrasi Proses *Tie-in* Diatas *Barge*
(Sumber : Mohammadi, K. ,2011)

2.3.3 Penurunan Pipa (Lowering)

Penurunan pipa dilakukan dengan syarat apabila hasil lasan pada sambungan pipa sudah dapat dinyatakan layak untuk digelar kembali. Hal tersebut didapat dengan cara tes-tes yang dilakukan terhadap sambungan pipa.

Adapun proses yang dilakukan pada saat penurunan pipa ke dasar laut serupa dengan saat penaikan pipa, hanya saja dibalik cara pelaksanaannya. Selain itu juga diperlukan sinkronisasi yang sangat sempurna pada seluruh *crane* yang dimiliki *tie in vessel*. Pada saat proses *lowering* selesai pipa akan terdeformasi menyerupai bentuk bel (*bell-shaped formation*) saat mencapai dasar laut.



Gambar 2.4 Ilustrasi Bentuk Pipa Setelah Proses *Lowering*
(Sumber : Mohammadi, K. ,2011)

2.4 Beban-Beban Pada Sistem Perpipaan

2.4.1 *Beban Sustain (Sustain Load)*

Beban *sustain* merupakan beban yang dialami oleh instalasi sistem pipa secara terus menerus. Beban ini merupakan kombinasi beban yang diakibatkan oleh tekanan internal dan beban berat. Beban berat yang dialami oleh sistem perpipaan dapat digolongkan menjadi dua jenis :

1 *Live Load*

Beban ini meliputi beban fluida yang mengalir melalui sistem perpipaan atau fluida lain yang digunakan untuk pengujian sistem perpipaan tersebut.

2 *Dead Load*

Beban ini meliputi berat komponen-komponen sistem perpipaan, berat *isolator*, dan beban permanen yang bekerja pada sistem perpipaan tersebut.

2.4.2 *Beban Occasional (Occasional Load)*

Beban occasional merupakan beban yang terjadi selama operasi normal. Beberapa hal dibawah ini adalah penyebab terjadinya beban occasional :

1. Fenomena alam seperti gempa bumi dan badai yang dapat menyebabkan eksitasi terhadap pipa yang dinamis.
2. Beban Gelombang yang mengenai pipa.

2.5 Beban Ekspansi Termal (Thermal Expansion Load)

Beban ini adalah beban yang diakibatkan oleh ekspansi akibat perubahan suhu pada sistem perpipaan. Beban ekspansi termal dapat dibagi menjadi :

1. Beban termal akibat gerakan yang dibatasi oleh *support* selama ekspansi.
2. Beban termal yang disebabkan oleh perbedaan suhu yang besar dan sangat cepat dalam dinding pipa.
3. Beban termal yang disebabkan oleh koefisien ekspansi yang berbeda antara dua material yang berbeda.

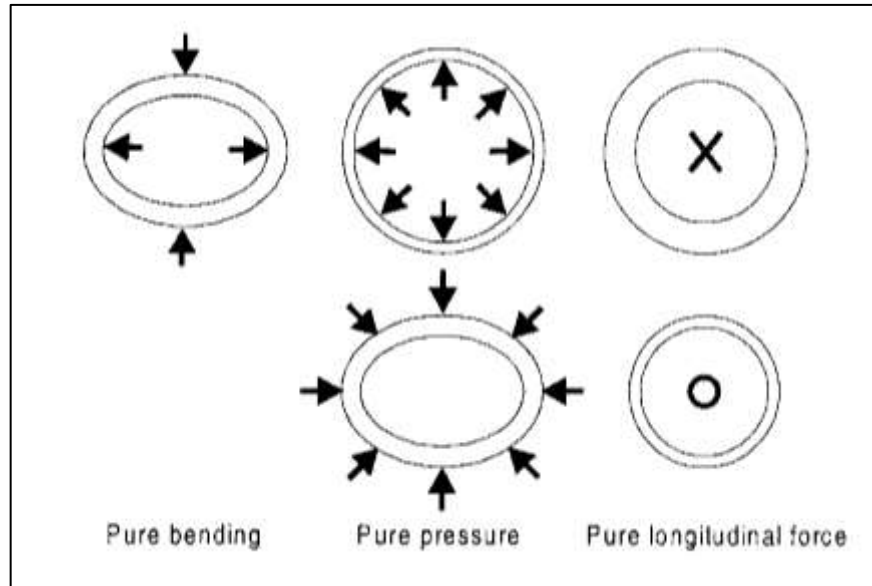
Kemudian, untuk mencegah terjadinya kegagalan saat pengoperasiannya, perlu dilakukan analisis terhadap desain pipa maupun *vessel* yang digunakan untuk acuan desain pipa bawah laut. Perhitungan moda kegagalan harus mencakup desain *internal pressure*, *collapse pressure*, kombinasi tekanan dan bending momen serta *propagation buckling*.

2.6 Desain untuk Internal Pressure

Desain untuk *internal pressure* dibuat agar tahan terhadap tekanan yang disebabkan oleh fluida di dalam pipa dan juga pada saat pipa dilakukan pengujian (*hydrostatic test*). *External pressure* juga dimasukkan pada desain *internal pressure* yang mana tekanan ini mencakup tekanan total yang terjadi dari pipa. Tekanan total pipa maksimum terjadi pada permukaan air laut, dimana *external pressure* sama dengan nol. Untuk proses *Above Water Tie-in*, maka tekanan dalam pipa sama dengan nol karena fluida didalam pipa terlebih dahulu dikosongkan.

2.7 Desain untuk Collapse Pressure

Menurut Braskoro dkk. (2004), ketika pipa dimasukkan kedalam air, tekanan hidrostatis akan semakin besar dan dapat menyebabkan keruntuhan terhadap dinding pipa. Perhitungan *pressure containment* tidak dimasukkan pada kondisi ini, sehingga ketebalan dinding pipa harus didesain untuk perhitungan gaya hidrostatis pada kondisi beban dengan kedalaman maksimum.



Gambar 2.5 *Cross Sectional* Deformasi pada Pipa Akibat Suatu Beban Tertentu.

(Sumber : Braskoro dkk., 2004)

2.8 Desain Kombinasi untuk Tekanan dan *Bending Moment*

Tekanan yang terjadi pada kondisi ini dapat berupa tekanan eksternal yang diakibatkan oleh aliran fluida diluar pipa. Ketika proses instalasi pipa, tarikan secara aksial dipengaruhi oleh tegangan (*tension*) karena penggunaan tensioner pada *vessel* dan *bending moment* yang dihasilkan oleh *curvature pipeline*. Tekanan eksternal dan tegangan aksial dapat terjadi ketika pipa diluncurkan ke dasar laut selama proses instalasi. Ketika mencapai panjang bentangan (*span*) tertentu maka gaya yang diterima akibat fluida diluar pipa akan semakin besar sehingga hal ini dapat mempengaruhi kekuatan pipa tersebut.

2.9 Desain untuk Buckle Propagation

Selama proses instalasi dan masa operasi, pipa dapat mengalami kerusakan yang diakibatkan oleh *local buckling*. Ketika hal ini terjadi, maka *buckling* akan merambat sepanjang *pipeline* hingga *external pressure* kurang dari tekanan pada *buckle propagation*. Fenomena ini ditemukan pada 1970 oleh Battelle Institute di Ohio. *Buckle Propagation* ini dapat dicegah dengan beberapa cara seperti

menambah ketebalan dinding pipa ataupun memasang *buckle arrestor* sepanjang pipa yang rentan mengalami *buckle*. Untuk laut dalam biasanya digunakan *buckle arrestor* karena tidak memungkinkan menambah ketebalan dinding pipa yang rentan mengalami *buckle* karena membutuhkan biaya yang sangat banyak.

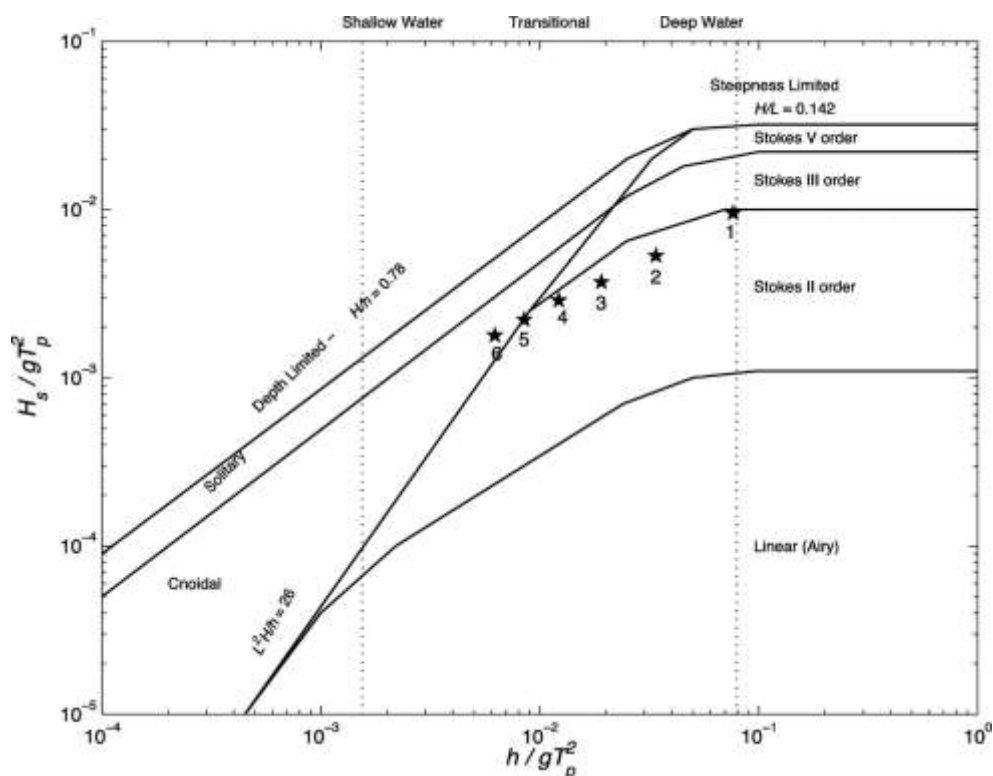
2.10 Beban Gelombang

2.10.1 Penentuan Teori Gelombang

Penentuan teori gelombang yang akan digunakan dapat dilakukan dengan melihat grafik validitas yang disebut dengan “*Region of Validity of Wave Theories*” dengan beberapa parameter seperti tinggi gelombang (H), periode gelombang (T), dan kedalaman air laut (d). Dengan rumus pendekatan yang diberikan oleh Mousseli pada tahun 1981 sebagai berikut:

$$\frac{H}{gT^2} \text{ dan } \frac{d}{gT^2} \quad (2.1)$$

Hasil dari persamaan diatas kemudian diaplikasikan ke grafik teori gelombang dibawah ini :



Gambar 2.6 Grafik *Region of Validity of Wave Theories*

(Sumber : <https://ascelibrary.org/>)

2.10.2 Teori Gelombang

2.10.2.1 Teori Gelombang Stokes

Stokes (1847, 1880) mengembangkan formulasi dari teori gelombang Airy yang mengasumsikan tinggi gelombang adalah sangat kecil jika dibandingkan dengan panjangnya atau kedalamannya. Apabila tinggi gelombang relative besar, maka digunakan teori gelombang yang memiliki orde lebih tinggi, yaitu teori gelombang Stokes atau teori gelombang lain. Teori gelombang stokes dapat bervariasi sesuai tinggi orde yang digunakan. Semakin tinggi orde semakin banyak suku ‘tambahan” pada formula besaran-besaran gelombang. Teori gelombang stokes orde 2, orde 3, orde 4, orde 5 dan seterusnya.

2.10.2.2 Teori Gelombang Airy

Teori gelombang yang paling sering digunakan dalam menghitung beban gelombang (*wave load*) yang terjadi pada struktur. Teori Gelombang Airy juga bisa disebut dengan teori gelombang amplitude kecil, bahwa asumsi tinggi gelombang adalah sangat kecil jika dibandingkan terhadap panjang gelombang atau kedalaman laut.

Periode gelombang diasumsikan sebagai variable konstan yang tidak berubah terhadap waktu. Jadi jika dilaut diukur periode gelombang adalah 10 detik, maka periodenya akan tetap 10 detik selama gelombang tersebut menjalar.

Nama Teori Gelombang Airy merupakan penghargaan kepada Sir. George Biddell Airy (1845) atas dedikasinya yang menemukan teori gelombang ini.

Gelombang Linear yang sering diidealisasikan sebagai teori gelombang amplitudo kecil (airy) menggunakan 2 *parameter nondimensional*, yaitu *wave steepness* (H/L) dan *relative depth* (d/L). *Wave Steepness* atau kecuraman gelombang adalah perbandingan antara tinggi gelombang dibagi dengan panjang gelombang. Harga *wave steepness* yang besar menyebabkan teori gelombang Airy tidak valid digunakan. Sedangkan *relative depth* atau kedalaman relatif adalah perbandingan kedalaman dibagi panjang gelombang. Kedalaman relatif menentukan apakah gelombang terdispersi atau tidak dan menentukan apakah kecepatan gelombang menjalar, panjang dan tinggi gelombang dipengaruhi oleh kedalaman.

Berdasarkan kedalaman relatif (d/L) didefinisikan kondisi dari gelombang yang terjadi, yaitu diklasifikasikan menjadi 3 kondisi, *Shallow Water*, *Transitional* dan *Deep Water*.

1. Gelombang di Laut Dangkal (*Shallow Water*) jika $d/L \leq 1/25$
2. Gelombang di Laut Transisi (*Transitional*) jika $1/25 < d/L < 1/2$
3. Gelombang di Laut Dalam (*Deep Water*) jika $d/L \geq 1/2$

Berikut merupakan rangkuman dari teori gelombang airy (gelombang

RELATIVE DEPTH	SHALLOW WATER $\frac{d}{L} < \frac{1}{25}$	TRANSITIONAL WATER $\frac{1}{25} < \frac{d}{L} < \frac{1}{2}$	DEEP WATER $\frac{d}{L} > \frac{1}{2}$
1. Wave profile	Some As \rightarrow	$\eta = \frac{H}{2} \cos \left[\frac{2\pi x}{L} - \frac{2\pi t}{T} \right] = \frac{H}{2} \cos \theta$	Some As \leftarrow
2. Wave celerity	$C = \frac{L}{T} = \sqrt{gd}$	$C = \frac{L}{T} = \frac{gT}{2\pi} \tanh \left(\frac{2\pi d}{L} \right)$	$C = C_0 = \frac{L}{T} = \frac{gT}{2\pi}$
3. Wavelength	$L = T \sqrt{gd} = CT$	$L = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh \left(\frac{2\pi d}{L} \right)$	$L = L_0 = \frac{gT^2}{2\pi} = C_0 T$
4. Group velocity	$C_g = C = \sqrt{gd}$	$C_g = nC = \frac{1}{2} \left[1 + \frac{4\pi d/L}{\sinh(4\pi d/L)} \right] \cdot C$	$C_g = \frac{1}{2} C = \frac{gT}{4\pi}$
5. Water Particle Velocity			
(a) Horizontal	$u = \frac{H}{2} \sqrt{\frac{g}{d}} \cos \theta$	$u = \frac{H}{2} \frac{gT}{L} \frac{\cosh[2\pi(z+d)/L]}{\cosh(2\pi d/L)} \cos \theta$	$u = \frac{\pi H}{T} e^{\frac{2\pi z}{L}} \cos \theta$
(b) Vertical	$w = \frac{H\pi}{T} \left(1 + \frac{z}{d} \right) \sin \theta$	$w = \frac{H}{2} \frac{gT}{L} \frac{\sinh[2\pi(z+d)/L]}{\cosh(2\pi d/L)} \sin \theta$	$w = \frac{\pi H}{T} e^{\frac{2\pi z}{L}} \sin \theta$
6. Water Particle Accelerations			
(a) Horizontal	$a_x = \frac{H\pi}{T} \sqrt{\frac{g}{d}} \sin \theta$	$a_x = \frac{g\pi H}{L} \frac{\cosh[2\pi(z+d)/L]}{\cosh(2\pi d/L)} \sin \theta$	$a_x = 2H \left(\frac{\pi}{T} \right)^2 e^{\frac{2\pi z}{L}} \sin \theta$
(b) Vertical	$a_z = -2H \left(\frac{\pi}{T} \right)^2 \left(1 + \frac{z}{d} \right) \cos \theta$	$a_z = -\frac{g\pi H}{L} \frac{\sinh[2\pi(z+d)/L]}{\cosh(2\pi d/L)} \cos \theta$	$a_z = -2H \left(\frac{\pi}{T} \right)^2 e^{\frac{2\pi z}{L}} \cos \theta$
7. Water Particle Displacements			
(a) Horizontal	$\xi = -\frac{HT}{4\pi} \sqrt{\frac{g}{d}} \sin \theta$	$\xi = -\frac{H}{2} \frac{\cosh[2\pi(z+d)/L]}{\sinh(2\pi d/L)} \sin \theta$	$\xi = -\frac{H}{2} e^{\frac{2\pi z}{L}} \sin \theta$
(b) Vertical	$\zeta = \frac{H}{2} \left(1 + \frac{z}{d} \right) \cos \theta$	$\zeta = \frac{H}{2} \frac{\sinh[2\pi(z+d)/L]}{\sinh(2\pi d/L)} \cos \theta$	$\zeta = \frac{H}{2} e^{\frac{2\pi z}{L}} \cos \theta$
8. Subsurface Pressure	$p = \rho g (\eta - z)$	$p = \rho g \eta \frac{\cosh[2\pi(z+d)/L]}{\cosh(2\pi d/L)} - \rho g z$	$p = \rho g \eta e^{\frac{2\pi z}{L}} - \rho g z$

linear) :

Gambar 2.7 Rangkuman Persamaan Gelombang Airy

(Sumber : *Shore Protection Manual, 1984*)

2.10.3 Kecepatan Partikel Efektif

Kecepatan partikel efektif dirumuskan sebagai integral dari kuadrat kecepatan arus (U) yang melintasi pipa dibagi dengan diameter pipa (D).

$$U_e^2 = \frac{1}{D} \int U^2(y) dy \quad (2.2)$$

Untuk menentukan kecepatan vertikal air pada kedalaman tertentu, Mouselli memberikan persamaan kecepatan partikel efektif sebagai berikut :

$$\frac{U}{U_0} = \left(\frac{y}{y_0}\right)^{\frac{1}{7}} \quad (2.3)$$

Keterangan :

U = Kecepatan partikel air pada ketinggian y dari *seabed* (m/s)

U_0 = Kecepatan pada ketinggian y_0 dari *seabed* (m/s)

y_0 = Ketinggian V_0 dari *seabed* (m)

y = Ketinggian V dari *seabed* (m)

Dengan mensubstitusikan kedua persamaan diatas, maka diperoleh:

$$U_e = 0.778Y_0^2 \left(\frac{D}{y_0}\right)^{0.286} \quad (2.4)$$

Arah kecepatan partikel air yang digunakan adalah normal terhadap pipa. Apabila kecepatan partikel air datang pada arah tertentu maka perlu diketahui sudut datang terhadap arah normal pipa. Sehingga kecepatan partikel normal pipa diperoleh seperti rumus berikut:

$$V_N = V_{abs} \cos\theta \quad (2.5)$$

Keterangan :

V_N = Kecepatan normal (m/s)

V_{abs} = Kecepatan absolut (m/s)

2.11 Spektrum Gelombang

Spektrum gelombang secara umum mengacu pada beberapa parameter, misalnya tinggi gelombang signifikan dan periode gelombang. Spektrum dengan parameter tunggal yang sering digunakan yaitu model *Pierson-Moskowitz* (1964) yang mengacu pada parameter tinggi gelombang signifikan atau kecepatan angin. Selain itu, terdapat spektrum dengan parameter ganda yang biasa digunakan yaitu spektrum *Bretschneider* (1969), *Scott* (1965), dan *ITTC* (1964). Sedangkan spektrum *Jonswap* didasarkan pada percobaan yang dilakukan di *North Sea*.

Persamaan untuk spektrum *Jonswap* dapat ditulis dengan memodifikasi dari spektrum *Pierson-Moskowitz* yaitu:

$$S(\omega) = \alpha g^2 \omega^{-5} \exp \left[-1,25 \left(\frac{\omega}{\omega_0} \right)^{-4} \right] \exp \left[\frac{-(\omega - \omega_0)^2}{2\tau^2 \omega_0^2} \right] \quad (2.6)$$

Keterangan :

γ = *Peak enhancement factor*

p = *Peak wave-frequency*

$\tau = 0,07$ jika $\omega \leq \omega_p$ dan $0,09$ jika $\omega > \omega_p$

τ = *Shape parameter*

$\alpha = 0,076 (x_0)^{-0,22}$

$\alpha = 0,0081$ (ketika x tidak diketahui)

$\omega_0 = 2\pi(g/U_\omega) (x)^{-0,33}$

$x_0 = gx / U_\omega^2$

Spektrum biasanya mempertimbangkan dua parameter yaitu γ dan ω , ω dan α , serta τ_a dan τ_b . Nilai dari γ dapat ditentukan melalui beberapa cara, antara lain menggunakan rumus *Thoursethaugen et al* (1985) sebagai berikut :

$$\gamma = \exp \left[3,4843 \left(1 - 0,1975 \left(0,036 - 0,00056 \frac{T_p}{\sqrt{H_s}} \right) \frac{T_p^4}{H_s^2} \right) \right] \quad (2.7)$$

Sedangkan cara kedua yaitu dengan data yang diperoleh dari lapangan menurut kondisi laut yang bersangkutan. Kemudian alternatif atau cara yang ketiga yaitu melalui besarnya fetch dan kecepatan angin yang diasumsikan besar nilainya berkisar $1 < \gamma < 7$ atau yang terakhir bisa diambil nilai mean γ sebesar 3,3 dengan standart deviasi sebesar 0,79.

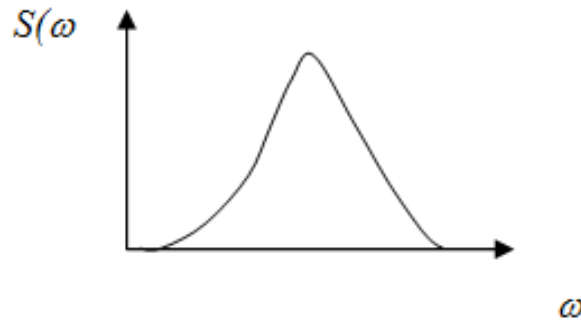
2.12 Respon Gerakan pada Gelombang Irreguler

Respon Amplitude Operator (RAO) adalah fungsi respon struktur akibat beban gelombang yang mengenai struktur tersebut pada frekuensi tertentu. RAO

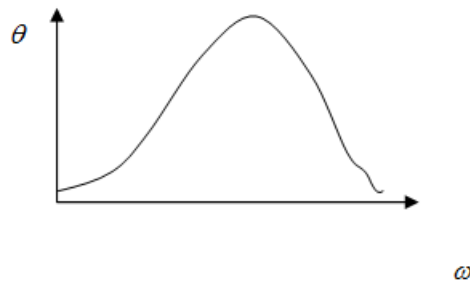
dapat disebut sebagai *transfer function* karena RAO merupakan alat untuk mentransfer beban luar (gelombang) dalam bentuk respon pada sebuah struktur.

Pada buku Battacharya (1978), analisa untuk RAO adalah:

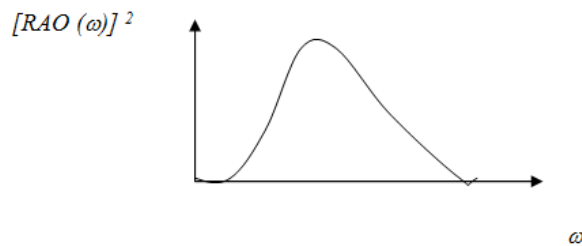
- 1 Membuat Plot spektrum gelombang $S(\omega)$ yang sesuai dengan obyek analisa



- 2 Membuat plot spektrum respon pada gelombang reguler (θ)



- 3 Membuat plot spektrum kuadrat dari RAO untuk mentransfer spektrum pada langkah ke-2 menjadi spektrum respon gelombang irregular.



$$RAO(\omega) = \theta / \eta_0 \quad (2.8)$$

dimana η_0 adalah amplitudo gelombang.

- 4 Membuat plot spektrum respon pada gelombang *irregular* dengan persamaan:

$$S_R(\omega) = [RAO(\omega)]^2 S(\omega) \quad (2.9)$$

- 5 penentuan karakteristik gerakan yang diperlukan dengan menggunakan luas area (m_0) dibawah plot spektrum pada langkah ke-4.

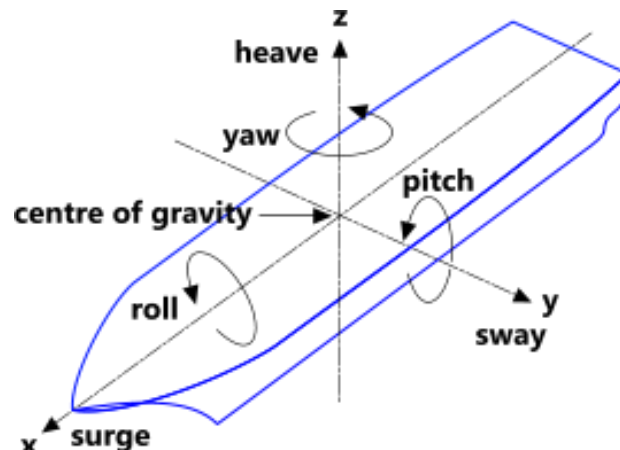
$$\theta_{\frac{1}{3}} = 2m_0^{0,5} \quad (2.10)$$

$$\theta_{ekstrim} = \left[2 \ln \left\{ \frac{60^2 T}{2\pi} \sqrt{\frac{m_2}{m_0}} \right\} \right]^{\frac{1}{2}} \sqrt{m_0} \quad (2.11)$$

2.13 Respon Dinamis Struktur Terapung Terhadap Eksitasi Beban Gelombang

Struktur terapung pasti mengalami gerak osilasi. Gerak osilasi ini terdiri dari 6 macam gerakan, yaitu 3 macam gerakan lateral dan 3 macam gerakan rotasional dalam 3 arah sumbu pergerakan. Keenam gerakan tersebut adalah sebagai berikut:

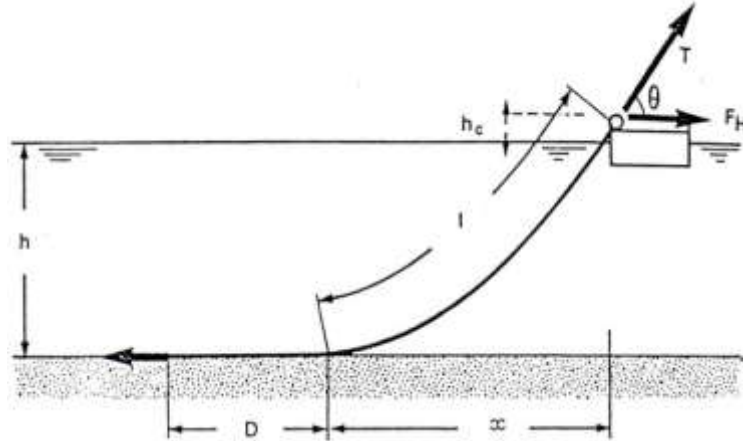
- 1 *Surging* : Gerakan osilasi lateral pada sumbu-x
- 2 *Swaying* : Gerakan osilasi lateral pada sumbu-y
- 3 *Heaving* : Gerakan osilasi lateral pada sumbu-z
- 4 *Rolling* : Gerakan osilasi rotasional terhadap sumbu-x
- 5 *Pitching* : Gerakan osilasi rotasional terhadap sumbu-y
- 6 *Yawing* : Gerakan osilasi rotasional terhadap sumbu-z



Gambar 2.8 Enam Derajat Kebebasan Kapal
(Sumber : www.calqlata.com)

2.14 Konfigurasi Mooring

Penentuan panjang *mooring line* berfungsi agar *barge* pada penambatannya memiliki konfigurasi yang tepat, dan agar *mooring line* itu sendiri memiliki panjang dan *pretension* yang sesuai.



Gambar 2. 1 Panjang minimum *mooring line* (Argema, 1990).

Berikut adalah penentuan panjang minimum dari *mooring line* (*basic equation*).

$$\frac{l}{h} = \sqrt{\frac{2 F_H}{w h} + 1} \quad (2.7)$$

atau

$$\frac{l}{h} = \sqrt{\frac{2 T}{w h} - 1} \quad (2.8)$$

dengan:

l = panjang minimum tali tambat

h = jarak vertical dari *fairlead* ke *seabed* = $h_m + h_c$

h_m = kedalaman air

h_c = tinggi *fairlead* di atas permukaan air

w = berat tali tambat di dalam air per satuan panjang

F_H = horizontal *pre-tension* = 10% MBL

T = *tension* maksimum dari tali tambat (*pre-tension*)

D = *length resting on the seabed* (panjang tali tambat yang menempel pada *seabed*)

Harga D dapat diasumsikan berdasarkan tipe dari tali tambat, yaitu:

- a. 200 s/d 300 m untuk tali tambat yang memiliki konfigurasi *wire rope anchor lines*.
- b. 50 s/d 100 m untuk tali tambat yang memiliki konfigurasi *chain anchor lines*.

Jarak minimum *mooring line* diperhitungkan agar rantai jangkar tidak mengalami tegangan yang besar sehingga tegangan yang dihasilkan masih aman dalam operasi. Perhitungan jarak minimum *mooring line* dapat dicari dengan persamaan (Faltinsen, 1990):

$$x = l - h \left(1 + \frac{a}{h}\right)^5 + a \cosh^{-1} \left(1 + \frac{h}{a}\right) \quad (2.9)$$

Keterangan,

x = jarak minimum mooring line (m)

l = panjang keseluruhan mooring line (m)

h = jarak titik tumpu ke seabed (m)

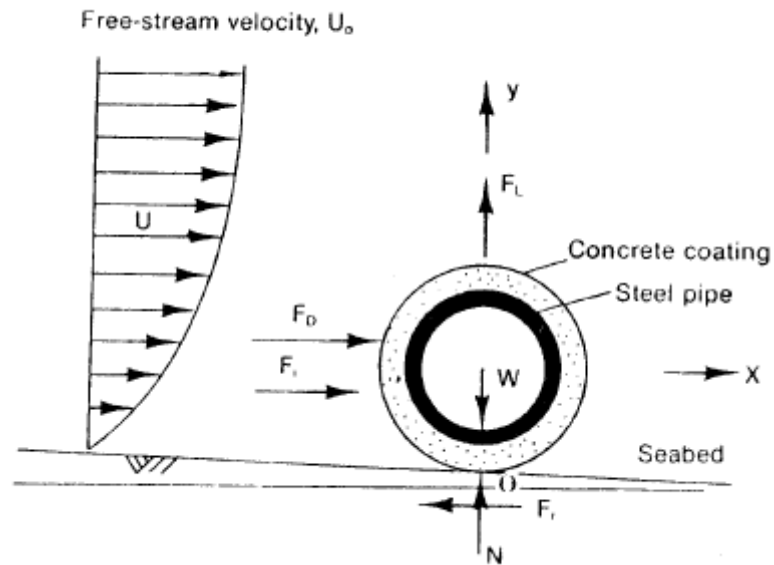
a = TH/w

2.15 Analisis Gaya dan Tegangan Pipa

2.16 Gaya Hidrodinamik Pipa

Pipa dapat dikatakan stabil apabila dapat menerima beban lingkungan yang ekstrim maupun siklis dan tetap berada pada tempatnya. Pipa hanya mengandalkan beratnya sendiri untuk menjaga kestabilannya dari beban-beban lingkungan ketika berada di dasar laut. Stabilitas pipa sendiri dapat dibagi menjadi stabilitas lateral dan stabilitas vertikal. Untuk stabilitas lateral, kestabilan dari pipa dipengaruhi oleh gaya hidrodinamis yang diakibatkan oleh adanya aliran air laut di sekitar pipa. Aliran tersebut dapat dijabarkan dalam bentuk komponen kecepatan dan percepatan relatif partikel air. Sedangkan untuk stabilitas vertikal, kestabilan pipa ditentukan oleh besarnya rentang *specific gravity* terhadap *specific gravity* tanah. Pipa yang meletak di *seabed* akan menerima beberapa gaya. Gaya-gaya tersebut antara lain:

- Gaya berat pipa
- Gaya *drag*
- Gaya inersia
- Gaya angkat (*lift*)
- Gaya gesek



Gambar 2.9 Gaya Hidrodinamik yang Bekerja Pada Pipa
(Sumber : A.H. Mousselli, 1981)

Keterangan :

- W = Berat pipa (lb/ft)
 F_D = *Drag force* (lb)
 F_I = *Inertia force* (lb)
 F_L = *Lift force* (lb)
N = Gaya normal (lb)
 F_r = Tahanan gesek (lb)
U = Kecepatan aliran pada lapisan batas (ft/sec)
 θ = Kemiringan dasar laut (deg)

Pipa dapat dikatakan stabil apabila memenuhi persamaan sebagai berikut:

$$\text{Gaya horisontal (x)} : F_D + F_I - F_r - W \sin \theta = 0 \quad (2.12)$$

$$\text{Gaya vertikal (y)} \quad : N + F_L - W \cos \theta = 0 \quad (2.13)$$

Dimana $F_r = \mu N$

Dengan menggabungkan ketiga persamaan diatas maka didapat:

$$F_D + F_I + \mu (F_L - W \cos \theta) = W \sin \theta \quad (2.14)$$

Sehingga dapat diperoleh berat minimum pipa dengan persamaan:

$$W = \frac{F_D + F_I + \mu F_L}{\mu \cos \theta + \sin \theta} \quad (2.15)$$

Untuk kemiringan dasar laut dengan $\theta = 0^\circ$ maka :

$$W = F_L + \left(\frac{F_D + F_I}{\mu} \right) \quad (2.16)$$

Untuk menghitung gaya *drag* dan gaya inersia dapat menggunakan persamaan morrison. Sedangkan untuk menghitung gaya-gaya horisontal akibat adanya keseragaman arus pada silinder dapat dilihat pada persamaan berikut ini:

$$F_D = \frac{1}{2} \rho C_D D U_e^2 \quad (2.17)$$

$$F_I = \left(\frac{1}{4} \pi D^2 \right) \rho C_M \left(\frac{du}{dt} \right) \quad (2.18)$$

Sedangkan untuk menghitung gaya *lift* menggunakan persamaan berikut ini :

$$F_L = \frac{1}{2} \rho C_L D U_e^2 \quad (2.19)$$

Dimana :

F_D = Gaya *drag* (lb)

F_I = Gaya inersia (lb)

F_L = Gaya angkat (*lift*) (lb)

ρ = Densitas air laut (kg/m³)

D = Diameter luar pipa (m)

U_e = Kecepatan efektif horisontal partikel air (m/s)

C_L = Koefisien *lift*

du = Percepatan horisontal partikel air (m/s²)

C_D = Koefisien *drag* hidrodinamis

C_M = Koefisien inersia hidrodinamis

2.17 Effective Axial Force

Pada saat *laying* pipa akan terjadi tegangan longitudinal sepanjang sumbu pipa yang diakibatkan oleh tegangan-tegangan lainnya yang mempengaruhi seperti *bending stress*, *thermal stress*, *hoop stress* serta *end cap forced induced stress*. Berdasarkan DNV OS F101, tegangan axial yang diperoleh tersebut kemudian akan dikalikan dengan faktor pembebanan yang ada. Kombinasi tegangan yang terjadi dapat diperoleh rumus seperti berikut ini :

$$S_{Sd} = S_F \cdot \gamma_F \cdot \gamma_C + S_E \cdot \gamma_E + S_I \cdot \gamma_F \cdot \gamma_C + S_A \cdot \gamma_A \cdot \gamma_C \quad (2.20)$$

Keterangan :

S_{Sd} = *Effective Axial Force* (KN)

S_F = *Functional Axial Force* (KN)

γ_F = *Functional Load*

γ_C = *Condition Load Effect Factor*

S_E = *Functional Environmental Force* (KN)

γ_E = *Environmental Load*

S_I = *Functional Interference Force* (KN)

S_A = *Functional Accidental Force* (KN)

γ_A = *Accidental Load*

2.18 Equivalent Stress

Tegangan ekuivalen yang terjadi pada pipa merupakan tegangan kombinasi antara *hoop stress* dan juga *longitudinal stress* (Bai, Yong. 2014). Berikut ini merupakan rumus dari *equivalent stress*:

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_h^2 + \sigma_l^2 - \sigma_h \sigma_l} \quad (2.21)$$

Keterangan :

σ_{eq} = *Equivalent stress* (KN/m²)

σ_l = *Longitudinal stress* (KN/m²)

σ_h = *Hoop stress* (KN/m²)

2.19 Local Buckling Check

Cek *local buckling* dilakukan agar nilai-nilai yang telah diperoleh seperti tegangan aksial, *bending moment* dan *external overpressure* dicek apakah sudah memenuhi seperti yang terdapat pada DNV OS-F101:

$$\left\{ \gamma_m \cdot \gamma_{SC} \cdot \frac{|M_{sd}|}{\alpha_c \cdot M_p(t_2)} + \left\{ \frac{\gamma_m \cdot \gamma_{SC} \cdot S_{sd}}{\alpha_c \cdot S_p(t_2)} \right\}^2 \right\}^2 + \left(\gamma_m \cdot \gamma_{SC} \cdot \frac{P_e - P_{min}}{P_c(t_2)} \right)^2 \leq 1 \quad (2.22)$$

Keterangan :

M_{sd} = *Bending moment* (KN.m)

S_{sd} = *Effective axial force* (KN)

p_i = *Internal pressure* (MPa)

p_e = *External pressure* (MPa)

p_b = *Bursting pressure* (MPa)

$S_p M_p$ = *Plastic capacities for a pipe*

α_c = *Flow stress parameter*

A_p = *Account for effect of D/t₂ ratio*

$$S_p(t) = f_y \cdot \pi \cdot (D-t) \cdot t \quad (2.23)$$

$$M_p(t) = f_y \cdot (D-t)^2 \cdot t \quad (2.24)$$

$$\alpha_c = (1-\beta) + \beta \cdot \frac{f_y}{f_c} \quad (2.25)$$

$$\alpha_p = \begin{cases} 1-\beta & \frac{p_t}{p_b} < 0.7 \\ 1-3\beta \left(1 - \frac{p_t}{p_b}\right) & \frac{p_t}{p_b} \geq 0.7 \end{cases} \quad (2.26)$$

$$\beta = \begin{cases} 0.5 & \text{for } D/t_2 < 15 \\ \left(\frac{60-D/t_2}{90}\right) & \text{for } 15 < D/t_2 < 60 \\ 0 & \text{for } D/t_2 > 60 \end{cases} \quad (2.28)$$

$$\beta = \begin{cases} 0.5 & \text{for } D/t_2 < 15 \\ \left(\frac{60-D/t_2}{90}\right) & \text{for } 15 < D/t_2 < 60 \\ 0 & \text{for } D/t_2 > 60 \end{cases} \quad (2.29)$$

$$\beta = \begin{cases} 0.5 & \text{for } D/t_2 < 15 \\ \left(\frac{60-D/t_2}{90}\right) & \text{for } 15 < D/t_2 < 60 \\ 0 & \text{for } D/t_2 > 60 \end{cases} \quad (2.30)$$

2.20 Permodelan dengan Software

Permodelan material yang dilakukan mengikuti permodelan *Ramberg-Osgood*. Menurut *Ramberg-Osgood* permodelan material dinyatakan dengan persamaan:

$$\frac{\kappa}{K_y} = \frac{M}{M_y} + A \left(\frac{M}{M_y} \right)^B \quad (2.31)$$

Dimana :

K : Kurvatur dari pipa (m)

M : Bending moment dari pipa (KN.m)

M_y : $2 \cdot I_c \cdot \sigma_y/D$

K_y : $2 \cdot \sigma_y/(E \times D)$

E : Modulus elastisitas material baja (MPa)

D : Diameter pipa (m)

I_c : Momen inersia pipa (kg.m²)

σ_y : Tegangan elastis nominal pipa (MPa)

A,B : Koefisien Ramberg Osgood

Pada program *orcaflex*, material pipa, *stinger*, *laybarge* dan dasar laut akan dimodelkan dengan permodelan elemen yang sesuai berdasarkan data yang dimasukkan. *Software orcaflex* dapat melakukan analisis antara lain :

1. Analisis statis dan dinamis pada kasus instalasi pipa lepas pantai dengan metode S-Lay dan J-Lay
2. Melakukan analisis permulaan perletakan pipa dan *abandonment and recovery*
3. Menghitung besar tegangan statis, panjang *span* dan defleksi pada pipa
4. Analisis *davit lifting* dan *tie in*

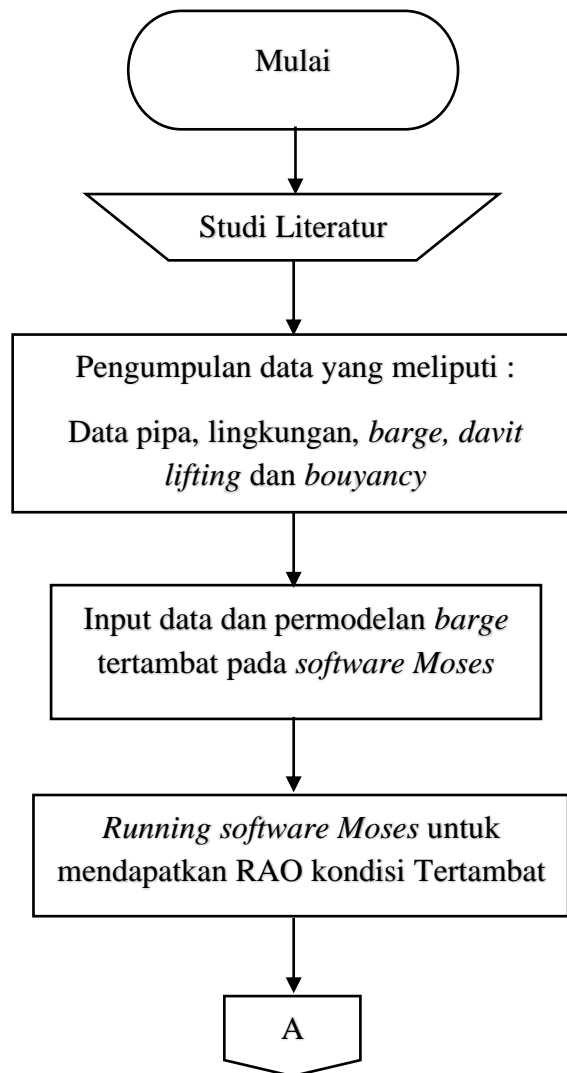
Pada pipa dan kabel dimodelkan sebagai elemen beam yang terbentang mulai dari *lineup station* hingga dasar laut. Elemen-elemen khusus yang lain digunakan untuk memodelkan penumpu pipa, *tensioner*, *laybarge*, dan *stinger*. Sementara dasar laut dimodelkan sebagai pondasi kontinyu elastis dengan faktor gesekan tertentu dari tanah. *Software Orcaflex* terdiri dari program utama dan serangkaian pilihan modul. Program utama digunakan untuk melakukan proses analisis elemen hingga yang dikembangkan secara khusus untuk permodelan dari struktur beam dan kabel yang tidak linear. Setiap modul membantu dalam melakukan analisis setiap masalah yang dihadapi saat proses instalasi dan operasi lapangan minyak bumi dan gas lepas pantai. Secara umum kemampuan *software* dapat dijabarkan sebagai berikut:

1. Permodelan elemen hingga untuk keseluruhan bagian pipa, termasuk didalamnya *stinger* dan *seabed*.
2. Permodelan elemen hingga secara otomatis akan dihasilkan dari input data yang diberikan oleh *user*.
3. Hasil keluaran dari program ini terdapat penjelasan konfigurasi dari *laybarge* dan *stinger* yang bisa dijadikan referensi.
4. Dalam proses analisis *pipelaying* menghitung tekanan pipa pada daerah *overbend* dan *sagbend*, menentukan sudut dan kelengkungan pipa di *barge* dan ujung *stinger*, serta menghitung posisi pendaratan pipa di dasar laut
5. Dalam analisis *davit lifting*, menghitung tegangan pipa dan geometri dari *davit supported pipa* dan *unsupported span*, menghitung panjang dan tegangan dari *davit line*, serta menghitung posisi pendaratan pipa di dasar laut.

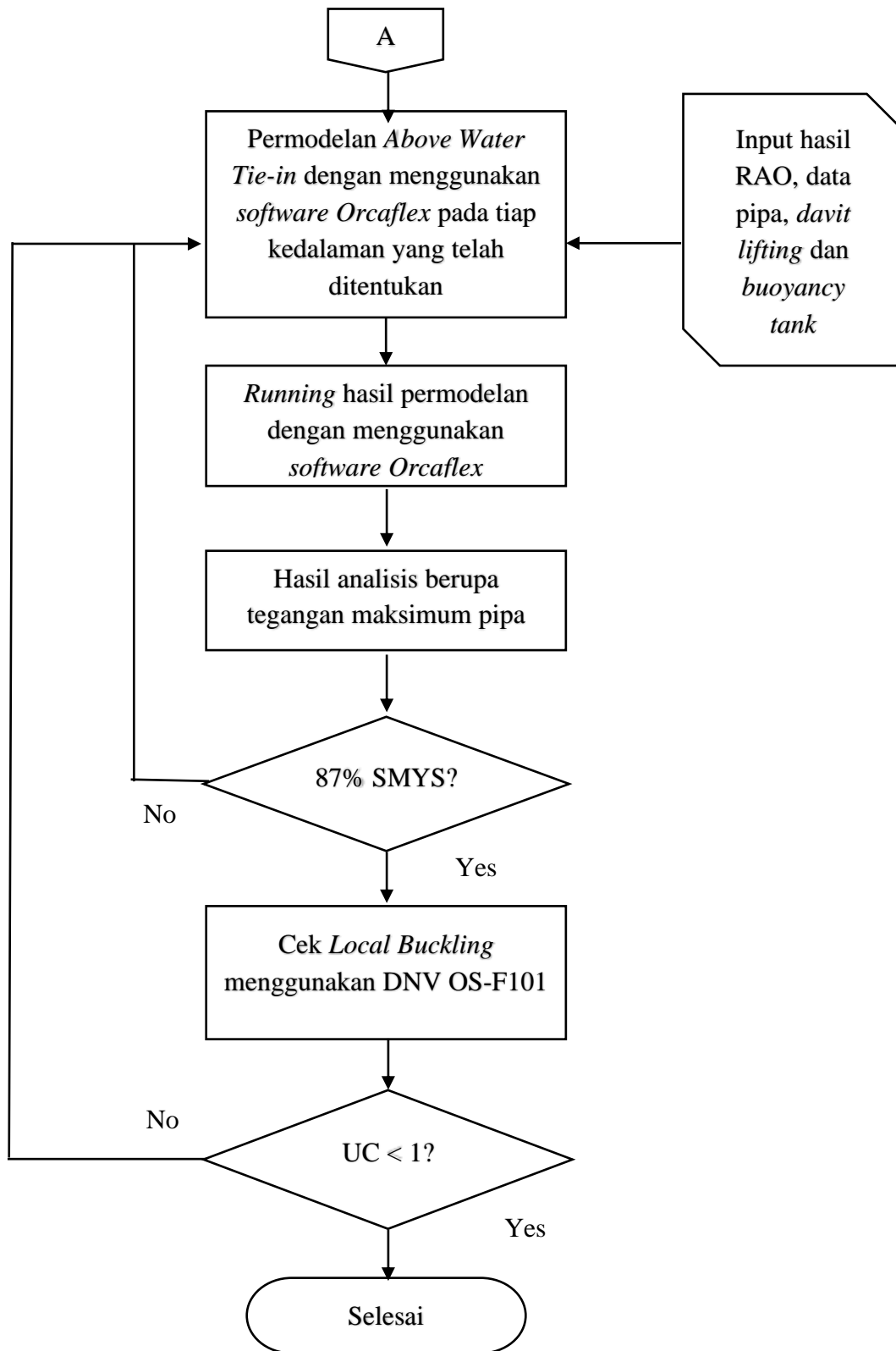
BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metodologi Penelitian

Untuk memudahkan dalam penyusunan penelitian ini, maka semua bentuk kegiatan dilakukan secara urut dan sistematis agar mendapat hasil yang baik. Adapun proses pengerjaan atau runtutan kegiatan tugas akhir dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1a Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir



Gambar 3.1b Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir

3.2 Uraian Prosedur Penelitian

Adapun prosedur penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk meningkatkan pemahaman mengenai topik yang akan dibahas. Maka dari itu, studi literatur yang dilakukan adalah sebagai berikut :

- a. Studi literatur mengenai pipa bawah laut
- b. Studi literatur mengenai prosedur *Above Water Tie-in*
- c. Studi literatur mengenai beban-beban pada sistem perpipaan
- d. Studi literatur mengenai teori gelombang
- e. Studi literatur mengenai spektrum gelombang
- f. Studi literatur mengenai respon struktur terhadap eksitasi beban gelombang
- g. Studi literatur mengenai Gaya dan Tegangan pada Pipa
- h. Studi literatur mengenai *Local Buckling*

2. Pengumpulan data

Pengumpulan data meliputi data-data pipa, data lingkungan, data *barge*, data *davit lifting* dan data *buoyancy tank*.

3. Permodelan dan analisis dengan *software Moses*

Permodelan dan analisis dengan *software Moses* dilakukan untuk mendapatkan RAO kondisi tertambat dari *barge*. Data yang diperlukan untuk analisis ini adalah data-data ukuran utama dari *barge*, data mooring line dan data lingkungan.

4. Permodelan dan analisis dengan *software Orcaflex*

Pada tahap ini dilakukan permodelan proses *Above Water Tie-in* dengan memasukkan data RAO dari *Moses*, data-data pipa, data *davit lifting* dan *buoyancy tank*. Untuk mendapatkan tegangan maksimum pada pipa yang terjadi pada proses *lifting* dan *lowering*. Output tegangan harus dibawah 87% dari SMYS (DNV OS-F101)

5. Pengecekan *local buckling* menurut klas DNV OS-F101 dengan kriteria

$$U_c < 1$$

3.3 Kumpulan Data yang Digunakan

3.3.1 Data Pipa

Berikut merupakan data pipa yang akan ditinjau untuk proses *lifting* dan *loweringnya*.

Tabel 3.1 Pipeline Data

No	Description	Symbol	Value	Unit
1	Pipe Direction			
	- Platform A to B	θ	99	$^{\circ}\text{N}$
	- Platform B to ORF	θ	177	$^{\circ}\text{N}$
2	Approximate Length			
	- Platform A to B	L	16.54	km
	- Platform B to ORF	L	12.3	km
3	Outer Steel Diameter	Ds	610	mm
4	Steel (C-Mn) Thickness	tsteel	17.5	mm
5	Clad (316L) Thickness	tclad	3	mm
6	Concrete Thickness	tconcrete	80	mm
7	Water Density	ρ_{water}	1025	kg/m^3
8	Steel (C-Mn) Density	ρ_{steel}	7850	kg/m^3
9	Clad (316L) Density	ρ_{clad}	7980	kg/m^3
10	Concrete Density	ρ_{concrete}	3040	kg/m^3
11	Content Density	ρ_{content}	55	kg/m^3
12	Gravitation	g	9.8	m/s^2
13	Coating Thickness 1	tcoat1	3.2	mm
14	Coating Density 1	ρ_{coat1}	900	kg/m^3
15	Specified Minimum Yield Strength / Specified Minimum Tensile Strength			
	- C-Mn	SMYS/SMT S	450 / 535	MPa
	- 316L	SMYS/SMT S	172 / 482	MPa
16	Young's Modulus			

No	Description	Symbol	Value	Unit
	- C-Mn	E	207	GPa
	- 316L	E	195	GPa
17	Thermal Expansion			
	- C-Mn	A	11.7×10^{-6}	°C
	- 316L	A	16×10^{-6}	°C
18	Poisson's Ratio (C-Mn & 316L)	v	0.3	

(Sumber : Data KP PT. X)

3.3.2 Data Barge

Berikut merupakan data barge Armada KP1 yang akan dilakukan pemodelan dan digunakan pada penelitian ini:

Tabel 3.2 Data *Barge* – Armada KP1

No	Description	Value	Unit
1	LOA	139	m
2	Beam	30.2	m
3	Depth Moulded	9.1	m
4	Operating Draft	4.6	m
5	Min Draft	3.6	m
6	Gross Tonnage	12598	ton
7	Net Tonnage	3779	ton
8	Deck Space	1254.2	sq.m
9	Displacement	17880.61	ton

(sumber : www.seaboats.net)

3.3.3 Data Lingkungan

Untuk penelitian ini dibutuhkan data lingkungan guna melanjutkan penelitian dalam pencarian tegangan pipa, dsb. Lokasi berada pada Teluk Bintuni, Papua dengan kedalaman yang ditinjau meter. Maka didapatkan data lingkungan sebagai berikut:

Tabel 3.3 Data Lingkungan

No.	Parameter	Symbol	Value	Unit
1	Soil Type	Very loose to dense SAND		
2	bottom roughness	zo	0.05	m
3	Seabed Grain Size	d50	0.11	mm
4	Reduction factor, non permeable seabed	r	1	
5	Friction Coefficient	μ	0.85	
6	Submerged Weight of Soil	γ'	8000	N/m ²
7	undrained shear strength	Su	0	Pa
8	Spectral Spreading exponent	s	2	
9	Water depth	d	77	m
10	Peak enhancement factor	γ	2.64	
11	Storm duration	Tstorm	10800	s
12	Safety class factor	γ_{sc}	1.04	

(Sumber : Data KP PT. X)

Tabel 3.4 Data Gelombang dan Arus

	Parameter	Symbol	Value			Unit
			1 year	10 year	100 year	
1	Significant Wave Height	Hs	1.9	2.6	3.5	m
2	Wave Peak Period	Tp	5.9	6.7	7.5	s
3	Current Speed					
	0.0 m below LAT	Uc	2.25	2.61	2.88	m/s
	6.0 m below LAT	Uc	2.17	2.52	2.79	m/s
	12.0 m below LAT	Uc	2.01	2.33	2.56	m/s
	18.0 m below LAT	Uc	1.84	2.14	2.33	m/s
	24.0 m below LAT	Uc	1.78	2.07	2.29	m/s
	30.0 m below LAT	Uc	1.70	1.97	2.18	m/s
	36.0 m below LAT	Uc	1.63	1.89	2.08	m/s
	42.0 m below LAT	Uc	1.57	1.82	2.02	m/s
	48.0 m below LAT	Uc	1.53	1.78	1.98	m/s
	54.0 m below LAT	Uc	1.31	1.52	1.70	m/s
	57.5 m below LAT	Uc	1.15	1.34	1.51	m/s
	1.0 m above seabed	Uc	0.96	1.25	1.27	m/s
	0.5 m above seabed	Uc	0.90	0.16	1.18	m/s

(Sumber : Data KP PT. X)

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Pemodelan *Barge* dengan Menggunakan *Software* MOSES 7.10

Untuk melakukan reparasi *pipeline above water tie-in* dibutuhkan *repair barge* untuk mendukung operasi tersebut. Maka diperlukan pemodelan *pipelay barge* pada penelitian ini. Pemodelan dilakukan dengan menggunakan software Moses 7.10. dengan memasukkan koordinat-koordinat *pipelay barge* sesuai dengan dimensi dan KG sesuai dengan data yang ada.

Dalam permodelan menggunakan software Moses, perlu dicari radius girasi dengan menggunakan pendekatan dari *Beurau Varietas*, dengan pendekatan sebagai berikut :

- Radius Girasi Roll

$$K_{xx} = 0.289xBx \left(1.0 + \left(\frac{2KG}{B} \right)^2 \right)$$
$$K_{xx} = 8.758$$

- Radiurs Girasi Pitch = Radius Girasi Yaw

$$K_{yy} = K_{zz} = \sqrt{\frac{1}{12}}L$$
$$K_{yy} = K_{zz} = 38.628$$

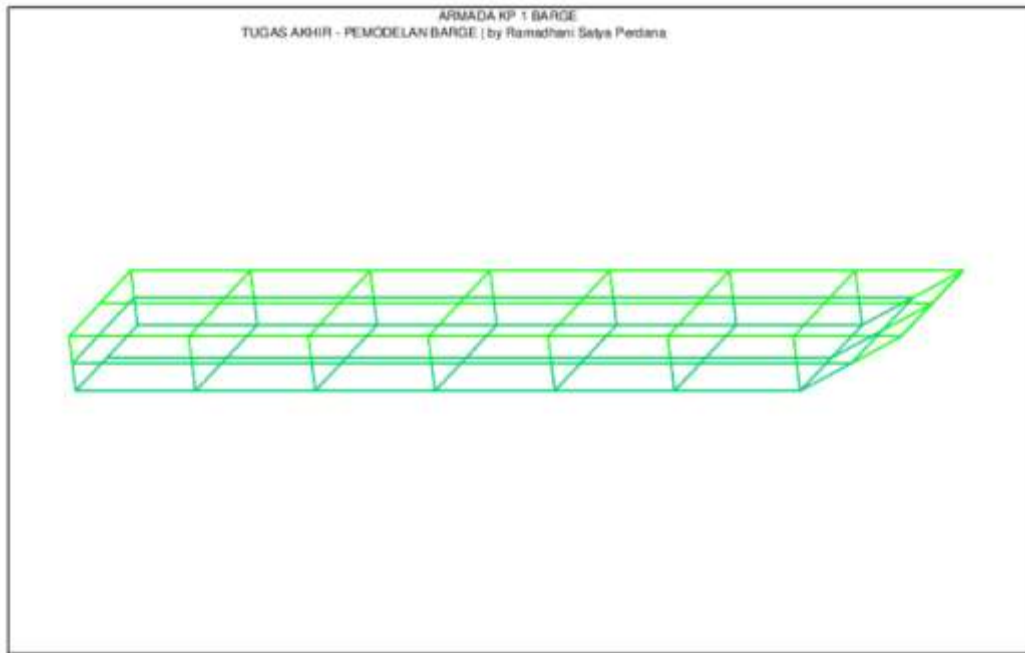
Dengan,

B = lebar kapal (meter)

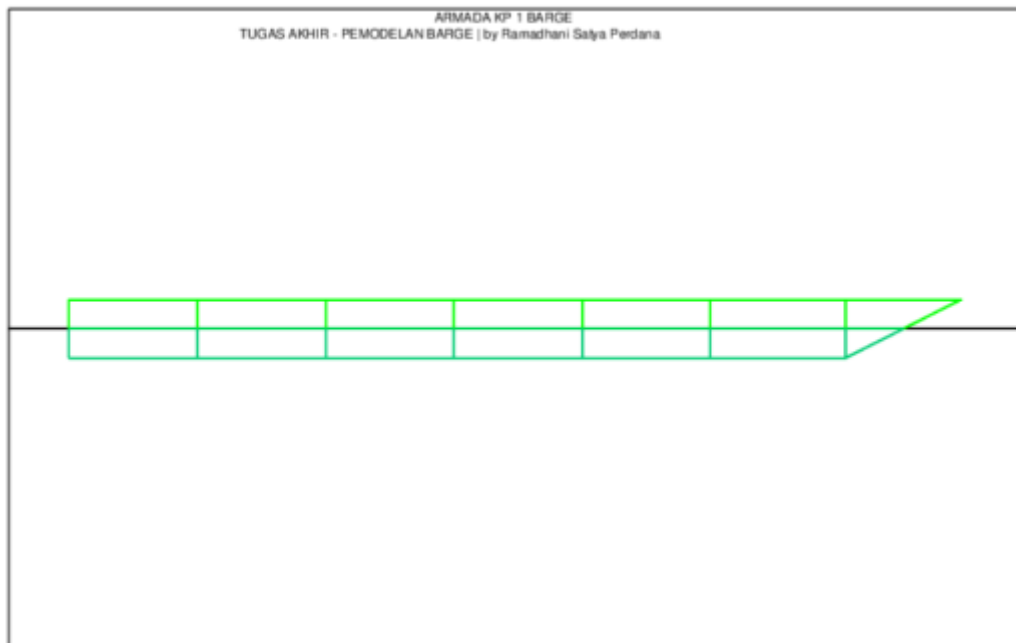
KG = jarak *keel to gravity* (meter)

L = *length of waterline* (meter)

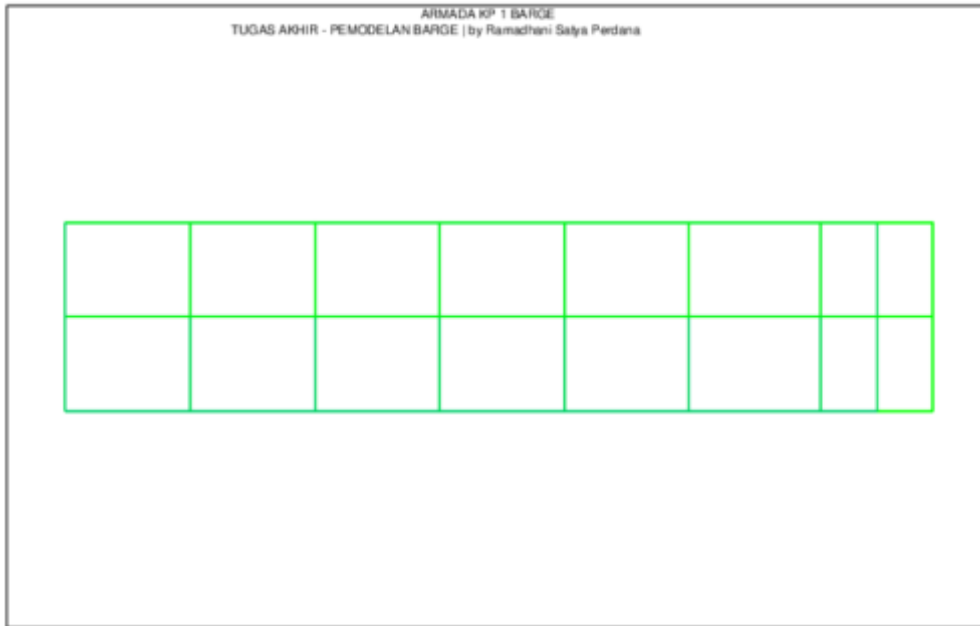
Pemodelan ini menghasilkan output berupa gambar isometris *barge*, tampak samping, atas dan depan. Selain itu pada software ini juga menghasilkan output berupa RAO, *damping* dan *wave drift* yang nantinya akan digunakan sebagai input karakteristik *barge* pada software Orcaflex. Output gambar dari software Moses adalah sebagai berikut :



Gambar 4.1 Tampak Isometris Barge



Gambar 4.2 Tampak Samping Barge



Gambar 4.3 Tampak Atas Barge

4.1.1 Validasi Model

Setelah dilakukan pemodelan maka langkah selanjutnya dilakukan validasi antara model dengan data yang telah didapatkan agar mengetahui pemodelan ini sudah menyerupai bentuk asli pada data atau tidak. Validasi ini membandingkan antara output pada Moses 7.10 dengan data yang selanjutnya akan didapatkan koreksi berupa persentase dan akan diketahui apakah model sudah OK atau tidak ini berdasar pada ABS MODU (2018) untuk displacement <2%; LCB <1%; TCB <0,5%; VCB <1%; Berikut koreksi dari pemodelan *pipelay*.

Tabel 4.1 Validasi Pemodelan *Barge*

Description	Units	Data	Model	Koreksi (%)	Status
Length Overall (LOA)	m	139	139	0.00	OK
Beam (B)	m	30.2	30.2	0.0	OK
Depth Moulded (H)	m	9.1	9.1	0.00	OK
Operating Draft (T)	m	4.6	4.6	0.00	OK
Displacement (D)	ton	15886	15947,4	0,39	OK
Length Center of Buoyancy (LCB)	m	63,22	62,8	0,66	OK

Description	Units	Data	Model	Koreksi (%)	Status
Transversal Center of Bouyancy (TCB)	m	0	0	0,00	OK
Vertical Center of Bouyancy (VCB)	m	2,32	2,33	0,43	OK

4.1.2 Konfigurasi Mooring Line

Untuk mempertahankan posisi *barge* agar tetap stabil, ada dua cara yang dapat dilakukan yaitu dengan sistem penambatan dan *dynamic positioning system*, pada kasus ini sistem tambat dipilih untuk menjaga stabilitas *barge* yang akan dianalisis. Sistem tambat yang digunakan berjenis *catanery mooring* dengan data sebagai berikut :

Tabel 4.2 Data Mooring

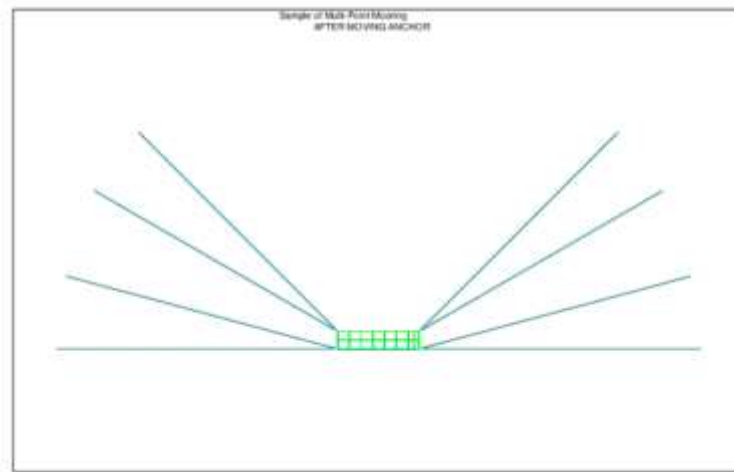
Parameter	Units	Value
<i>Nominal Diameter</i>	mm	58
<i>Weight</i>	Kg/m	13.9
<i>Minimum Breaking Load</i>	ton	242.87
<i>Total Length</i>	m	500
<i>Submerged Weight</i>	Kg/m	12.34
<i>Length of Fairlead to Touch Down Point (horizontal)</i>	m	226.87

Kemudian pemodelan dilakukan dengan menggunakan software Moses dengan konfigurasi sebagai berikut :

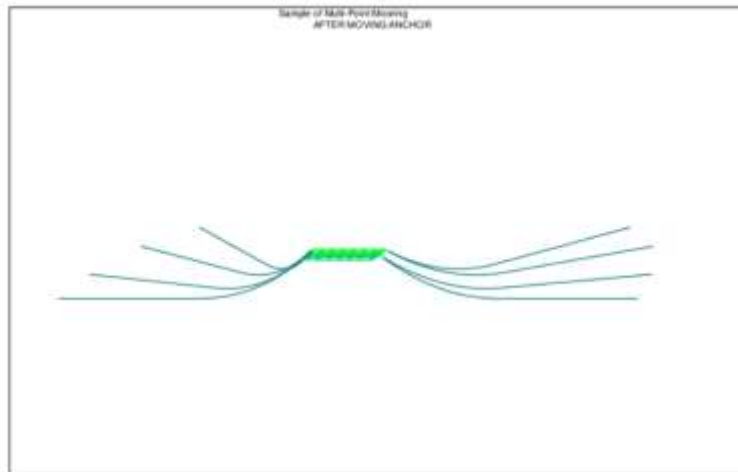


Gambar 4.4 Konfigurasi Mooring

Hasil Pemodelan Mooring dengan menggunakan software MOSES :



Gambar 4.5 Pemodelan Mooring (Tampak Atas)

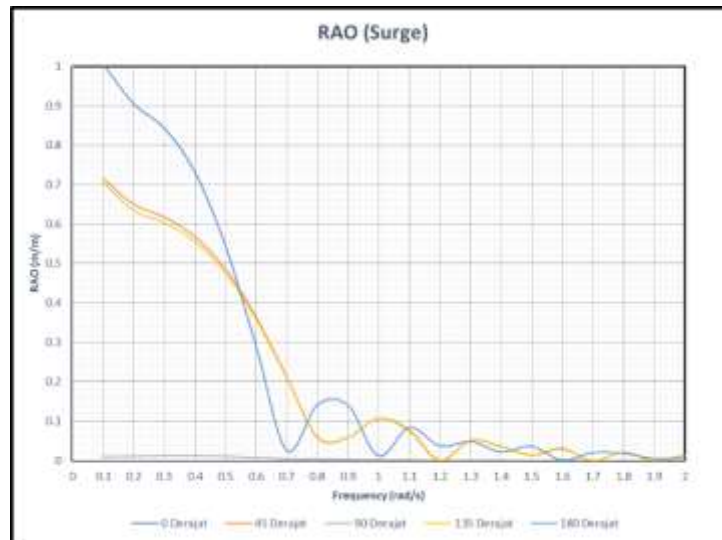


Gambar 4.6 Pemodelan Mooring Tampak Isometris

4.1.3 RAO Barge Armada KP1

Software MOSES yang digunakan juga menghasilkan karakteristik gerakan (*motion*) dari barge Armada KP1. Analisis *motion* barge ini dilakukan dalam kondisi *full load* dan tertambat. Output yang dihasilkan yaitu grafik RAO (*response amplitude operator*) dengan 5 arah pembebanan, dimana pada pemodelan ini sudut 0° ada diarah *heading* kapal dan berturut-turut berputar berlawanan arah jarum (*counter clockwise*). Grafik RAO tersebut akan menunjukkan karakteristik pergerakan barge akibat beban lingkungan dengan enam derajat kebebasan. Analisa grafik RAO dari *software MOSES* untuk gerakan *surge*, *sway*, *heave*, *roll*, *pitch* dan *yaw* dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

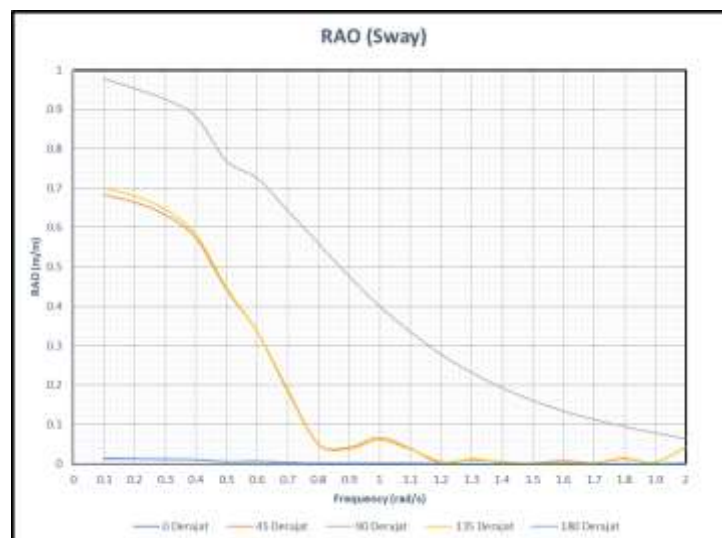
RAO Gerakan Surge



Gambar 4.7 RAO Gerakan Surge

Pada gerakan surge, nilai RAO maksimum terjadi pada arah gelombang 0° dan 180° menunjukkan nilai RAO yang relatif sama dan mempunyai nilai maksimum RAO 1,005 m/m pada frekuensi 0,1 rad/s. Pada arah gelombang 45° dan 135° juga mempunyai pola grafik RAO yang identik dengan nilai RAO maksimum 0,716 dan 0.706 m/m pada frekuensi 0,1 rad/s. kemudian untuk arah 90° RAO maksimum yang terjadi sebesar 0,012 m/m pada frekuensi 0,8 rad/s.

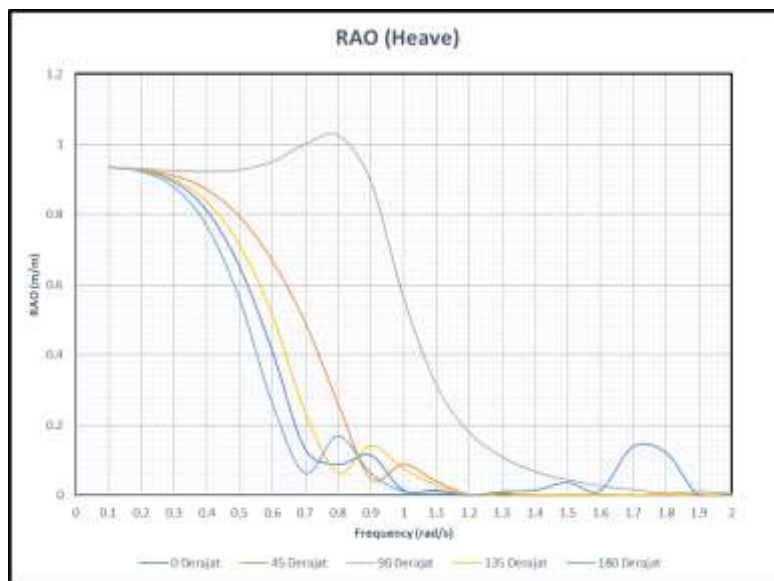
RAO gerakan sway



Gambar 4.8 RAO Gerakan Sway

Pada RAO gerakan Sway ini , nilai maksimum ditunjukkan oleh arah gelombang 90° memiliki nilai RAO paling besar pada masing frekuensi daripada arah gelombang yang lain. Nilai RAO pada frekuensi 0,1 rad/s bernilai 0,979 m/m. Pada arah gelombang 45° dan 135° memiliki pola grafik RAO yang relatif sama dengan nilai RAO maksimum 0.683 dan 0.70 m/m pada frekuensi 0.1 rad/s. Untuk arah 0° dan 180° memiliki nilai RAO 0.013 dan 0.012 m/m.

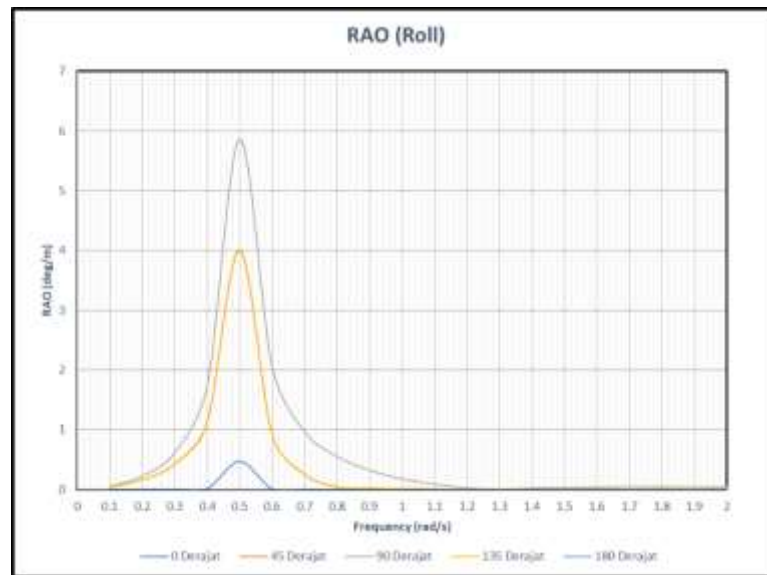
✚ RAO gerakan *heave*



Gambar 4.9 RAO Gerakan *Heave*

Grafik RAO pada masing – masing arah pembebanan memiliki nilai yang berbeda – beda. Nilai maksimum untuk gerakan heave terjadi pada sudut 90° dengan nilai 1.026 m/m pada frekuensi 0.8 rad/s. Untuk sudut lain memiliki nilai yang relatif sama sebesar 0.934 m/m pada frekuensi 0.1 rad/s.

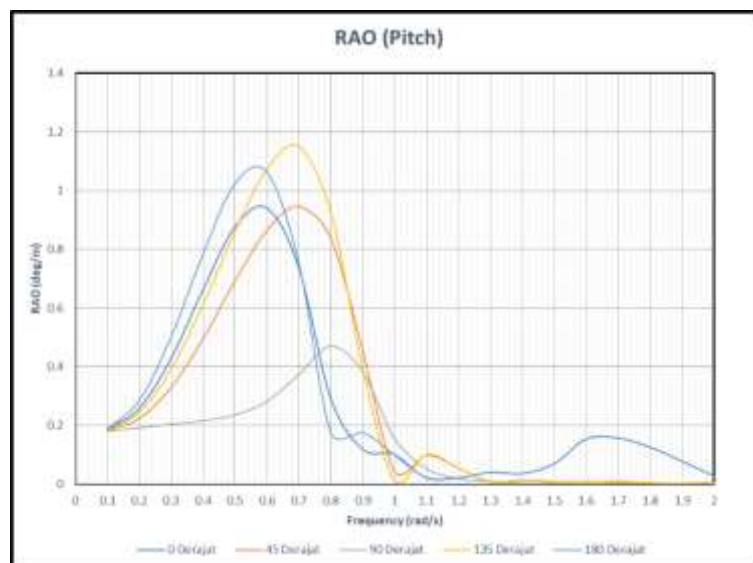
✚ RAO gerakan *roll*



Gambar 4.10 RAO Gerakan *Roll*

Untuk RAO gerakan roll, amplitudo maksimum terjadi pada arah pembebanan 90° dengan nilai 5,866 deg/m dengan frekuensi 0,5 rad/s. Kemudian diikuti dengan amplitudo akibat arah pembebanan 45° dan 135° dengan besar amplitudo yang identik yaitu 4,001 dan 4,022 deg/m pada frekuensi 0,5 rad/s. Kemudian untuk arah 0 dan 180, keduanya memiliki amplitudo sebesar 0.475 deg/m pada frekuensi 0,5 rad/s.

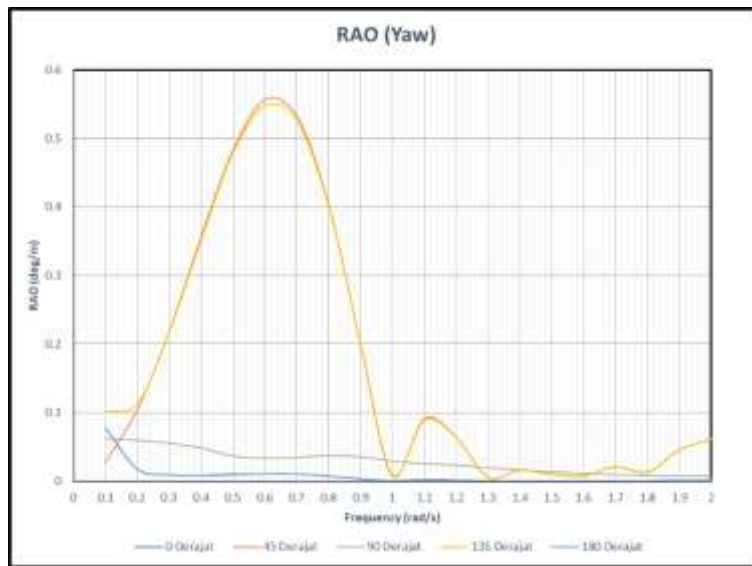
✚ RAO gerakan *pitch*



Gambar 4.11 RAO Gerakan *Pitch*

Pada grafik RAO gerakan pitch, amplitudo maksimum terjadi pada arah pembebanan 135° dengan nilai $1,063 \text{ deg/m}$ pada frekuensi $0,7 \text{ rad/s}$. Kemudian arah pembebanan 180° yang memiliki amplitudo $1,06 \text{ deg/m}$ pada frekuensi $0,6 \text{ rad/s}$. Dilanjutkan dengan amplitudo pada arah pembebanan 45° sebesar $0,946 \text{ m/m}$ pada frekuensi $0,7 \text{ rad/s}$ dan pada arah pembebanan 0° memiliki amplitudo sebesar $0,94 \text{ deg/m}$ pada frekuensi $0,6 \text{ rad/s}$. Kemudian untuk amplitudo minimum terjadi di arah 90° dengan nilai $0,471 \text{ deg/m}$ pada frekuensi $0,8 \text{ rad/s}$.

✚ RAO Gerakan Yaw



Gambar 4.12 RAO Gerakan Yaw

Pada grafik RAO gerakan yaw diatas, amplitudo maksimum terjadi pada arah pembebanan 45° sebesar $0,557 \text{ deg/m}$ pada frekuensi $0,6 \text{ rad/s}$. Kemudian untuk arah pembebanan 135° menghasilkan amplitudo sebesar $0,549 \text{ deg/m}$ pada frekuensi $0,6 \text{ rad/s}$. Untuk arah pembebanan 0° dan 180° memiliki nilai amplitudo yang identik yaitu $0,077 \text{ deg/m}$ pada frekuensi $0,1 \text{ rad/s}$. Amplitudo minimum ada pada arah pembebanan 90° dengan nilai $0,062 \text{ deg/m}$ pada frekuensi $0,1 \text{ rad/s}$.

4.2 Konfigurasi *Lifting* dan *Lowering*

Konfigurasi *lifting* dan *lowering* akan meliputi spesifikasi dan konfigurasi *davit lift*, Jumlah *buoy* atau *lifting bag*, dan koneksi antara *hoist wire* dengan *pipeline*. Dalam konfigurasi ini juga dihitung jumlah dan kapasitas *lifting buoy* dengan perhitungan terlampir.

4.2.1 Konfigurasi Davit Lift

Tabel 4.3 Data *Davit Lift*

	SD01	SD02	SD03	SD04	SD05	SD06
Tipe	A-Frame					
Kapasitas angkat maksimum (MT/kN)	50 / 498,2					
<i>Maximum Hoist Travel</i> (m)	120					
Sudut ayun Maksimum (deg.)	30					
<i>Winch wire stiffness</i> (kN)	52.36 x 10 ³					
Tinggi <i>davit</i> dari dek (m)	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8
Lokasi <i>davit</i> dari buritan <i>barge</i> (m)	10	30	50	80	100	120

(Sumber : Katalog Tytan Marine Inc.)

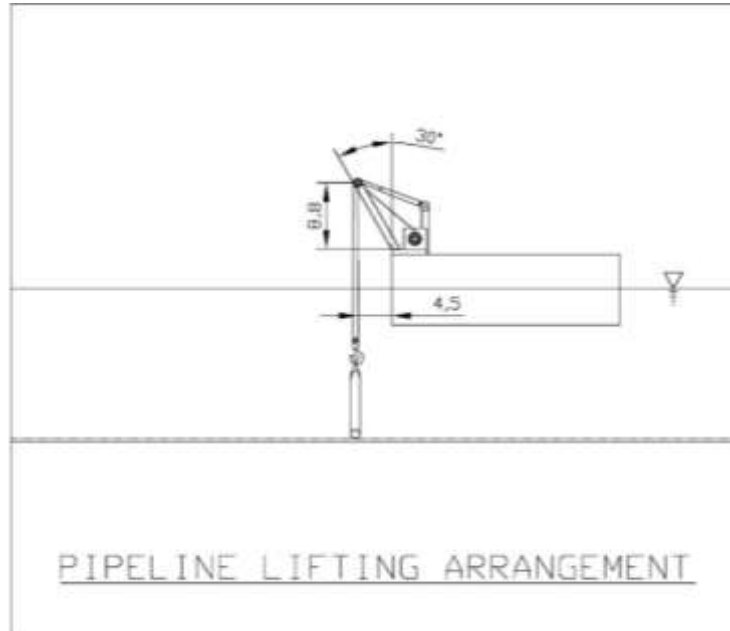
Catatan : SD01 sampai dengan SD06 adalah *Starboard Davit* No. 1 sampai dengan 6.

4.2.2 *Lifting and Lowering Arrangement*

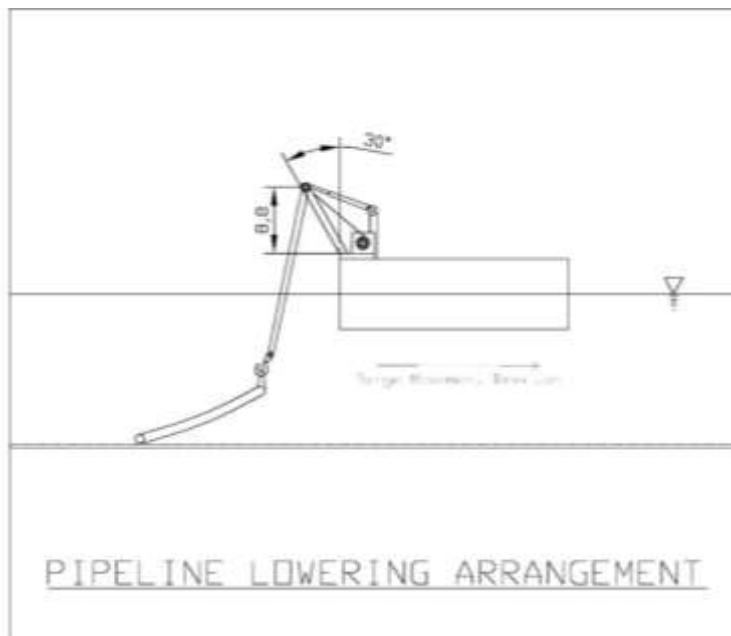
Dalam proses *above water tie-in* kondisi pada saat *lifting* dan *lowering* memiliki konfigurasi yang sedikit berbeda, maka perlu adanya perencanaan untuk tiap prosesnya baik saat *lifting* ataupun *lowering*. Konfigurasi kedua proses tersebut diilustrasikan pada gambar dibawah ini,

✚ **Drawing**

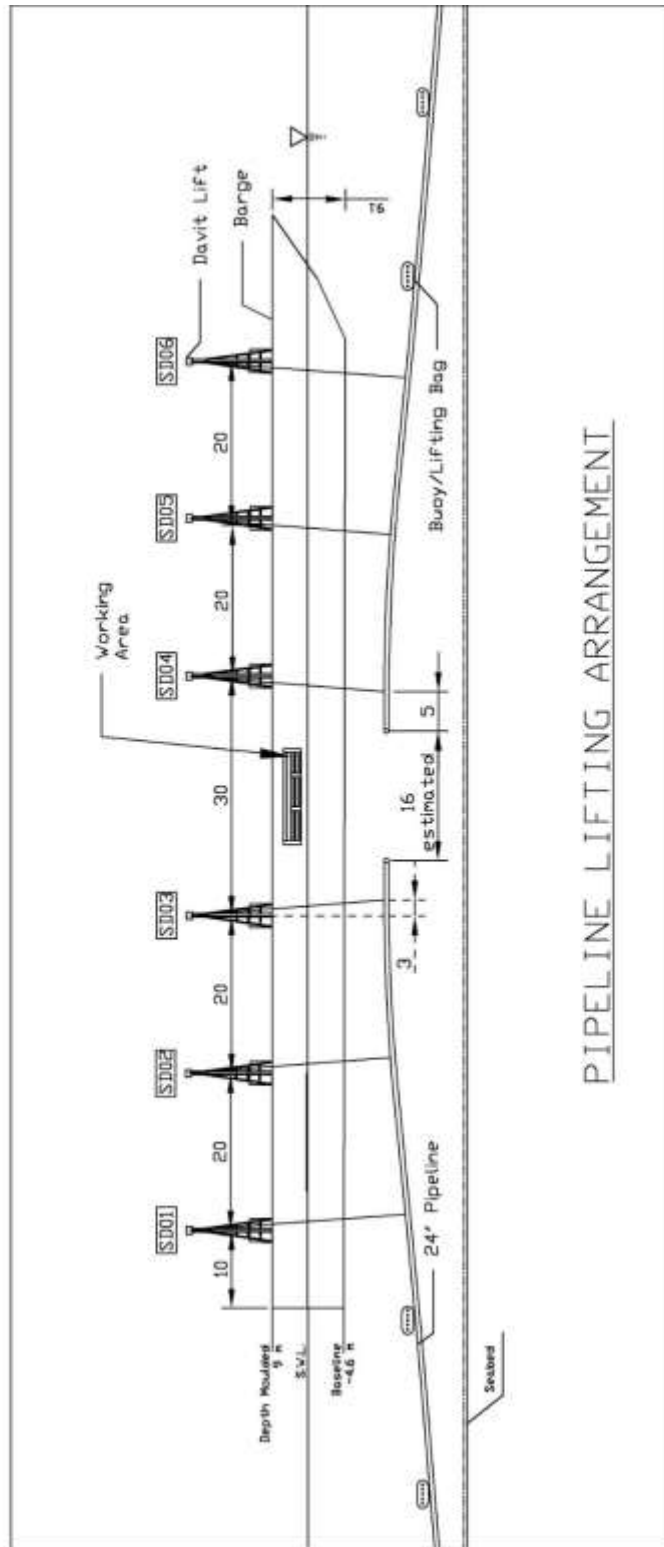
Berikut merupakan *drawing* konfigurasi untuk proses *lifting dan lowering pipeline* :



Gambar 4.13 Pipeline Lifting Arrangement View from Bow

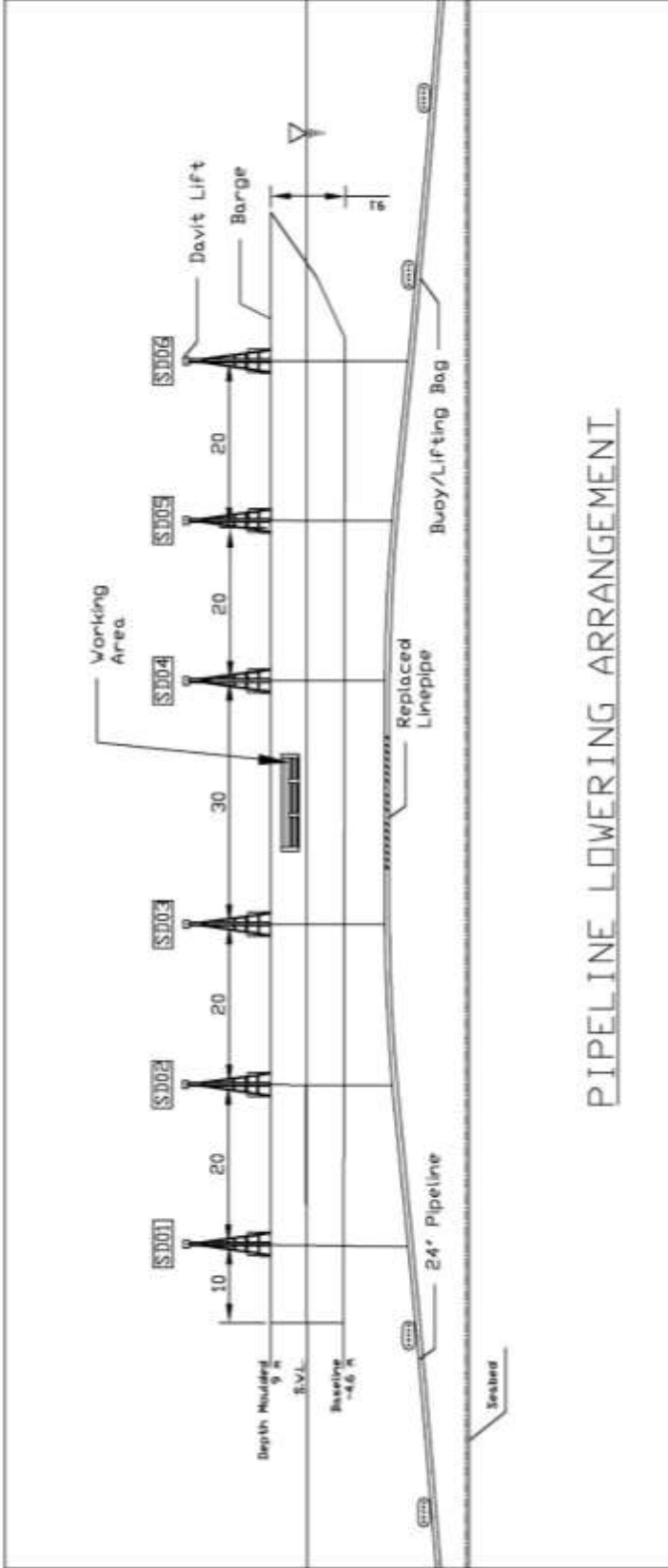


Gambar 4.14 Pipeline Lowering Arrangement View from Bow



PIPELINE LIFTING ARRANGEMENT

Gambar 4.15 Pipeline Lifting Arrangement Overall View



Gambar 4.16 Pipeline Lowering Arrangement Overall View

4.2.3 Permodelan dengan Software Orcaflex

Permodelan dengan menggunakan orcaflex ini ditujukan untuk mendapatkan tegangan maksimum pada pipa saat proses *lifting* dan *lowering*. Selain itu dapat diketahui juga berapa tegangan yang terjadi pada tiap-tiap davit lift, serta besar curvature yang terjadi pada saat proses *lifting* dan *lowering*. Dalam permodelan dengan software orcaflex, ada 3 komponen utama yang dimodelkan yaitu *barge*, *davit*, dan *pipeline*.

4.2.4 Permodelan Struktur Barge

Pemodelan struktur *barge* pada orcaflex dilakukan dengan memasukkan karakteristik hidrodinamik dari hasil analisis menggunakan software MOSES 7.1 yang telah dilakukan sebelumnya, parameter-parameter yang perlu dimasukkan adalah sebagai berikut :

1. Geometri struktur (Panjang, lebar, tinggi dan sarat air *barge*)

Tabel 4.4 Ukuran Utama *Barge*

Description	Data
Length overall (m)	139
Beam (m)	30.2
Moulded Depth (m)	9.1
Operation Draft (m)	4.6

2. *Displacement Barge* dengan titik beratnya (COG)

Tabel 4.5 *Displacement* dan COG *Barge*

Displacement (MT)	COG (m)		
	X	Y	Z
17880.61	76.62	0.0	8.82

3. Momen inersia *barge* dengan radius girasinya

Perhitungan momen inersia yaitu massa dikalikan dengan radius girasi pada sumbu x, y dan z. Dalam penelitian ini perhitungan radius girasi dilakukan dengan pendekatan standard *Bureau Veritas*, dengan perhitungan sebagai berikut :

- Radius Girasi Roll

$$K_{xx} = 0.289xBx \left(1.0 + \left(\frac{2KG}{B} \right)^2 \right)$$

$$K_{xx} = 8.758$$

- Radius Girasi Pitch = Radius Girasi Yaw

$$K_{yy} = K_{zz} = \sqrt{\frac{1}{12}}L$$

$$K_{yy} = K_{zz} = 38.628$$

Dengan,

B = lebar kapal (meter)

KG = jarak *keel to gravity* (meter)

L = *length of waterline* (meter)

Dengan pendekatan diatas didapatkan nilai radius girasi dan momen inersia *barge* adalah :

Tabel 4.6 Radius Girasi dan Momen Inersia *Barge*

Sumbu	Radius Girasi	Momen Inersia
X	18,286	156598.382
Y	38,628	690685.404
Z	38,628	690685.404

4. RAO gerakan *barge* (*displacement RAO*) yang didapatkan dari hasil analisis pada software MOSES
5. Gaya gelombang orde-1 sebagai gaya panel (*panel wave frequency load*) dari output MOSES
6. Matriks 6 x 6 *added mass* dan *damping*
7. Kekakuan hidrostatis (kekakuan *heave*, *roll* dan *pitch*)
 - Kekakuan Gerakan *Heave*

$$K_{33} = \rho \cdot g \cdot A_w$$

- Kekakuan Gerakan *Roll*

$$K_{44} = \rho \cdot g \cdot \nabla \cdot GM_T$$

- Kekakuan Gerakan *Pitch*

$$K_{55} = \rho \cdot g \cdot \nabla \cdot GM_L$$

- Kekakuan Gerakan *Heave-Pitch*

$$K_{35} = \rho \cdot g \cdot A_w \cdot (LCF - LCB)$$

Dengan,

ρ = massa jenis air laut (1.025 ton/m³)

g = percepatan gravitasi (9.81 m/det²)

A_w = luas garis air (m²)

∇ = *volume displacement* bangunan apung (m³)

GM_T = tinggi metacenter melintang (m)

GM_L = tinggi metacenter memanjang (m)

Tabel 4.7 Kekakuan Hidrostatik *Barge*

Heave	Roll	Pitch	
39506.95	0	88890.63	Heave
0	664942.78	0	Roll
88890.63	0	54688848.16	Pitch

8. *Quadratic Transfer Function (QTF) non-dimensional* sebagai *transfer function* gaya gelombang orde-2 diperoleh dengan mengolah data *wave drift force* dari output MOSES dengan diolah dulu menjadi *dimensionless* dengan persamaan :

$$QTF_{translation} = \frac{wave\ drift\ force}{\rho g l}$$

$$QTF_{rotation} = \frac{wave\ drift\ force}{\rho g l^2}$$

4.2.1 Pemodelan Pipeline

Dalam memodelkan *pipeline* ada beberapa parameter yang diperlukan, yang pertama adalah geometri dan massa dari *pipeline* tersebut.

Tabel 4.8 Berat Jenis dan Densitas Pipa

Diameters (m)		Mass per Unit Length (ton/m)
Outer	Inner	
0.610	0.569	0.7195

Kemudian menentukan *Poisson Ratio*, *Bending Stiffness* dan *axial stiffness*. *Bending stiffness* didapatkan dengan persamaan :

$$bending\ stiffness = E \left(\frac{\pi}{64} \right) (OD^2 - ID^2)$$

Untuk *axial stiffness* didapatkan dengan persamaan :

$$Axial\ stiffness = E \left(\frac{\pi}{4} \right) (OD^2 - ID^2)$$

Dengan,

E = Modulus Young (kN/m²)

OD = Outside Diameter (m)

ID = Inside Diameter (m)

Maka didapatkan,

Tabel 4.9 Kekakuan dan *Possion Ratio* Pipa

Bending Stiffness (kN)	Axial Stiffness (kN)	Poisson Ratio
321814	7.4x10 ⁶	0.3

Kemudian memasukkan *seabed friction coefficient* sebesar **0.85** dari data lingkungan yang telah didapatkan sebelumnya. Dilanjutkan dengan memodelkan *lifting bag / buoy* dengan input data sebagai berikut :

Tabel 4.10 Data *Lifting Bag (Buoy)*

Volume (m ³)	Jumlah Buoy	Jarak Antar Buoy	Berat Buoy (ton)
13.155	9	25.5	0.078

4.2.5 Pemodelan Davit Lift

Davit lift pada orcaflex 9.2 dimodelkan dengan *winch* dengan data sebagai berikut :

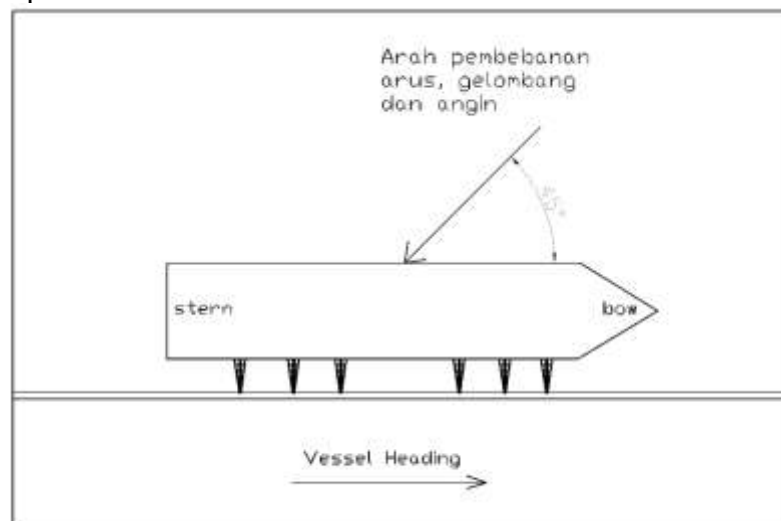
Tabel 4.11 Data *Davit Lift*

	SD01	SD02	SD03	SD04	SD05	SD06
<i>Winch wire stiffness</i> (kN)	52.36 x 10 ³					
Sudut ayun Maksimum (deg.)	30					
Tinggi <i>davit</i> dari dek (m)	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8
Lokasi <i>davit</i> dari buritan <i>barge</i> (m)	10	30	50	80	100	120

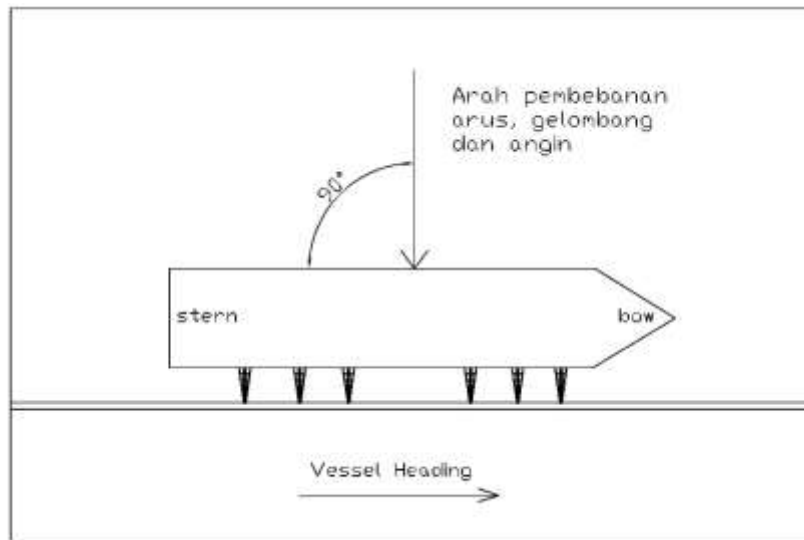
4.2.6 Hasil Pemodelan Lifting dan Lowering

✚ Skema pembebanan arus, gelombang dan angin

Pembebanan arah arus, angin dan gelombang dimodelkan dengan arah yang sama pada satu arah pembebanan tertentu. Skema pembebanan dapat dilihat pada ilustrasi dibawah ini :



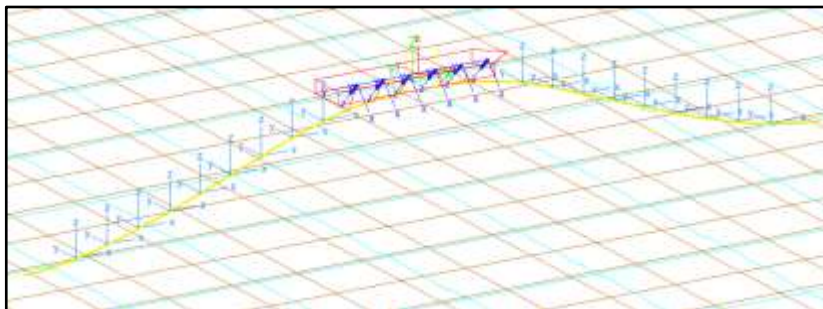
Gambar 4.17 Skema Pembebanan 45°



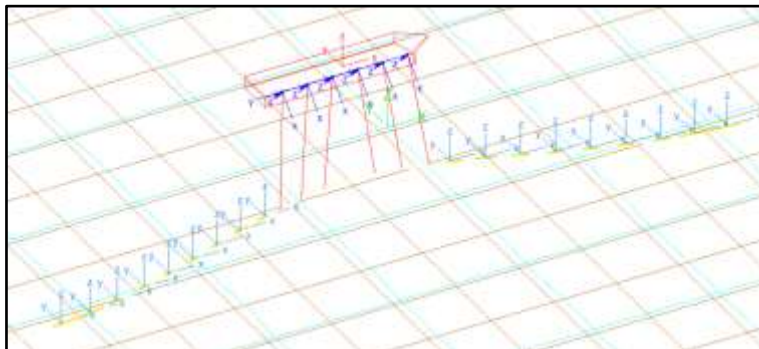
Gambar 4.18 Skema Pembebanan 90°

✚ Pemodelan *Lifting* dan *Lowering*

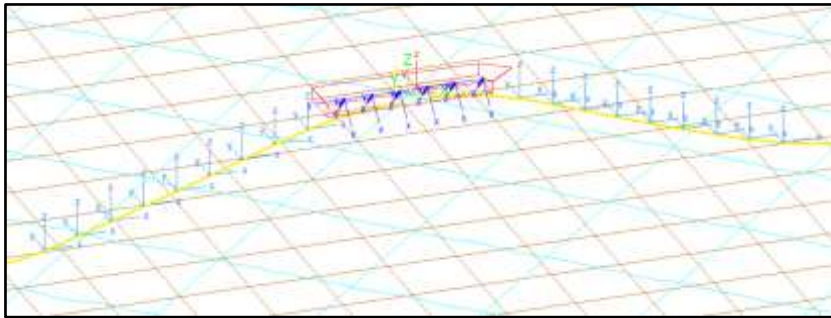
Gambar dibawah ini merupakan hasil pemodelan proses *lifting* pipa.



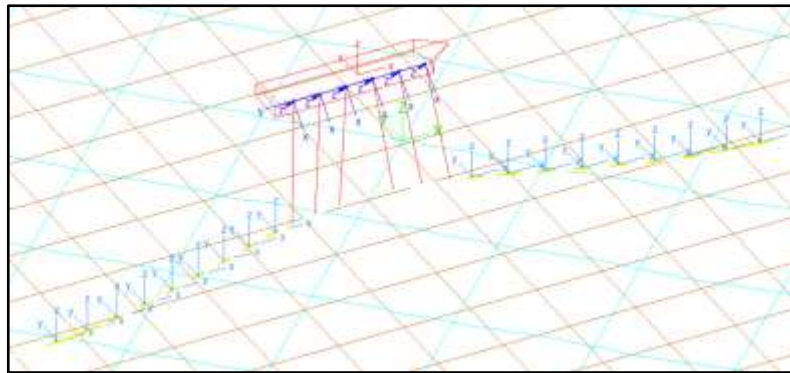
Gambar 4.19 Pemodelan *Lifting* dengan Orcaflex Pembebanan 90°



Gambar 4.20 Pemodelan *Lowering* dengan Orcaflex Pembebanan 90°



Gambar 4.21 Pemodelan *Lifting* dengan Orcaflex Pembebanan 45°



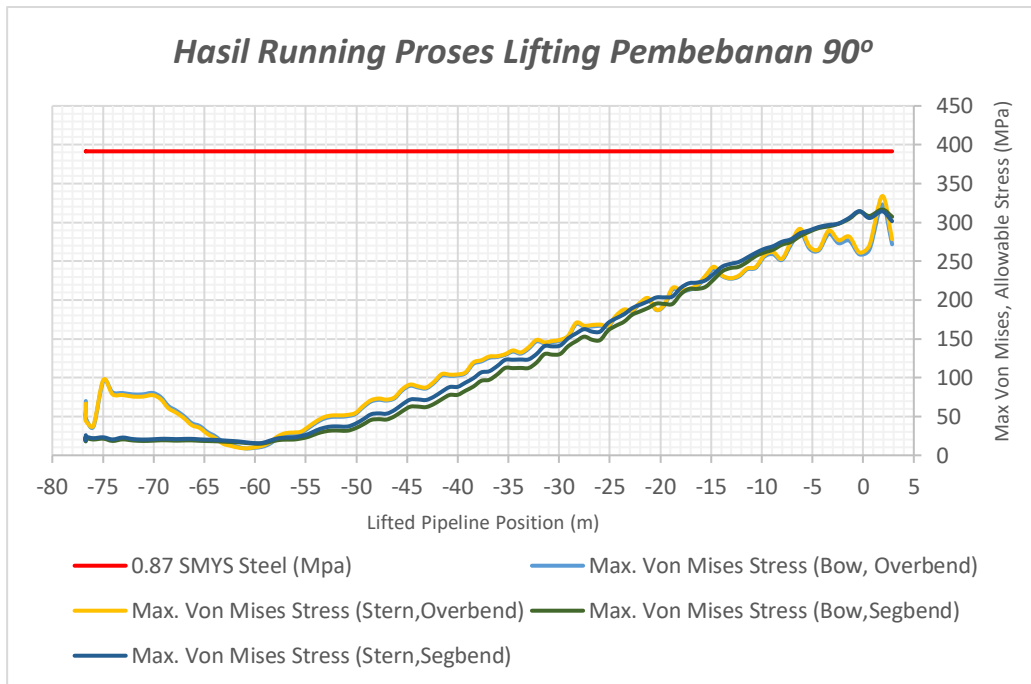
Gambar 4.22 Pemodelan *Lowering* dengan Orcaflex Pembebanan 45°

4.3 Hasil Running Software Orcaflex 9.2

Berikut merupakan hasil analisis proses *lifting* dan *lowering* dengan menggunakan software *Orcaflex 9.2*. Sudut pembebanan pada analisis kali ini dimulai dengan 0° pada arah *heading* kapal dan berturut-turut berputar ke arah berlawanan jarum jam (*counter clock wise*) yang dimaksudkan untuk menghindari kontak antara *pipeline* dengan *barge*, serta untuk memaksimalkan fungsi sistem tambat yang digunakan.

4.3.1 Tegangan Maksimum Pipa (*Maximum Von Mises Stress*)

✚ *Lifting* dengan Arah Pembebanan 90°

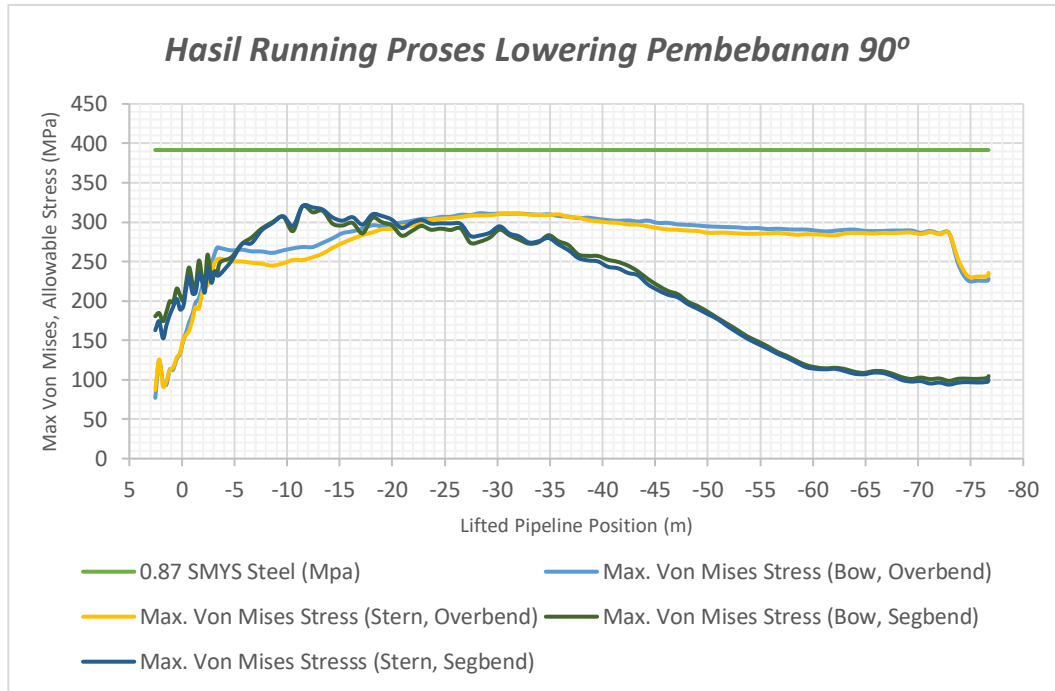


Gambar 4.23 Hasil *Running* Proses *Lifting* Pembebanan 90°

Proses *lifting* dengan kondisi pembebanan arah 90° seperti yang ditunjukkan pada grafik diatas, menunjukkan tegangan von mises maksimum yang terjadi pada pipa bagian haluan (*bow*) area *overbend* bernilai 323,04 MPa dan pada area *sagbend* bernilai 316,53 MPa. Kemudian, tegangan von mises maksimum yang terjadi pada pipa bagian buritan (*stern*) area *overbend* bernilai 333,95 MPa dan pada area *sagbend*

bernilai 314,45 MPa. Maka pada proses *lifting* dengan pembebanan 90° ini masih memenuhi kriteria DNV OS-F101 yaitu dibawah 87% SMYS.

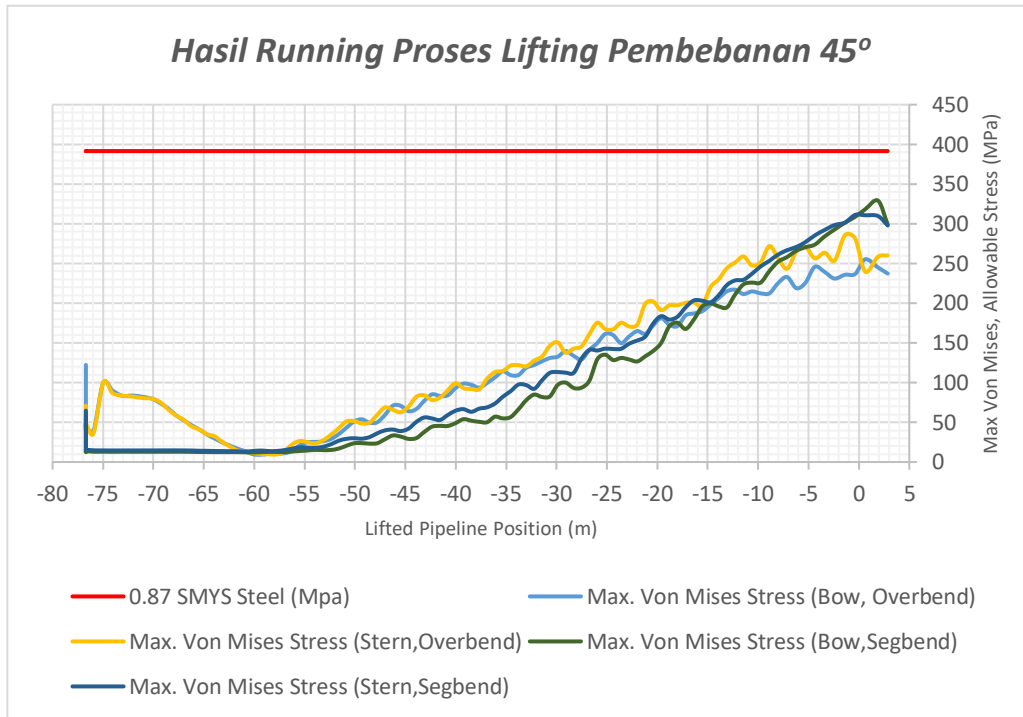
✚ *Lowering* dengan Arah Pembebanan 90°



Gambar 4.24 Hasil *Running* Proses *Lowering* Pembebanan 90°

Pada proses *lowering* dengan kondisi pembebanan arah 90° seperti yang ditunjukkan pada grafik diatas, menunjukkan tegangan von mises maksimum yang terjadi pada pipa bagian haluan (*bow*) area *overbend* bernilai 311,35 MPa dan pada area *sagbend* bernilai 320,06 MPa. Kemudian, tegangan von mises maksimum yang terjadi pada pipa bagian buritan (*stern*) area *overbend* bernilai 311,10 MPa dan pada area *sagbend* bernilai 320,32 MPa. Maka pada proses *lowering* dengan pembebanan 90° ini masih memenuhi kriteria DNV OS-F101 yaitu dibawah 87% SMYS.

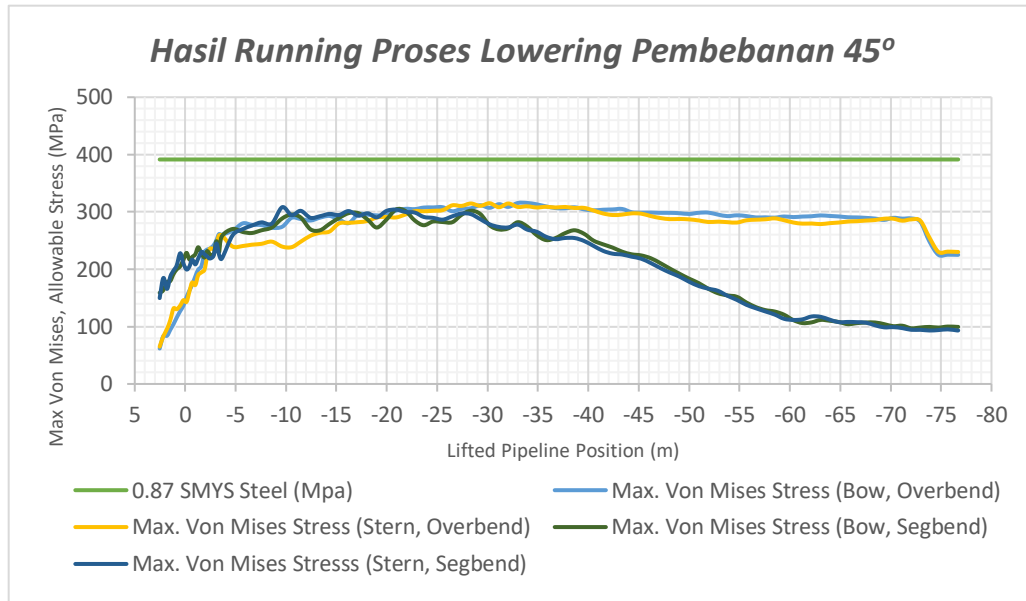
✚ *Lifting* dengan Arah Pembebanan 45°



Gambar 4.25 Hasil *Running* Proses *Lifting* Pembebanan 45°

Pada proses *lifting* dengan kondisi pembebanan arah 45° seperti yang ditunjukkan pada grafik diatas, menunjukkan tegangan von mises maksimum yang terjadi pada pipa bagian haluan (*bow*) area *overbend* bernilai 255,27 MPa dan pada area *sagbend* bernilai 329,16 MPa. Kemudian, tegangan von mises maksimum yang terjadi pada pipa bagian buritan (*stern*) area *overbend* bernilai 285,82 MPa dan pada area *sagbend* bernilai 311,32 MPa. Maka pada proses *lifting* dengan pembebanan 45° ini masih memenuhi kriteria DNV OS-F101 yaitu dibawah 87% SMYS.

✚ Lowering dengan Arah Pembebanan 45°



Gambar 4.26 Hasil *Running* Proses *Lowering* Pembebanan 45°

Pada proses *lowering* dengan kondisi pembebanan arah 90° seperti yang ditunjukkan pada grafik diatas, menunjukkan tegangan von mises maksimum yang terjadi pada pipa bagian haluan (*bow*) area *overbend* bernilai 315,69 MPa dan pada area *sagbend* bernilai 304,30 MPa. Kemudian, tegangan von mises maksimum yang terjadi pada pipa bagian buritan (*stern*) area *overbend* bernilai 315,17 MPa dan pada area *sagbend* bernilai 308,30 MPa. Maka pada proses *lowering* dengan pembebanan 90° ini masih memenuhi kriteria DNV OS-F101 yaitu dibawah 87% SMYS.

Hasil output *Maximum Von Mises Stress* dapat dirangkum pada tabel berikut ini, untuk hasil lengkap lihat pada lampiran.

Tabel 4.12 Rekapitulasi *Maximum Von Mises Stress*

Kondisi & Arah Pembebanan	<i>Max. Von Mises Stress (MPa)</i>			
	<i>Overbend</i>	<i>0.87 SMYS Check</i>	<i>Sagbend</i>	<i>0.87 SMYS Check</i>
<i>Lifting Bow Side (90°)</i>	323.04	OK	316.53	OK
<i>Lifting Stern Side (90°)</i>	333.95	OK	314.45	OK
<i>Lifting Bow Side (45°)</i>	255.27	OK	329.16	OK
<i>Lifting Stern Side (45°)</i>	285.82	OK	311.21	OK
<i>Lowering Bow Side (90°)</i>	311.35	OK	320.06	OK
<i>Lowering Stern Side (90°)</i>	311.10	OK	320.32	OK
<i>Lowering Bow Side (45°)</i>	315.69	OK	304.30	OK
<i>Lowering Stern Side (45°)</i>	315.17	OK	308.30	OK

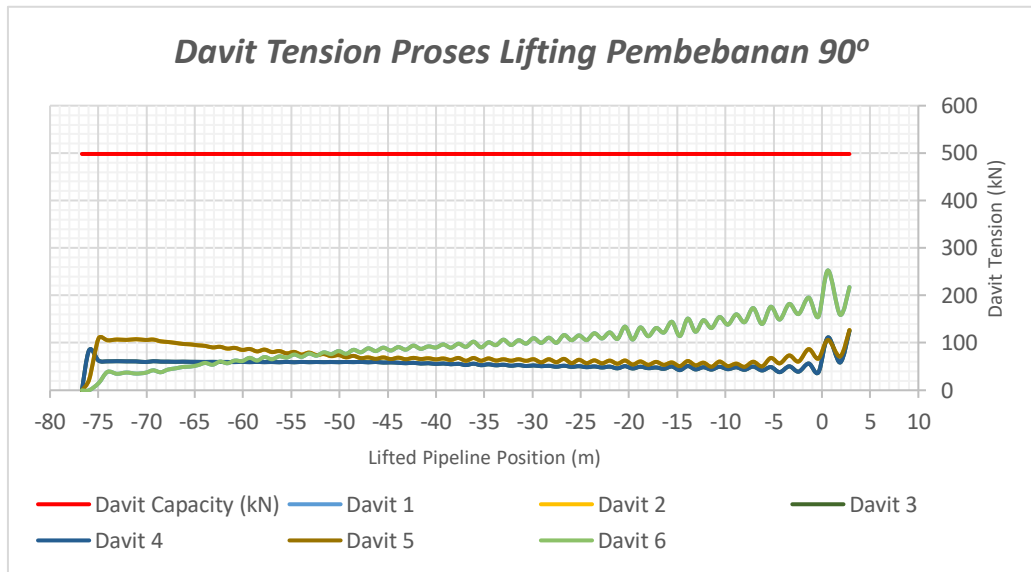
Dari hasil output pemodelan yang telah dilakukan pada arah pembebanan 45° dan 90° telah memenuhi kriteria operasi DNV OS-F101 yaitu 87% SMYS (>391.5 MPa). Maka selanjutnya perlu dilakukan pengecekan *local buckling* untuk mengetahui apakah terjadi *local buckling* atau tidak jika terjadi tegangan sebesar yang telah disebutkan pada tabel diatas.

4.3.2 Tegangan pada *Davit Lift*

Untuk memastikan kapasitas *davit lift* yang telah ditentukan diawal dapat mengakomodir beban yang terjadi, maka perlu dilakukan analisis tegangan pada *davit lift*.

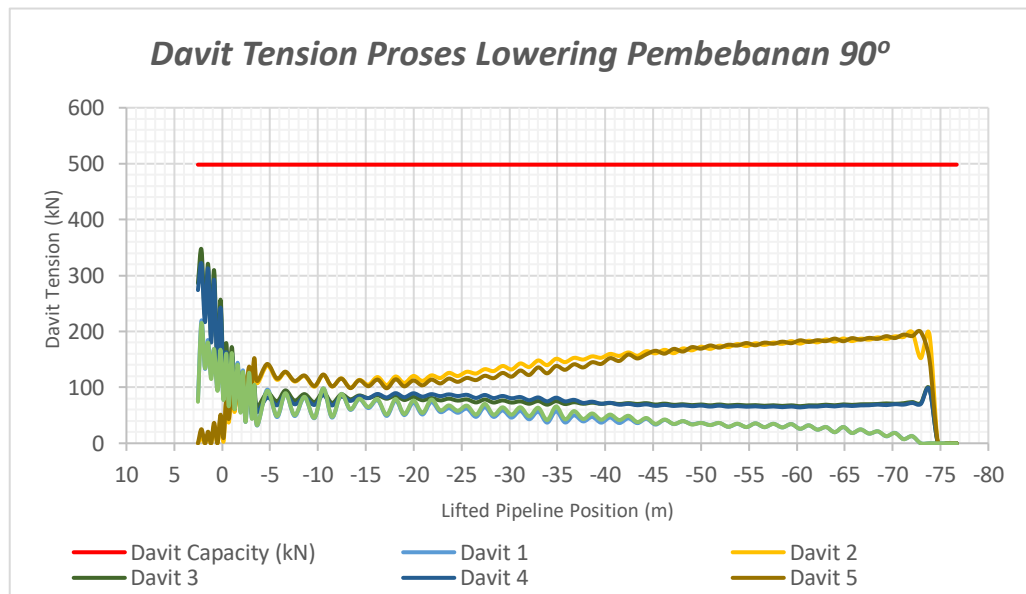
Diawah ini merupakan grafik *tension* pada davit 1, davit 2, davit 3, davit 4, davit 5 dan davit 6 pada kedua pembebanan (45° dan 90°).

✚ *Lifting* dengan Arah Pembebanan 90°



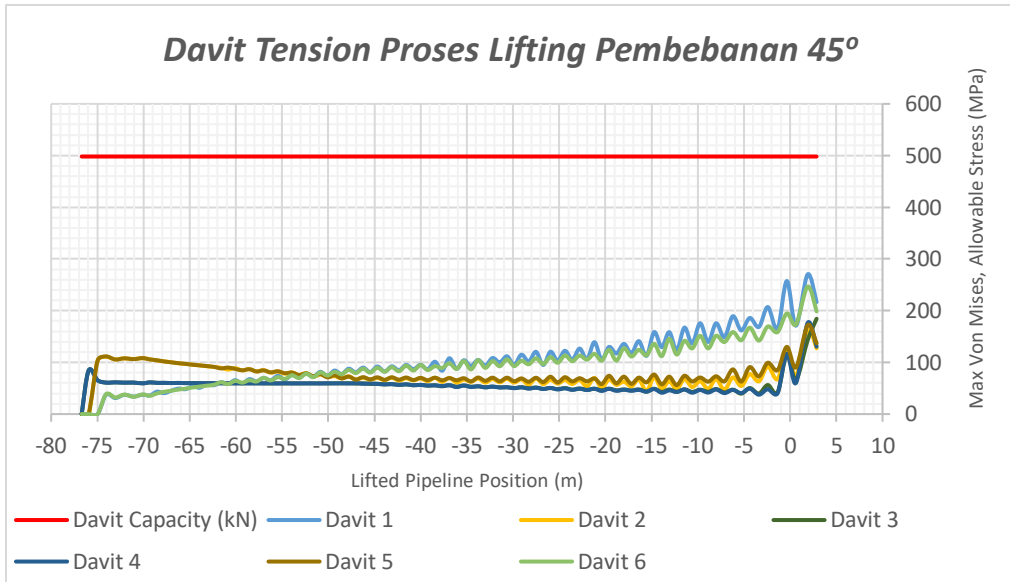
Gambar 4.27 *Davit Tension Proses Lifting Pembebanan 90°*

✚ *Lowering* dengan Arah Pembebanan 90°



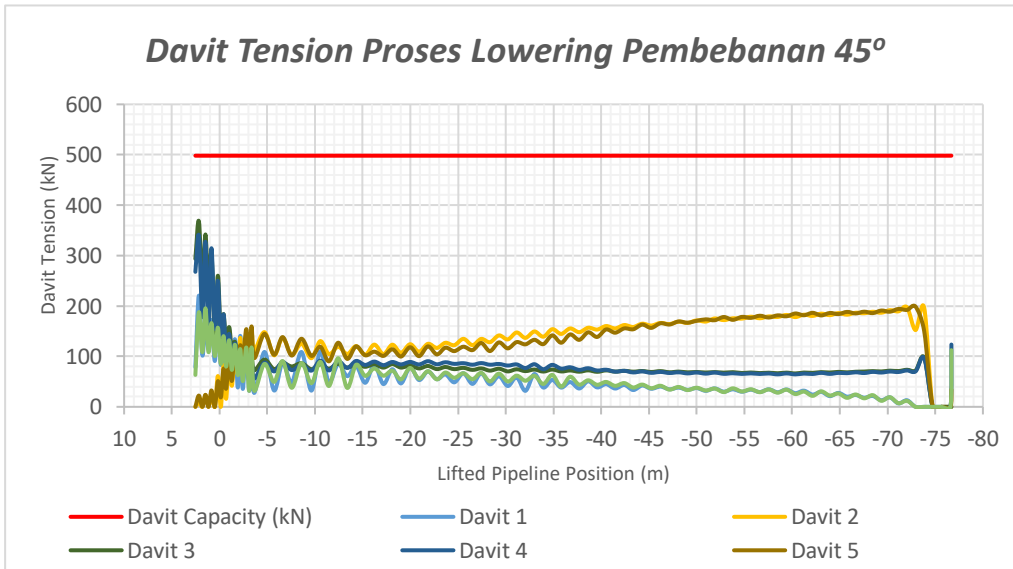
Gambar 4.28 *Davit Tension Proses Lowering Pembebanan 90°*

✚ *Lifting* dengan Arah Pembebanan 45°



Gambar 4.29 *Davit Tension Proses Lifting Pembebanan 45°*

✚ *Lowering* dengan Arah Pembebanan 45°



Gambar 4.30 *Davit Tension Proses Lowering Pembebanan 45°*

Tegangan maksimum yang terjadi pada tiap *davit lift* dirangkum pada tabel dibawah ini :

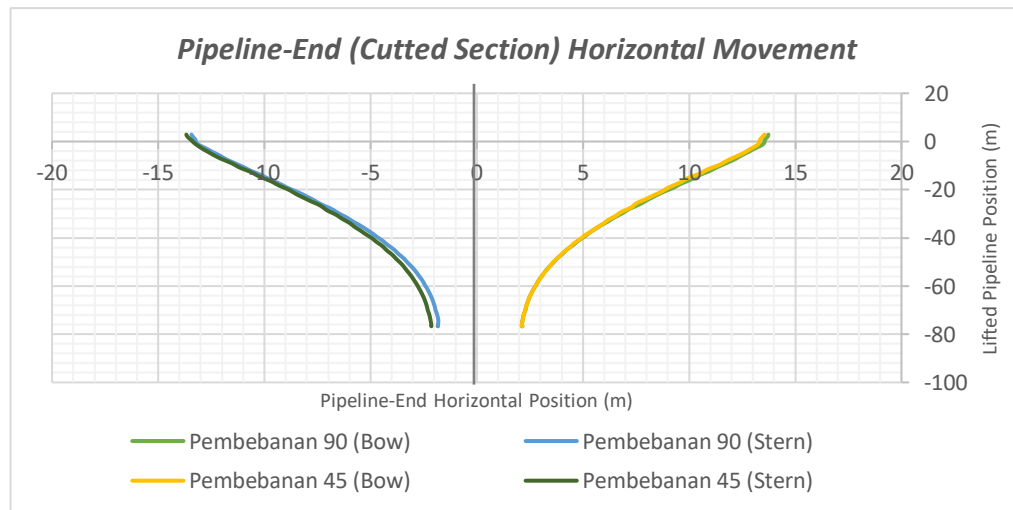
Tabel 4.13 Rekapitulasi *Davit Tension*

Kondisi & Arah Pembebanan	<i>Davit Tension (kN)</i>					
	<i>Davit 1</i>	<i>Davit 2</i>	<i>Davit 3</i>	<i>Davit 4</i>	<i>Davit 5</i>	<i>Davit 6</i>
<i>Lifting 90°</i>	252.75	127.02	125.44	125.45	127.03	252.76
<i>Lowering 90°</i>	219.21	198.66	346.52	321.10	199.15	214.31
<i>Lifting 45°</i>	270.24	161.23	184.42	176.37	172.03	246.55
<i>Lowering 45°</i>	220.68	197.50	368.32	339.38	198.75	195.42

Dari tabel rekapitulasi data output *tension* pada *davit lift* diatas, dapat diketahui bahwa *davit lift* masih dapat mengakomodasi beban yang dikenakan karena beban yang terjadi masih memenuhi kriteria kapasitas *davit* yaitu <498,2 kN. *Tension* maksimum terjadi pada *davit 3* saat proses *lifting* dengan arah pembebanan 45° yaitu sebesar 368,32 kN.

4.3.3 Pipeline-End (Cuttet Section) Horizontal Movement

Jarak perpindahan ujung pipa ketika dilakukan proses *lifting* perlu dihitung untuk mendapatkan berapa panjang pipa yang perlu disediakan untuk mengganti bagian pipa yang rusak akibat *buckling*.



Gambar 4.31 Horizontal Movement pada Pipeline-End (Cuttet Section)

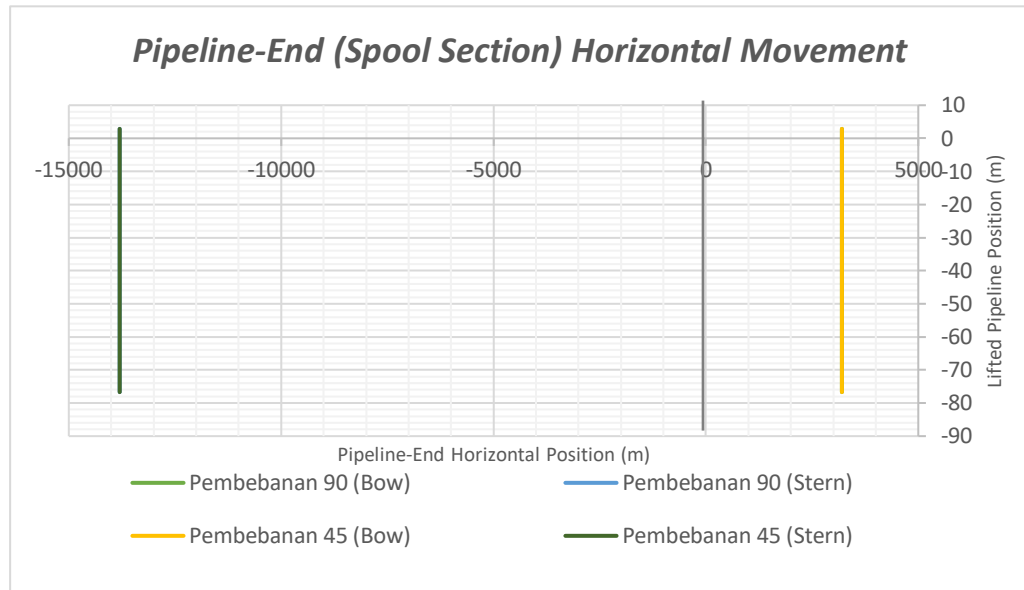
arak perpindahan *pipeline* pada Gambar 4.31 *Horizontal Movement* pada *Pipeline-End (Cutted Section)* Gambar 4.31 dirangkum pada tabel dibawah ini :

	<i>Pipeline Horizontal Position (m)</i>			
	Pembebanan 90°		Pembebanan 45°	
	<i>Bow Side</i>	<i>Stern Side</i>	<i>Bow Side</i>	<i>Stern Side</i>
Maksimum	13.37	-13.43	13.56	-13.68

Pada hasil tabel diatas menunjukkan jarak perpindahan maksimum ujung pipa secara horizontal relatif terhadap titik $x = 0$ adalah 0 m. Maka dari hasil diatas dapat diketahui, untuk pembebanan 90° panjang pipa minimum yang harus disediakan untuk mengganti bagian pipa yang rusak adalah sepanjang 13.37 m ditambahkan dengan 13.43 m, yaitu sepanjang **26,80 m**. Sedangkan untuk kondisi pembebanan 45° panjang pipa yang harus disediakan adalah 13.56 m ditambahkan dengan 13.68 m, yaitu sepanjang **27,24 m**.

4.3.4 Pipeline-End (Spool Section) Horizontal Movement

Perpindahan *Pipeline-End* pada daerah *spool / expansion spool* perlu diketahui untuk dapat menentukan berapa besar fleksibilitas yang harus dimiliki oleh *expansion spool* untuk mengakomodasi jika operasi *repair pipeline* metode *above water tie-in* ini dilakukan. Berikut adalah grafik perpindahan *pipeline-end (spool section)* secara horizontal.



Gambar 4.32 Pipeline-End (Spool Section) Horizontal Movement

Grafik diatas diketahui bahwa tidak terjadi adanya perpindahan pada ujung pipa yang berdekatan dengan *spool*. Hal ini dapat terjadi diakibatkan karena proses *lifting* dilakukan pada pipa yang sebelumnya telah dipotong di bawah air sebelum dilakukan pengangkatan. Disamping itu faktor *seabed friction* dan berat pipa secara keseluruhan juga dapat mempengaruhi besar pergeseran pipa yang terjadi. Maka dari itu, *expansion spool* yang tersedia pasti dapat mengakomodasi, karena hampir tidak terjadi pergeseran (perpindahan) pada ujung *pipeline (spool section)*.

4.4 Pengecekan *Local Buckling* Berdasarkan DNV OS-F101

Dari hasil pemodelan *lifting* dan *lowering pipeline* menggunakan *Orcaflex* 9.2 maka didapatkan pula nilai *maximum bending moment* dan *maximum axial force* yang kemudian digunakan untuk input dalam melakukan analisis *local buckling*. Pengecekan *local buckling* dilakukan dengan pendekatan dari DNV OS-F101 dengan kriteria dibawah ini :

$$\left\{ \gamma_m \cdot \gamma_{SC} \cdot \frac{|M_{sd}|}{\alpha_c \cdot M_p(t_2)} + \left\{ \frac{\gamma_m \cdot \gamma_{SC} \cdot S_{sd}}{\alpha_c \cdot S_p(t_2)} \right\}^2 \right\}^2 + \left\{ \gamma_m \cdot \gamma_{SC} \cdot \frac{P_e - P_{min}}{P_c(t_2)} \right\}^2 \leq 1$$

Pendekatan untuk *unity check* diatas digunakan karena dalam kasus *above water tie-in* ini pipa akan mengalami *bending moment*, *axial force* dan tekanan eksternal yang lebih besar dari tekanan internal (karena pipa dalam kondisi kosong).

Berikut adalah tabel rekapitulasi hasil pengecekan *local buckling* menurut DNV OS-F101. Untuk perhitungan tiap-tiap kondisi pembebanan dapat dilihat pada Lampiran.

Tabel 4.14 Rekapitulasi *Local Buckling Check*

Kondisi & Arah Pembebanan	Overbend			Sagbend		
	Max. Axial Forces (kN)	Max. Bending Moment (kN-m)	Unity Check (UC<1)	Max. Axial Forces (kN)	Max. Bending Moment (kN-m)	Unity Check (UC<1)
Lifting Bow Side (90°)	246.06	1716.07	0.555	413.79	1668.24	0.531
Lifting Stern Side (90°)	416.60	1726.77	0.561	405.93	1678.43	0.536
Lifting Bow Side (45°)	404.72	1449.02	0.425	390.91	1725.58	0.561
Lifting Stern Side (45°)	421.45	1641.15	0.517	409.10	1658.92	0.526
Lowering Bow Side (90°)	180.93	1666.80	0.529	164.16	1709.59	0.551
Lowering Stern Side (90°)	229.53	1664.52	0.528	155.85	1711.73	0.552
Lowering Bow Side (45°)	177.48	1693.38	0.543	152.88	1628.95	0.510
Lowering Stern Side (45°)	216.64	1685.10	0.538	141.75	1648.45	0.519

Dari Tabel 4.14 diatas dapat diketahui bahwa pada semua kondisi dan arah pembebanan, *unity check* memenuhi kriteria UC<1. Maka dari itu dapat disimpulkan bahwa pada analisis kali ini tidak terjadi *local buckling* pada *pipeline*.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari perhitungan dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan yang juga akan menjawab permasalahan yang ada pada penelitian kali ini. Berikut ini merupakan kesimpulan yang dapat dirangkum dari penelitian ini :

1. Karakteristik gerakan *barge* menghasilkan nilai yang bervariasi pada kondisi tertambat dan dengan pembebanan maksimum (*full load*). Untuk gerakan translasi, respon gerakan *barge surge* memiliki nilai maksimum 1,005 m/m pada arah gelombang 0° , gerakan *sway* memiliki nilai maksimum 0,979 m/m pada arah pembebanan 90° , gerakan *heave* memiliki nilai maksimum 1,026 m/m pada arah pembebanan 90° . Kemudian untuk gerakan rotasi, gerakan *roll* memiliki nilai maksimum 5,866 deg/m pada arah gelombang 90° , gerakan *pitch* memiliki nilai maksimum 1,036 deg/m pada arah gelombang 135° , dan gerakan *yaw* memiliki nilai 0,557 deg/m pada arah gelombang 45° .
2. Pemodelan *lifting* dan *lowering* dilakukan dengan memberikan 2 arah pembebanan yang berbeda yaitu 90° dan 45° dengan *output* yang diharapkan berupa tegangan pada *pipeline* (*Max. Von Mises Stress*). Pada pembebanan 90° tegangan pada proses *lifting*, mencapai nilai maksimum 333,95 MPa pada area *overbend* bagian *stern*. Sedangkan untuk proses *lowering*, tegangan maksimum (*max. Von Mises Stress*) terjadi pada area *sagbend* bagian *stern* dengan nilai maksimum 320,32 MPa. Kemudian untuk arah pembebanan 45° tegangan pada proses *lifting*, mencapai nilai maksimum 329,16 MPa pada area *sagbend* bagian *bow*. Sedangkan untuk proses *lowering*, tegangan maksimum (*max. Von Mises Stress*) terjadi pada area *overbend* bagian *bow* dengan nilai maksimum 315,69 MPa. Pada hasil pemodelanan dan analisis kali ini menunjukkan bahwa nilai tegangan yang terjadi masih memenuhi kriteria DNV OS-F101 yaitu kurang dari 0,87 SMYS (<391,5 MPa).

3. Pengecekan *local buckling* yang telah dilakukan menunjukkan bahwa dengan konfigurasi *lifting* dan *lowering* yang digunakan pada kondisi kedalaman maksimum hingga 77m dalam pemodelan kali ini tidak menyebabkan terjadinya *local buckling* karena *Unity Check* pada berbagai kondisi dan arah pembebanan telah memenuhi kriteria $UC < 1$ dengan nilai UC terbesar 0,561.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan penulis untuk penelitian lebih lanjut mengenai tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Dilakukan pemodelan dengan konfigurasi sama menggunakan *software* lainnya seperti *AUTOPIPE*, *OFFPIPE*, dll. untuk komparasi hasil tegangan yang terjadi pada *pipeline*.
2. Dilakukan pemodelan dengan memperhitungkan variasi kedalaman *seabed* dan geometri *pipeline* yang meletak pada *seabed* sesuai dengan *pipeline post-laid coordinate*.
3. Dilakukan pemodelan dengan memperhitungkan adanya *buckle initiator* sepanjang *pipeline route*.
4. Dilakukan pemodelan dengan menggunakan ukuran *barge* yang lebih besar.
5. Dilakukan analisis lebih lanjut mengenai potensi adanya interaksi antara *mooring line* dengan *pipeline* saat proses *lifting* dan *lowering*.

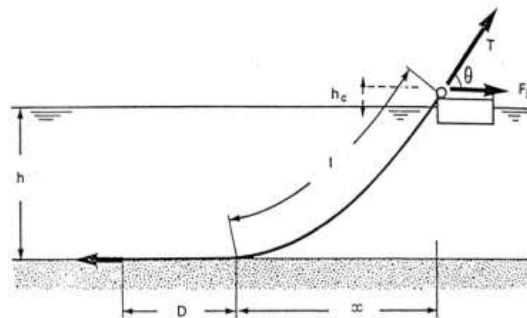
DAFTAR PUSTAKA

- Aristanto, W. 2008. *Analisa Tegangan Pipa Bawah Laut Selama Proses Above Water Tie-in Menggunakan Davit Lifting*. Tugas Akhir Departemen Teknik Kelautan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember: Surabaya.
- Bai, Y. 2001. *Pipeline and Riser*. Elsevier Ocean Engineering Book Series: USA.
- DNV. 2007. *DNV OS-F101 Submarine Pipeline Systems*. Det Norske Veritas : Norway.
- DNV. 2016. *DNVGL-RP-F113 Pipeline Subsea Repair*. Det Norske Veritas : Norway.
- <http://www.seaboats.net/600t-derrick-pipelay-barge-xidp1265114.html> diakses pada 2 Januari 2019
- <https://doowin.cc/products/> diakses pada 20 Maret 2019
- Ibrahim, R. 2016. *Analisis Tegangan Pipa Bawah Laut Selama Proses Above Water Tie-In Menggunakan Davit Lifting dan Bouyancy Tank*. Tugas Akhir Departemen Teknik Kelautan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember: Surabaya.
- Maharini, D. F. 2017. *Analisa Time-Domain Pengaruh Spread Mooring dengan Variasi Jumlah Line terhadap Tension pada Flexible Riser*. Tugas Akhir Departemen Teknik Kelautan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember : Surabaya.
- Mohammadi, K. 2011. *Repair Method for Damaged Pipeline Beyond Diving Depth*. Master Thesis Marine and Subsea Technology. University of Stavanger: Norway.
- Mousselli, A. H. 1981. *Offshore Pipeline Design, Analysis and Methods*. PennWell Books: Oklahoma.

- Ngurah dkk. 2011. *Studi Pengambilan Keputusan Dalam Pipeline Integrity Management Systems Pada Offshore Pipeline Pertamina Hulu Energy Offshore North West Java (PHE ONWJ)*. Tugas Akhir Departemen Teknik Kelautan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember: Surabaya.
- Pratiwi, D. G. 2013. *Above Water Tie In dan Analisis Global Buckling Pada Pipa Bawah Laut*. Tugas Akhir Program Studi Teknik Kelautan. Institut Teknologi Bandung: Bandung.
- Rochani, I. dkk. 2012. *Evaluasi Unjuk Kerja Crane Barge KGM-23 Pada Saat Operasi Pengangkatan dan Pemasangan Boom Burner di Lokasi Peciko Field Platform MWP-B Total E&P Indonesié*. Jurnal Teknik ITS Vol. 1 : G118-123
- Simanjuntak, C. D. R. I. 2010. *Optimasi Bouyancy Tank pada Proses Above Water Tie-in Menggunakan Davit Lifting*. Tugas Akhir Departemen Teknik Kelautan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember: Surabaya.
- Soegiono. 2007. *Pipa Laut*. Airlangga University Press: Surabaya.
- Tytan Marine Inc. 2018. *Marine Winches, Cranes, Windlasses, Capstans and a Variety of Deck Equipment for Shipbuilding, Marine and Offshore Industries*. Produk Katalog.

Perhitungan *Mooring Line* Panjang Minimal *Mooring Line*

<i>Parameter</i>	<i>Units</i>	<i>Value</i>
<i>Nominal Diameter</i>	mm	58
<i>Weight</i>	Kg/m	13.9
<i>Minimum Breaking Load</i>	ton	242.87
<i>Total Length</i>	m	500
<i>Submerged Weight</i>	Kg/m	12.34



$$h = h_m + h_c = 4.4 + 77 = 81.4 \text{ m}$$

$$T = 5 \text{ ton}$$

$$w = 0.0123 \text{ ton/m}$$

$$D = 200 - 300 \text{ m ; safety length (Argema,1990).}$$

$$\frac{l}{h} = \sqrt{\frac{2 T}{w h} - 1}$$

$$l = 243.585 \text{ m}$$

Setelah ditambah safety length (D) sepanjang 200 - 300 m maka; Panjang total mooring line adalah **500 m**.

Jarak fairlead ke touchdown (secara horizontal):

$$x = l - h \left(1 + \frac{a}{h}\right)^5 + a \cosh^{-1} \left(1 + \frac{h}{a}\right)$$

$$a = T/w$$

$$a = 405.15$$

$$x = 226.87 \text{ m}$$

Perhitungan Berat Pipa

Perhitungan berat pipa dilakukan karena keterbatasan software Orcaflex 9.2 yang tidak bisa memodelkan *multilayer pipe*. Sehingga untuk mengetahui berat total pipa yang termasuk lapisan *clad*, *concrete weight coating*, dan *anti corrosion coating* harus dilakukan perhitungan secara manual.

Diameter Pipa termasuk semua coating (m)	OD = 0.61 m
D = OD + 2t _{corr} + 2t _{coating}	t _{corr} = 0.0032 m
D = 0.776 m	t _{cwc} = 0.08 m
Diameter dalam pipa (m)	
Di = OD - 2t _{st} - 2t _{clad}	D = 0.7764 m
Di = 0.569 m	t _{st} = 0.0175 m
	t _{clad} = 0.003 m
Berat concrete coating di udara (N/m)	
W _c = π/4 . ρ _c . [(D) ² - (D-2t _{coating}) ²] .g	π = 3.14159
W _c = 5219.647 N/m	ρ _{cwc} = 3040 kg/m ³
	D = 0.7764 m
	t _{cwc} = 0.08 m
	g = 9.81 m/s ²
Berat steel di udara (N/m)	
W _{st} = π/4 . ρ _{st} . ((OD) ² - [OD-2(t _{st} -corr allow)] ²).g	corr allow = 0.003 m
W _{st} = 1408.733 N/m	π = 3.14159
	ρ _{st} = 7850 kg/m ³
	OD = 0.61 m
	t _{st} = 0.0127 m
	g = 9.81 m/s ²
Berat clad di udara (N/m)	
W _{st} = π/4 . ρ _{st} . ((OD) ² - [OD-2(t _{st} -corr allow)] ²).g	corr allow = 0.0005 m
W _{st} = 373.515 N/m	π = 3.14159
	ρ _{st} = 7980 kg/m ³
	OD = 0.61 m
	t _{clad} = 0.003 m
	g = 9.81 m/s ²

Berat lapisan anti korosi di udara (N/m)	
$W_{corr} = \pi/4 \cdot \rho_{cor} \cdot [(OD+2t_{corr})^2 - (OD)^2] \cdot g$	
$W_{corr} =$	54.427 N/m

$$\begin{aligned} \rho_{cor} &= 900 && \text{kg/m}^3 \\ t_{corr} &= 0.0032 && \text{m} \\ OD &= 0.61 && \text{m} \\ g &= 9.81 && \text{m/s}^2 \\ \pi &= 3.14159 \end{aligned}$$

Buoyancy pipa per satuan panjang (N/m)	
$b = \pi/4 \cdot \rho_w \cdot (D)^2 \cdot g$	
$b =$	4760.514 N/m

$$\begin{aligned} \pi &= 3.14159 \\ \rho_w &= 1025 && \text{kg/m}^3 \\ D &= 0.7764 && \text{m} \\ g &= 9.81 && \text{m/s}^2 \end{aligned}$$

Maka didapatkan berat pipa diudara dengan nilai :

$$\begin{aligned} W_{tot} &= W_{st} + W_{corr} + W_{clad} + W_{ewc} \\ W_{tot} &= \mathbf{7056.32 \text{ N/m}} \\ &= \mathbf{0.719 \text{ Ton/m}} \end{aligned}$$

Dan berat terendam pipa adalah :

$$\begin{aligned} W_{tot} &= W_{st} + W_{corr} + W_{clad} + W_{ewc} - b \\ W_{tot} &= \mathbf{2295.8 \text{ N/m}} \\ &= \mathbf{0.234 \text{ Ton/m}} \end{aligned}$$

Perhitungan Jumlah Buoy

Untuk menentukan perkiraan jumlah buoy digunakan pendekatan sederhana dengan perhitungan dibawah :

Berat Pipa (Terendam) = 0.234 Ton/m

perkiraan panjang TDP = 264 m

(Dengan melakukan satu simulasi percobaan pada orcaflex)

Berat Pipa hingga TDP (touch Down Point) = 61.80336 Ton

(Berat pipa x Panjang TDP)

Jumlah Lifting Bag = 8 unit

Lifitng capacity = 7.725 ton

(Berat pipa hingga TDP/Jumlah lifting bag)

Jarak antar lifting bag = 25.5 meter

[(Jarak TDP-Jarak lifting point terluar) / Jumlah Lifting bag]

Data Dimensi *Bouy / Lifting Bag*

Type	Model	Lift Capacity		Dimension (m)		Pick Up Points	3/4' Inlet Valves	Appr. Packed Size (m)			Weight (kgs)
		KGS	LBS	Dia	Length			Length	Length	Width	
Commercial Lifting Bags	TP-50L	50	110	0.3	0.6	2	1	0.60	0.30	0.20	5
	TP-100L	100	220	0.4	0.9	2	1	0.65	0.30	0.25	6
	TP-250L	250	550	0.7	1.1	2	1	0.70	0.35	0.30	8
	TP-500L	500	1,100	0.9	1.4	2	1	0.80	0.35	0.30	10
Professional Lifting Bags	TP-1	1,000	2,200	1.0	1.8	2	2	1.20	0.40	0.35	18
	TP-2	2,000	4,400	1.2	2.3	3	2	1.10	0.40	0.40	28
	TP-3	3,000	6,600	1.4	2.5	3	2	1.20	0.50	0.45	39
	TP-5	5,000	11,000	1.5	3.4	5	2	1.30	0.50	0.50	52
	TP-6	6,000	13,200	1.6	3.6	5	2	1.35	0.50	0.50	66
	TP-8	8,000	17,600	1.8	3.8	6	2	1.30	0.60	0.60	78
	TP-10	10,000	22,000	2.1	3.6	6	2	1.30	0.80	0.60	89
	TP-15	15,000	33,000	2.2	4.6	7	2	1.30	0.80	0.70	120
	TP-20	20,000	44,000	2.4	5.6	7	2	1.30	0.80	0.75	138
	TP-25	25,000	55,125	2.5	5.7	7	2	1.60	0.90	0.80	189
	TP-30	30,000	66,000	2.7	6.1	6	2	1.60	0.90	0.80	280
TP-35	35,000	77,000	2.9	6.2	6	2	1.60	1.00	0.90	310	

(Sumber : www.doowin.cc)

Dari hasil perhitungan diatas, dicocokkan dengan *lifting buoy* yang tersedia di pasaran untuk mendapatkan dimensi yang digunakan sebagai input pada software orcaflex 9.2.

Maka dipilih *lifting buoy* dengan kapasitas yang paling mendekati yaitu **TP-8** dengan kapasitas angkat sebesar 8 ton dan memiliki volume sebesar **13.155** m³. volume ini akan digunakan sebagai input pada software orcaflex 9.2

Jumlah Buoy yang digunakan dapat dioptimasi dengan melihat kurva hasil permodelan dengan menggunakan Orcaflex 9.2. setelah optimasi dengan orcaflex 9.2, untuk mendapatkan curvature yang minim dan memperkecil tegangan yang terjadi, ditambahkan lagi 1 buah buoy pada tiap ujung deret buoy yang telah ditentukan sebelumnya, sehingga jumlah buoy menjadi **9 buah**.

Perhitungan Pengecekan *Local Buckling* Berdasarkan DNV OS-F101

✚ *Local Buckling Check* Proses Lifting

<i>Data Untuk Local Buckling Check</i>			
OD	=	0.61 <i>m</i>	<i>outside diameter</i>
ID	=	0.5895 <i>m</i>	<i>inside diameter</i>
t	=	0.0205 <i>m</i>	<i>wall thickness</i>
E	=	207000 <i>MPa</i>	<i>Young Modulus</i>
v	=	0.3 <i>MPa</i>	<i>Poission Ratio</i>
SMYS	=	450 <i>MPa</i>	<i>specified minimum yield strength</i>
SMTS	=	535 <i>MPa</i>	<i>specified minimum tensile strength</i>
fy, temp	=	0 <i>MPa</i>	<i>de-rating values due to the temparature of the yield stress</i>
fu, temp	=	0 <i>MPa</i>	<i>de-rating values due to the temparature of the tensile strength</i>
ρw	=	1025 <i>Kg/m³</i>	<i>seawater density</i>
g	=	9.81 <i>m/s²</i>	<i>gravity</i>
Wd	=	77 <i>m</i>	<i>water depth</i>
fo	=	0.01	<i>Ovalisation</i>
au	=	0.96	<i>material strength factor (Tabel 5-6 DNV-OS-F101)</i>
γsc	=	1.04	<i>safety class factor (Tabel 5-5 DNV-OS-F101)</i>
γm	=	1.15	<i>material resistance factor (Tabel 5-4 DNV-OS-F101)</i>
αfab	=	0.85	<i>fabrication factor (Tabel 5-7 DNV-OS-F101)</i>
fy	=	432 <i>MPa</i>	<i>Yield stress (Pers. 5.5 DNV-OS-F101)</i>
fu	=	513.6 <i>MPa</i>	<i>Tensile strength (Pers. 5.6 DNV-OS-F101)</i>
γF	=	1.1	<i>(Load Effect Factor Combination)</i>
γC	=	1.07	<i>(Pipeline Resting on Uneven Seabed)</i>
Pmin	=	0 <i>MPa</i>	<i>minimum internal pressure</i>
ac	=	1.16	<i>flow stress parameter</i>

Lifting Pembebanan 90 (Bow, Overbend)

Data

SF	=	246.06	kN	(Max Axial Force)
MF	=	1716.07	kNm	(Max Post Buckle Bending Moment)

Calculation

	External Pressure (Pe) $Pe = \rho \cdot g \cdot h$	0.774	Mpa
--	--	-------	-----

	Pressure Containment (Pb(t2))	34.694	Mpa
--	--------------------------------------	--------	-----

$$P_b(t_2) = \left(\frac{2 \cdot t_2}{D_{o_{nom}} - t_2} \right) \cdot \min \left(f_y ; \frac{f_u}{1.15} \right) \cdot \frac{2}{\sqrt{3}}$$

	Axial Force Plastic Capacity (Sp(t2))	16,392.722	kN
--	--	------------	----

$$S_p(t_2) = f_y \cdot \pi \cdot (D_{o_{nom}} - t_2) \cdot t_2$$

	Moment Plastic Capacity (Mp(t2))	3,077.551	kNm
--	---	-----------	-----

$$M_p(t_2) = f_y \cdot (D_{o_{nom}} - t_2)^2 \cdot t_2$$

	Elastic Collapse Pressure	513.815	Mpa
--	----------------------------------	---------	-----

$$P_{el} = \frac{2 \cdot E \cdot \left(\frac{t_2}{D_{o_{nom}}} \right)^3}{1 - \nu^2}$$

	$P_p = f_y \cdot \alpha_{fib} \cdot \left(\frac{2 \cdot t_2}{D_{o_{nom}}} \right)$	24.681	Mpa
--	---	--------	-----

	$(p_c(t) - p_{el}(t)) \cdot (p_c(t)^2 - p_p(t)^2) = p_c(t) \cdot p_{el}(t) \cdot p_p(t) \cdot f_o \cdot \frac{D}{t}$	2.930	Mpa
--	--	-------	-----

	Effective Axial Force	289.607	kN
--	------------------------------	---------	----

$$S_{Sd} = S_F \cdot \gamma_F \cdot \gamma_c$$

	Bending Moment	2,019.816	kNm
--	-----------------------	-----------	-----

$$M_{Sd} = M_F \cdot \gamma_F \cdot \gamma_c$$

	Unity Check	UC=	0.555
--	--------------------	-----	--------------

$$\left\{ \gamma_m \cdot \gamma_{SC} \cdot \frac{|M_{Sd}|}{\alpha_c \cdot M_p(t_2)} + \left\{ \frac{\gamma_m \cdot \gamma_{SC} \cdot S_{Sd}}{\alpha_c \cdot S_p(t_2)} \right\}^2 \right\}^2 + \left(\gamma_m \cdot \gamma_{SC} \cdot \frac{P_e - P_{min}}{p_c(t_2)} \right)^2 \leq 1$$

Lifting Pembebanan 90 (Bow, Sagbend)			
Data			
SF	=	413.79 kN	(Max Axial Force)
MF	=	1668.24 kNm	(Max Post Buckle Bending Moment)
Calculation			
✚	External Pressure (Pe)		0.774 Mpa
	$Pe = \rho \cdot g \cdot h$		
✚	Pressure Containment (Pb(t2))		34.694 Mpa
	$P_b(t_2) = \left(\frac{2 \cdot t_2}{D_{o_{nom}} - t_2} \right) \cdot \min \left(f_y ; \frac{f_u}{1.15} \right) \cdot \frac{2}{\sqrt{3}}$		
✚	Axial Force Plastic Capacity (Sp(t2))		16,392.722 kN
	$S_p(t_2) = f_y \cdot \pi \cdot (D_{o_{nom}} - t_2) \cdot t_2$		
✚	Moment Plastic Capacity (Mp(t2))		3,077.551 kNm
	$M_p(t_2) = f_y \cdot (D_{o_{nom}} - t_2)^2 \cdot t_2$		
✚	Elastic Collapse Pressure		513.815 Mpa
	$P_{el} = \frac{2 \cdot E \cdot \left(\frac{t_2}{D_{o_{nom}}} \right)^3}{1 - \nu^2}$		
	$P_p = f_y \cdot \alpha_{fib} \cdot \left(\frac{2 \cdot t_2}{D_{o_{nom}}} \right)$		24.681 Mpa
	$(p_c(t) - p_{el}(t)) \cdot (p_c(t)^2 - p_p(t)^2) = p_c(t) \cdot p_{el}(t) \cdot P_p(t) \cdot f_o \cdot \frac{D}{r}$		2.930 Mpa
✚	Effective Axial Force		487.032 kN
	$S_{sd} = S_F \cdot \gamma_F \cdot \gamma_c$		
✚	Bending Moment		1,963.519 kNm
	$M_{sd} = M_F \cdot \gamma_F \cdot \gamma_c$		
✚	Unity Check	UC=	0.531
	$\left\{ \gamma_m \cdot \gamma_{SC} \cdot \frac{ M_{sd} }{\alpha_c \cdot M_p(t_2)} + \left\{ \frac{\gamma_m \cdot \gamma_{SC} \cdot S_{sd}}{\alpha_c \cdot S_p(t_2)} \right\}^2 \right\}^2 + \left(\gamma_m \cdot \gamma_{SC} \cdot \frac{P_e - P_{min}}{P_c(t_2)} \right)^2 \leq 1$		

Lifting Pembebanan 90 (Stern, Overbend)			
Data			
SF	=	416.60 kN	(Max Axial Force)
MF	=	1726.77 kNm	(Max Post Buckle Bending Moment)
Calculation			
✚	External Pressure (Pe)		0.774 Mpa
	$Pe = \rho \cdot g \cdot h$		
✚	Pressure Containment (Pb(t2))		34.694 Mpa
	$P_b(t_2) = \left(\frac{2 \cdot t_2}{D_{o_{nom}} - t_2} \right) \cdot \min \left(f_y; \frac{f_u}{1.15} \right) \cdot \frac{2}{\sqrt{3}}$		
✚	Axial Force Plastic Capacity (Sp(t2))		16,392.722 kN
	$S_p(t_2) = f_y \cdot \pi \cdot (D_{o_{nom}} - t_2) \cdot t_2$		
✚	Moment Plastic Capacity (Mp(t2))		3,077.551 kNm
	$M_p(t_2) = f_y \cdot (D_{o_{nom}} - t_2)^2 \cdot t_2$		
✚	Elastic Collapse Pressure		513.815 Mpa
	$P_{el} = \frac{2 \cdot E \cdot \left(\frac{t_2}{D_{o_{nom}}} \right)^3}{1 - \nu^2}$		
	$P_p = f_y \cdot \alpha_{fib} \cdot \left(\frac{2 \cdot t_2}{D_{o_{nom}}} \right)$		24.681 Mpa
	$(p_c(t) - p_{el}(t)) \cdot (p_c(t)^2 - p_p(t)^2) = p_c(t) \cdot p_{el}(t) \cdot p_p(t) \cdot f_o \cdot \frac{D}{t}$		2.930 Mpa
✚	Effective Axial Force		490.334 kN
	$S_{Sd} = S_F \cdot \gamma_F \cdot \gamma_c$		
✚	Bending Moment		2,032.413 kNm
	$M_{Sd} = M_F \cdot \gamma_F \cdot \gamma_c$		
✚	Unity Check	UC=	0.561
	$\left\{ \gamma_m \cdot \gamma_{SC} \cdot \frac{ M_{Sd} }{\alpha_c \cdot M_p(t_2)} + \left\{ \frac{\gamma_m \cdot \gamma_{SC} \cdot S_{Sd}}{\alpha_c \cdot S_p(t_2)} \right\}^2 \right\}^2 + \left(\gamma_m \cdot \gamma_{SC} \cdot \frac{P_e - P_{min}}{P_c(t_2)} \right)^2 \leq 1$		

Lifting Pembebanan 90 (Stern, Sagbend)

Data

SF	=	405.93 kN	(Max Axial Force)
MF	=	1678.43 kNm	(Max Post Buckle Bending Moment)

Calculation

✚	External Pressure (Pe) $Pe = \rho \cdot g \cdot h$	0.774 Mpa
---	--	-----------

✚	Pressure Containment (Pb(t2))	34.694 Mpa
---	--------------------------------------	------------

$$P_b(t_2) = \left(\frac{2 \cdot t_2}{D_{o_{nom}} - t_2} \right) \cdot \min \left(f_y ; \frac{f_u}{1.15} \right) \cdot \frac{2}{\sqrt{3}}$$

✚	Axial Force Plastic Capacity (Sp(t2))	16,392.722 kN
---	--	---------------

$$S_p(t_2) = f_y \cdot \pi \cdot (D_{o_{nom}} - t_2) \cdot t_2$$

✚	Moment Plastic Capacity (Mp(t2))	3,077.551 kNm
---	---	---------------

$$M_p(t_2) = f_y \cdot (D_{o_{nom}} - t_2)^2 \cdot t_2$$

✚	Elastic Collapse Pressure	513.815 Mpa
---	----------------------------------	-------------

$$P_{el} = \frac{2 \cdot E \cdot \left(\frac{t_2}{D_{o_{nom}}} \right)^2}{1 - \nu^2}$$

	$P_p = f_y \cdot \alpha_{fab} \cdot \left(\frac{2 \cdot t_2}{D_{o_{nom}}} \right)$	24.681 Mpa
--	---	------------

$$(p_c(t) - p_{el}(t)) \cdot (p_c(t)^2 - p_p(t)^2) = p_c(t) \cdot p_{el}(t) \cdot p_p(t) \cdot f_o \cdot \frac{D}{t} \quad 2.930 \text{ Mpa}$$

✚	Effective Axial Force	477.777 kN
---	------------------------------	------------

$$S_{sd} = S_F \cdot \gamma_F \cdot \gamma_c$$

✚	Bending Moment	1,975.508 kNm
---	-----------------------	---------------

$$M_{sd} = M_F \cdot \gamma_F \cdot \gamma_c$$

✚	Unity Check	UC=	0.536
---	--------------------	-----	--------------

$$\left\{ \gamma_m \cdot \gamma_{sc} \cdot \frac{|M_{sd}|}{\alpha_c \cdot M_p(t_2)} + \left\{ \frac{\gamma_m \cdot \gamma_{sc} \cdot S_{sd}}{\alpha_c \cdot S_p(t_2)} \right\}^2 \right\}^2 + \left(\gamma_m \cdot \gamma_{sc} \cdot \frac{P_e - P_{min}}{P_c(t_2)} \right)^2 \leq 1$$

Lifting Pembebanan 45 (Bow, Overbend)

Data

SF	=	404.72	kN	(Max Axial Force)
MF	=	1449.02	kNm	(Max Post Buckle Bending Moment)

Calculation

	External Pressure (Pe) $Pe = \rho \cdot g \cdot h$	0.774	Mpa
--	--	-------	-----

	Pressure Containment (Pb(t2))	34.694	Mpa
--	--------------------------------------	--------	-----

$$P_b(t_2) = \left(\frac{2 \cdot t_2}{D_{o_{nom}} - t_2} \right) \cdot \min \left(f_y; \frac{f_u}{1.15} \right) \cdot \frac{2}{\sqrt{3}}$$

	Axial Force Plastic Capacity (Sp(t2))	16,392.722	kN
--	--	------------	----

$$S_p(t_2) = f_y \cdot \pi \cdot (D_{o_{nom}} - t_2) \cdot t_2$$

	Moment Plastic Capacity (Mp(t2))	3,077.551	kNm
--	---	-----------	-----

$$M_p(t_2) = f_y \cdot (D_{o_{nom}} - t_2)^2 \cdot t_2$$

	Elastic Collapse Pressure	513.815	Mpa
--	----------------------------------	---------	-----

$$P_{el} = \frac{2 \cdot E \cdot \left(\frac{t_2}{D_{o_{nom}}} \right)^3}{1 - \nu^2}$$

	$P_p = f_y \cdot \alpha_{fab} \cdot \left(\frac{2 \cdot t_2}{D_{o_{nom}}} \right)$	24.681	Mpa
--	---	--------	-----

	$(p_c(t) - p_{el}(t)) \cdot (p_c(t)^2 - p_p(t)^2) = p_c(t) \cdot p_{el}(t) \cdot p_p(t) \cdot f_o \cdot \frac{D}{r}$	2.930	Mpa
--	--	-------	-----

	Effective Axial Force	476.355	kN
--	------------------------------	---------	----

$$S_{Sd} = S_F \cdot \gamma_F \cdot \gamma_c$$

	Bending Moment	1,705.493	kNm
--	-----------------------	-----------	-----

$$M_{Sd} = M_F \cdot \gamma_F \cdot \gamma_c$$

	Unity Check	UC=	0.425
--	--------------------	-----	--------------

$$\left\{ \gamma_m \cdot \gamma_{SC} \cdot \frac{|M_{Sd}|}{\alpha_c \cdot M_p(t_2)} + \left\{ \frac{\gamma_m \cdot \gamma_{SC} \cdot S_{Sd}}{\alpha_c \cdot S_p(t_2)} \right\}^2 \right\}^2 + \left(\gamma_m \cdot \gamma_{SC} \cdot \frac{p_e - p_{min}}{p_c(t_2)} \right)^2 \leq 1$$

Lifting Pembebanan 45 (Bow, Sagbend)

Data

SF	=	390.91 kN	(Max Axial Force)
MF	=	1725.58 kNm	(Max Post Buckle Bending Moment)

Calculation

✚	External Pressure (Pe)	0.774	Mpa
	$Pe = \rho \cdot g \cdot h$		

✚	Pressure Containment (Pb(t2))	34.694	Mpa
---	--------------------------------------	--------	-----

$$P_b(t_2) = \left(\frac{2 \cdot r_2}{D_{o_{nom}} - r_2} \right) \cdot \min \left(f_y ; \frac{f_u}{1.15} \right) \cdot \frac{2}{\sqrt{3}}$$

✚	Axial Force Plastic Capacity (Sp(t2))	16,392.722	kN
---	--	------------	----

$$S_p(t_2) = f_y \cdot \pi \cdot (D_{o_{nom}} - t_2) \cdot t_2$$

✚	Moment Plastic Capacity (Mp(t2))	3,077.551	kNm
---	---	-----------	-----

$$M_p(t_2) = f_y \cdot (D_{o_{nom}} - t_2)^2 \cdot t_2$$

✚	Elastic Collapse Pressure	513.815	Mpa
	$P_{el} = \frac{2 \cdot E \cdot \left(\frac{t_2}{D_{o_{nom}}} \right)^2}{1 - \nu^2}$		

	$P_p = f_y \cdot \alpha_{fab} \cdot \left(\frac{2 \cdot t_2}{D_{o_{nom}}} \right)$	24.681	Mpa
--	---	--------	-----

	$(p_c(t) - p_{el}(t)) \cdot (p_c(t)^2 - p_p(t)^2) = p_c(t) \cdot p_{el}(t) \cdot p_p(t) \cdot f_o \cdot \frac{D}{t}$	2.930	Mpa
--	--	-------	-----

✚	Effective Axial Force	460.096	kN
---	------------------------------	---------	----









$$S_{sd} = S_F \cdot \gamma_F \cdot \gamma_c$$

✚	Bending Moment	2,031.010	kNm
---	-----------------------	-----------	-----

$$M_{sd} = M_F \cdot \gamma_F \cdot \gamma_c$$









✚	Unity Check	UC=	0.561
---	--------------------	-----	--------------

$$\left\{ \gamma_m \cdot \gamma_{sc} \cdot \frac{|M_{sd}|}{\alpha_c \cdot M_p(t_2)} + \left\{ \frac{\gamma_m \cdot \gamma_{sc} \cdot S_{sd}}{\alpha_c \cdot S_p(t_2)} \right\}^2 \right\}^2 + \left(\gamma_m \cdot \gamma_{sc} \cdot \frac{P_e - P_{min}}{P_c(t_2)} \right)^2 \leq 1$$

Lifting Pembebanan 45 (Stern, Overbend)			
Data			
SF	=	421.45 kN	(Max Axial Force)
MF	=	1641.15 kNm	(Max Post Buckle Bending Moment)
Calculation			
	External Pressure (Pe) $Pe = \rho \cdot g \cdot h$	0.774	Mpa
	Pressure Containment (Pb(t2))	34.694	Mpa
	$P_b(t_2) = \left(\frac{2 \cdot t_2}{D_{o_{nom}} - t_2} \right) \cdot \min \left(f_y ; \frac{f_u}{1.15} \right) \cdot \frac{2}{\sqrt{3}}$		
	Axial Force Plastic Capacity (Sp(t2))	16,392.722	kN
	$S_p(t_2) = f_y \cdot \pi \cdot (D_{o_{nom}} - t_2) \cdot t_2$		
	Moment Plastic Capacity (Mp(t2))	3,077.551	kNm
	$M_p(t_2) = f_y \cdot (D_{o_{nom}} - t_2)^2 \cdot t_2$		
	Elastic Collapse Pressure	513.815	Mpa
	$P_{el} = \frac{2 \cdot E \cdot \left(\frac{t_2}{D_{o_{nom}}} \right)^3}{1 - \nu^2}$		
	$P_p = f_y \cdot \alpha_{fab} \cdot \left(\frac{2 \cdot t_2}{D_{o_{nom}}} \right)$	24.681	Mpa
	$(p_c(t) - p_{el}(t)) \cdot (p_c(t)^2 - p_p(t)^2) = p_c(t) \cdot p_{el}(t) \cdot p_p(t) \cdot f_o \cdot \frac{D}{t}$	2.930	Mpa
	Effective Axial Force	496.052	kN
	$S_{Sd} = S_F \cdot \gamma_F \cdot \gamma_c$		
	Bending Moment	1,931.636	kNm
	$M_{Sd} = M_F \cdot \gamma_F \cdot \gamma_c$		
	Unity Check	UC=	0.517
	$\left\{ \gamma_m \cdot \gamma_{SC} \cdot \frac{ M_{Sd} }{\alpha_c \cdot M_p(t_2)} + \left\{ \frac{\gamma_m \cdot \gamma_{SC} \cdot S_{Sd}}{\alpha_c \cdot S_p(t_2)} \right\}^2 \right\}^2 + \left(\gamma_m \cdot \gamma_{SC} \cdot \frac{p_e - p_{min}}{p_c(t_2)} \right)^2 \leq 1$		
Lifting Pembebanan 45 (Stern, Sagbend)			

Data			
SF	=	409.10 kN	(Max Axial Force)
MF	=	1658.92 kNm	(Max Post Buckle Bending Moment)
Calculation			
✚	External Pressure (Pe)		0.774 Mpa
	$Pe = \rho \cdot g \cdot h$		
✚	Pressure Containment (Pb(t2))		34.694 Mpa
	$P_b(t_2) = \left(\frac{2 \cdot t_2}{D_{o_{nom}} - t_2} \right) \cdot \min \left(f_y ; \frac{f_u}{1.15} \right) \cdot \frac{2}{\sqrt{3}}$		
✚	Axial Force Plastic Capacity (Sp(t2))		16,392.722 kN
	$S_p(t_2) = f_y \cdot \pi \cdot (D_{o_{nom}} - t_2) \cdot t_2$		
✚	Moment Plastic Capacity (Mp(t2))		3,077.551 kNm
	$M_p(t_2) = f_y \cdot (D_{o_{nom}} - t_2)^2 \cdot t_2$		
✚	Elastic Collapse Pressure		513.815 Mpa
	$P_{el} = \frac{2 \cdot E \cdot \left(\frac{t_2}{D_{o_{nom}}} \right)^3}{1 - \nu^2}$		
	$P_p = f_y \cdot \alpha_{fb} \cdot \left(\frac{2 \cdot t_2}{D_{o_{nom}}} \right)$		24.681 Mpa
	$(p_c(t) - P_{el}(t)) \cdot (p_c(t)^2 - P_p(t)^2) = p_c(t) \cdot P_{el}(t) \cdot P_p(t) \cdot f_o \cdot \frac{D}{r}$		2.930 Mpa
✚	Effective Axial Force		481.510 kN
	$S_{sd} = S_F \cdot \gamma_F \cdot \gamma_c$		
✚	Bending Moment		1,952.548 kNm
	$M_{sd} = M_F \cdot \gamma_F \cdot \gamma_c$		
✚	Unity Check	UC=	0.526
	$\left\{ \gamma_m \cdot \gamma_{SC} \cdot \frac{ M_{sd} }{\alpha_c \cdot M_p(t_2)} + \left\{ \frac{\gamma_m \cdot \gamma_{SC} \cdot S_{sd}}{\alpha_c \cdot S_p(t_2)} \right\}^2 \right\}^2 + \left(\gamma_m \cdot \gamma_{SC} \cdot \frac{P_e - P_{min}}{P_c(t_2)} \right)^2 \leq 1$		

Local Buckling Check Proses Lowering

Lowering Pembebanan 90 (Bow, Overbend)			
Data			
SF	=	180.93 kN	(Max Axial Force)
MF	=	1666.80 kNm	(Max Post Buckle Bending Moment)
Calculation			
	External Pressure (Pe) $Pe = \rho \cdot g \cdot h$	0.774	Mpa
	Pressure Containment (Pb(t2)) $P_b(t_2) = \left(\frac{2 \cdot t_2}{D_{o_{nom}} - t_2} \right) \cdot \min \left(f_y ; \frac{f_u}{1.15} \right) \cdot \frac{2}{\sqrt{3}}$	34.694	Mpa
	Axial Force Plastic Capacity (Sp(t2)) $S_p(t_2) = f_y \cdot \pi \cdot (D_{o_{nom}} - t_2) \cdot t_2$	16,392.722	kN
	Moment Plastic Capacity (Mp(t2)) $M_p(t_2) = f_y \cdot (D_{o_{nom}} - t_2)^2 \cdot t_2$	3,077.551	kNm
	Elastic Collapse Pressure $P_{el} = \frac{2 \cdot E \cdot \left(\frac{t_2}{D_{o_{nom}}} \right)^2}{1 - \nu^2}$	513.815	Mpa
	$P_p = f_y \cdot \alpha_{fb} \cdot \left(\frac{2 \cdot t_2}{D_{o_{nom}}} \right)$	24.681	Mpa
	$(p_c(t) - p_{el}(t)) \cdot (p_c(t)^2 - p_p(t)^2) = p_c(t) \cdot p_{el}(t) \cdot p_p(t) \cdot f_o \cdot \frac{D}{t}$	2.930	Mpa
	Effective Axial Force $S_{Sd} = S_F \cdot \gamma_F \cdot \gamma_c$	212.951	kN
	Bending Moment $M_{Sd} = M_F \cdot \gamma_F \cdot \gamma_c$	1,961.819	kNm
	Unity Check	UC=	0.529
$\left\{ \gamma_m \cdot \gamma_{SC} \cdot \frac{ M_{Sd} }{\alpha_c \cdot M_p(t_2)} + \left\{ \frac{\gamma_m \cdot \gamma_{SC} \cdot S_{Sd}}{\alpha_c \cdot S_p(t_2)} \right\}^2 \right\}^2 + \left(\gamma_m \cdot \gamma_{SC} \cdot \frac{P_e - P_{min}}{P_c(t_2)} \right)^2 \leq 1$			

Lowering Pembebanan 90 (Bow, Sagbend)

Data

SF	=	164.16	kN	(Max Axial Force)
MF	=	1709.59	kNm	(Max Post Buckle Bending Moment)

Calculation

<p>✚ External Pressure (Pe) $Pe = \rho \cdot g \cdot h$</p>	0.774 Mpa
---	-----------

<p>✚ Pressure Containment (Pb(t2))</p>	34.694 Mpa
---	------------

$$P_b(t_2) = \left(\frac{2 \cdot t_2}{D_{o_{nom}} - t_2} \right) \cdot \min \left(f_y ; \frac{f_u}{1.15} \right) \cdot \frac{2}{\sqrt{3}}$$

<p>✚ Axial Force Plastic Capacity (Sp(t2))</p>	16,392.722 kN
---	---------------

$$S_p(t_2) = f_y \cdot \pi \cdot (D_{o_{nom}} - t_2) \cdot t_2$$

<p>✚ Moment Plastic Capacity (Mp(t2))</p>	3,077.551 kNm
--	---------------

$$M_p(t_2) = f_y \cdot (D_{o_{nom}} - t_2)^2 \cdot t_2$$

<p>✚ Elastic Collapse Pressure</p>	513.815 Mpa
---	-------------

$$P_{el} = \frac{2 \cdot E \cdot \left(\frac{t_2}{D_{o_{nom}}} \right)^2}{1 - \nu^2}$$

<p>$P_p = f_y \cdot \alpha_{fib} \cdot \left(\frac{2 \cdot t_2}{D_{o_{nom}}} \right)$</p>	24.681 Mpa
---	------------

<p>$(p_c(t) - p_{el}(t)) \cdot (p_c(t)^2 - p_p(t)^2) = p_c(t) \cdot p_{el}(t) \cdot p_p(t) \cdot f_o \cdot \frac{D}{t}$</p>	2.930 Mpa
--	-----------

<p>✚ Effective Axial Force</p>	193.219 kN
---------------------------------------	------------

$$S_{Sd} = S_F \cdot \gamma_F \cdot \gamma_c$$

<p>✚ Bending Moment</p>	2,012.191 kNm
--------------------------------	---------------

$$M_{Sd} = M_F \cdot \gamma_F \cdot \gamma_c$$

<p>✚ Unity Check</p>	UC= 0.551
-----------------------------	------------------

$$\left\{ \gamma_m \cdot \gamma_{SC} \cdot \frac{|M_{Sd}|}{\alpha_c \cdot M_p(t_2)} + \left[\frac{\gamma_m \cdot \gamma_{SC} \cdot S_{Sd}}{\alpha_c \cdot S_p(t_2)} \right]^2 \right\}^2 + \left(\gamma_m \cdot \gamma_{SC} \cdot \frac{P_s - P_{min}}{P_c(t_2)} \right)^2 \leq 1$$

Lowering Pembebanan 90 (Stern, Overbend)

Data

SF	=	229.53	kN	(Max Axial Force)
MF	=	1664.52	kNm	(Max Post Buckle Bending Moment)

Calculation

✚	External Pressure (Pe) $Pe = \rho \cdot g \cdot h$	0.774	Mpa
---	--	-------	-----

✚	Pressure Containment (Pb(t2))	34.694	Mpa
---	--------------------------------------	--------	-----

$$P_b(t_2) = \left(\frac{2 \cdot t_2}{D_{o_{nom}} - t_2} \right) \cdot \min \left(f_y ; \frac{f_u}{1.15} \right) \cdot \frac{2}{\sqrt{3}}$$

✚	Axial Force Plastic Capacity (Sp(t2)) $S_p(t_2) = f_y \cdot \pi \cdot (D_{o_{nom}} - t_2) \cdot t_2$	16,392.722	kN
---	--	------------	----

✚	Moment Plastic Capacity (Mp(t2)) $M_p(t_2) = f_y \cdot (D_{o_{nom}} - t_2)^2 \cdot t_2$	3,077.551	kNm
---	---	-----------	-----

✚	Elastic Collapse Pressure $P_{el} = \frac{2 \cdot E \cdot \left(\frac{t_2}{D_{o_{nom}}} \right)^3}{1 - \nu^2}$	513.815	Mpa
---	---	---------	-----

	$P_p = f_y \cdot \alpha_{fab} \cdot \left(\frac{2 \cdot t_2}{D_{o_{nom}}} \right)$	24.681	Mpa
--	---	--------	-----

	$(p_c(t) - p_{el}(t)) \cdot (p_c(t)^2 - p_p(t)^2) = p_c(t) \cdot p_{el}(t) \cdot p_p(t) \cdot f_o \cdot \frac{D}{t}$	2.930	Mpa
--	--	-------	-----

✚	Effective Axial Force $S_{Sd} = S_F \cdot \gamma_F \cdot \gamma_c$	270.159	kN
---	--	---------	----

✚	Bending Moment $M_{Sd} = M_F \cdot \gamma_F \cdot \gamma_c$	1,959.138	kNm
---	---	-----------	-----

✚	Unity Check	UC=	0.528
---	--------------------	-----	--------------

$$\left\{ \gamma_m \cdot \gamma_{SC} \cdot \frac{|M_{Sd}|}{\alpha_c \cdot M_p(t_2)} + \left\{ \frac{\gamma_m \cdot \gamma_{SC} \cdot S_{Sd}}{\alpha_c \cdot S_p(t_2)} \right\}^2 \right\}^2 + \left(\gamma_m \cdot \gamma_{SC} \cdot \frac{P_e - P_{min}}{P_c(t_2)} \right)^2 \leq 1$$

Lowering Pembebanan 90 (Stern, Sagbend)

Data

SF	=	155.85	kN	(Max Axial Force)
MF	=	1711.73	kNm	(Max Post Buckle Bending Moment)

Calculation

✚	External Pressure (Pe)	0.774	Mpa
	$Pe = \rho \cdot g \cdot h$		

✚	Pressure Containment (Pb(t2))	34.694	Mpa
---	--------------------------------------	--------	-----

$$P_b(t_2) = \left(\frac{2 \cdot t_2}{D_{o_{nom}} - t_2} \right) \cdot \min \left(f_y ; \frac{f_u}{1.15} \right) \cdot \frac{2}{\sqrt{3}}$$

✚	Axial Force Plastic Capacity (Sp(t2))	16,392.722	kN
---	--	------------	----

$$S_p(t_2) = f_y \cdot \pi \cdot (D_{o_{nom}} - t_2) \cdot t_2$$

✚	Moment Plastic Capacity (Mp(t2))	3,077.551	kNm
---	---	-----------	-----

$$M_p(t_2) = f_y \cdot (D_{o_{nom}} - t_2)^2 \cdot t_2$$

✚	Elastic Collapse Pressure	513.815	Mpa
---	----------------------------------	---------	-----

$$P_{el} = \frac{2 \cdot E \cdot \left(\frac{t_2}{D_{o_{nom}}} \right)^2}{1 - \nu^2}$$

	$P_p = f_y \cdot \alpha_{fb} \cdot \left(\frac{2 \cdot t_2}{D_{o_{nom}}} \right)$	24.681	Mpa
--	--	--------	-----

	$(p_c(t) - P_{el}(t)) \cdot (p_c(t)^2 - P_p(t)^2) = p_c(t) \cdot P_{el}(t) \cdot P_p(t) \cdot f_o \cdot \frac{D}{r}$	2.930	Mpa
--	--	-------	-----

✚	Effective Axial Force	183.434	kN
---	------------------------------	---------	----

$$S_{sd} = S_F \cdot \gamma_F \cdot \gamma_c$$

✚	Bending Moment	2,014.711	kNm
---	-----------------------	-----------	-----

$$M_{sd} = M_F \cdot \gamma_F \cdot \gamma_c$$

✚	Unity Check	UC=	0.552
---	--------------------	-----	--------------

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

Lowering Pembebanan 45 (Bow, Overbend)

Data

SF	=	177.48	kN	(Max Axial Force)
MF	=	1693.38	kNm	(Max Post Buckle Bending Moment)

Calculation

✚ **External Pressure (Pe)** 0.774 Mpa
 $Pe = \rho \cdot g \cdot h$

✚ **Pressure Containment (Pb(t2))** 34.694 Mpa

$$P_b(t_2) = \left(\frac{2 \cdot t_2}{D_{o_{nom}} - t_2} \right) \cdot \min \left(f_y ; \frac{f_u}{1.15} \right) \cdot \frac{2}{\sqrt{3}}$$

✚ **Axial Force Plastic Capacity (Sp(t2))** 16,392.722 kN

$$S_p(t_2) = f_y \cdot \pi \cdot (D_{o_{nom}} - t_2) \cdot t_2$$

✚ **Moment Plastic Capacity (Mp(t2))** 3,077.551 kNm

$$M_p(t_2) = f_y \cdot (D_{o_{nom}} - t_2)^2 \cdot t_2$$

✚ **Elastic Collapse Pressure** 513.815 Mpa
 $P_{el} = \frac{2E \left(\frac{t_2}{D_{o_{nom}}} \right)^3}{1-\nu^2}$

$P_p = f_y \cdot \alpha_{fab} \cdot \left(\frac{2 \cdot t_2}{D_{o_{nom}}} \right)$ 24.681 Mpa

$(p_c(t) - p_{el}(t)) \cdot (p_c(t)^2 - p_p(t)^2) = p_c(t) \cdot p_{el}(t) \cdot p_p(t) \cdot f_o \cdot \frac{D}{t}$ 2.930 Mpa

✚ **Effective Axial Force** 208.891 kN

$$S_{Sd} = S_F \cdot \gamma_F \cdot \gamma_c$$

✚ **Bending Moment** 1,993.111 kNm

$$M_{Sd} = M_F \cdot \gamma_F \cdot \gamma_c$$

✚ **Unity Check** UC= 0.543

$$\left\{ \gamma_m \cdot \gamma_{SC} \cdot \frac{|M_{Sd}|}{\alpha_c \cdot M_p(t_2)} + \left[\frac{\gamma_m \cdot \gamma_{SC} \cdot S_{Sd}}{\alpha_c \cdot S_p(t_2)} \right]^2 \right\}^2 + \left(\gamma_m \cdot \gamma_{SC} \cdot \frac{P_e - P_{min}}{P_c(t_2)} \right)^2 \leq 1$$

Lowering Pembebanan 45 (Bow, Sagbend)

Data

SF	=	152.88	kN	(Max Axial Force)
MF	=	1628.95	kNm	(Max Post Buckle Bending Moment)

Calculation

✚	External Pressure (Pe)		0.774	Mpa
	$Pe = \rho \cdot g \cdot h$			

✚	Pressure Containment (Pb(t2))		34.694	Mpa
---	--------------------------------------	--	--------	-----

$$P_b(t_2) = \left(\frac{2 \cdot t_2}{D_{o_{nom}} - t_2} \right) \cdot \min \left(f_y ; \frac{f_u}{1.15} \right) \cdot \frac{2}{\sqrt{3}}$$

✚	Axial Force Plastic Capacity (Sp(t2))		16,392.722	kN
---	--	--	------------	----

$$S_p(t_2) = f_y \cdot \pi \cdot (D_{o_{nom}} - t_2) \cdot t_2$$

✚	Moment Plastic Capacity (Mp(t2))		3,077.551	kNm
---	---	--	-----------	-----

$$M_p(t_2) = f_y \cdot (D_{o_{nom}} - t_2)^2 \cdot t_2$$

✚	Elastic Collapse Pressure		513.815	Mpa
---	----------------------------------	--	---------	-----

$$P_{el} = \frac{2 \cdot E \cdot \left(\frac{t_2}{D_{o_{nom}}} \right)^2}{1 - \nu^2}$$

✚	$P_p = f_y \cdot \alpha_{fb} \cdot \left(\frac{2 \cdot t_2}{D_{o_{nom}}} \right)$		24.681	Mpa
---	--	--	--------	-----

✚	$(p_c(t) - p_{el}(t)) \cdot (p_c(t)^2 - p_p(t)^2) = p_c(t) \cdot p_{el}(t) \cdot p_p(t) \cdot f_o \cdot \frac{D}{t}$		2.930	Mpa
---	--	--	-------	-----

✚	Effective Axial Force		179.945	kN
---	------------------------------	--	---------	----

$$S_{sd} = S_F \cdot \gamma_F \cdot \gamma_c$$

✚	Bending Moment		1,917.269	kNm
---	-----------------------	--	-----------	-----

$$M_{sd} = M_F \cdot \gamma_F \cdot \gamma_c$$

✚	Unity Check	UC=	0.510
---	--------------------	-----	--------------

$$\left\{ \gamma_m \cdot \gamma_{SC} \cdot \frac{|M_{sd}|}{\alpha_c \cdot M_p(t_2)} + \left\{ \frac{\gamma_m \cdot \gamma_{SC} \cdot S_{sd}}{\alpha_c \cdot S_p(t_2)} \right\}^2 \right\}^2 + \left(\gamma_m \cdot \gamma_{SC} \cdot \frac{P_e - P_{min}}{P_c(t_2)} \right)^2 \leq 1$$

Lowering Pembebanan 45 (Stern, Overbend)

Data

SF	=	216.64	kN	(Max Axial Force)
MF	=	1685.10	kNm	(Max Post Buckle Bending Moment)

Calculation

External Pressure (P_e) 0.774 Mpa
 $P_e = \rho \cdot g \cdot h$

Pressure Containment ($P_b(t_2)$) 34.694 Mpa

$$P_b(t_2) = \left(\frac{2 \cdot t_2}{D_{o_{nom}} - t_2} \right) \cdot \min \left(f_y ; \frac{f_u}{1.15} \right) \cdot \frac{2}{\sqrt{3}}$$

Axial Force Plastic Capacity ($S_p(t_2)$) 16,392.722 kN

$$S_p(t_2) = f_y \cdot \pi \cdot (D_{o_{nom}} - t_2) \cdot t_2$$

Moment Plastic Capacity ($M_p(t_2)$) 3,077.551 kNm

$$M_p(t_2) = f_y \cdot (D_{o_{nom}} - t_2)^2 \cdot t_2$$

Elastic Collapse Pressure 513.815 Mpa
 $P_{el} = \frac{2 \cdot E \cdot \left(\frac{t_2}{D_{o_{nom}}} \right)^3}{1 - \nu^2}$

$P_p = f_y \cdot \alpha_{fab} \cdot \left(\frac{2 \cdot t_2}{D_{o_{nom}}} \right)$ 24.681 Mpa

$(p_c(t) - p_{el}(t)) \cdot (p_c(t)^2 - p_p(t)^2) = p_c(t) \cdot p_{el}(t) \cdot p_p(t) \cdot f_o \cdot \frac{D}{t}$ 2.930 Mpa

Effective Axial Force 254.989 kN

$$S_{Sd} = S_F \cdot \gamma_F \cdot \gamma_c$$

Bending Moment 1,983.363 kNm

$$M_{Sd} = M_F \cdot \gamma_F \cdot \gamma_c$$

Unity Check UC= 0.538

$$\left\{ \gamma_m \cdot \gamma_{SC} \cdot \frac{|M_{Sd}|}{\alpha_c \cdot M_p(t_2)} + \left[\frac{\gamma_m \cdot \gamma_{SC} \cdot S_{Sd}}{\alpha_c \cdot S_p(t_2)} \right]^2 \right\}^2 + \left(\gamma_m \cdot \gamma_{SC} \cdot \frac{P_e - P_{min}}{P_c(t_2)} \right)^2 \leq 1$$

Lowering Pembebanan 45 (Stern, Sagbend)

Data

SF	=	141.75	kN	(Max Axial Force)
MF	=	1648.45	kNm	(Max Post Buckle Bending Moment)

Calculation

✚	External Pressure (Pe)	0.774	Mpa
	$Pe = \rho \cdot g \cdot h$		

✚	Pressure Containment (Pb(t2))	34.694	Mpa

$$P_b(t_2) = \left(\frac{2 \cdot t_2}{D_{o_{nom}} - t_2} \right) \cdot \min \left(f_y ; \frac{f_u}{1.15} \right) \cdot \frac{2}{\sqrt{3}}$$

✚	Axial Force Plastic Capacity (Sp(t2))	16,392.722	kN

$$S_p(t_2) = f_y \cdot \pi \cdot (D_{o_{nom}} - t_2) \cdot t_2$$

✚	Moment Plastic Capacity (Mp(t2))	3,077.551	kNm

$$M_p(t_2) = f_y \cdot (D_{o_{nom}} - t_2)^2 \cdot t_2$$

✚	Elastic Collapse Pressure	513.815	Mpa
	$P_{el} = \frac{2 \cdot E \cdot \left(\frac{t_2}{D_{o_{nom}}} \right)^2}{1 - \nu^2}$		

	$P_p = f_y \cdot \alpha_{bb} \cdot \left(\frac{2 \cdot t_2}{D_{o_{nom}}} \right)$	24.681	Mpa
--	--	--------	-----

	$(p_c(t) - p_{el}(t)) \cdot (p_c(t)^2 - p_p(t)^2) = p_c(t) \cdot p_{el}(t) \cdot p_p(t) \cdot f_o \cdot \frac{D}{t}$	2.930	Mpa
--	--	-------	-----

✚	Effective Axial Force	166.840	kN

$$S_{Sd} = S_F \cdot \gamma_F \cdot \gamma_c$$

✚	Bending Moment	1,940.221	kNm

$$M_{Sd} = M_F \cdot \gamma_F \cdot \gamma_c$$

✚	Unity Check	UC=	0.519

$$\left\{ \gamma_m \cdot \gamma_{SC} \cdot \frac{|M_{Sd}|}{\alpha_c \cdot M_p(t_2)} + \left\{ \frac{\gamma_m \cdot \gamma_{SC} \cdot S_{Sd}}{\alpha_c \cdot S_p(t_2)} \right\}^2 \right\}^2 + \left(\gamma_m \cdot \gamma_{SC} \cdot \frac{p_c - p_{min}}{p_c(t_2)} \right)^2 \leq 1$$

INPUT DATA

Vessel Modelling Data (.dat file)

Input .dat file digunakan untuk memodelkan bentuk *barge* pada *software MOSES*

```
$=====
$ -PROJECT : MO.184804 - TUGAS AKHIR
$ ANALISIS PROSES LIFTING DAN LOWERING PIPELINE
$ -AUTHOR : RAMADHANI SATYA PERDANA (0431154000082)
$=====
$-----Dimension Setting-----
&DIMEN -DIMEN METERS M-TONS -SAVE
$
$-----HULL DEFINITION-----
&DESCRIBE BODY ARMADA_KP1
pgen BOW -perm 1.0 -LOC 0 0 0 -DIFTYPE strip
$Station 1
plane      0.000  -cart  0.000  9.100  \
           15.100  9.100  \
           15.100  9.100
$Station 2
plane      18.0   -cart  0.000  0.000  \
           15.100  0.000  \
           15.100  9.100
$Station 3
plane      39.0   -cart  0.000  0.000  \
           15.100  0.000  \
           15.100  9.100
$Station 4
plane      59.0   -cart  0.000  0.000  \
           15.100  0.000  \
           15.100  9.100
$Station 5
plane      79.0   -cart  0.000  0.000  \
           15.100  0.000  \
           15.100  9.100
$Station 6
plane      99.0   -cart  0.000  0.000  \
           15.100  0.000  \
           15.100  9.100
$Station 7
plane     119.0   -cart  0.000  0.000  \
           15.100  0.000  \
           15.100  9.100
$Station 5
plane     139.0   -cart  0.000  0.000  \
           15.100  0.000  \
           15.100  9.100

END PGEN
```

✚ Vessel Response Analysis File (.CIF File)

input .cif file digunakan untuk mendapatkan respon hidrodinamis dari *barge* yang meliputi *RAO, wave drift, panel wave frequency* dan lain-lain.

```
$ ----- ANALYZING A MOORED BARGE -----
$ Tugas Akhir Teknik Kelautan | by Ramadhani Satya Perdana (0431154000082)
$
$
$***** set basics
$
&device -oecho no
&dimen -DIMEN METERS M-TONS
&title Sample of Multi-Point Mooring
$
$***** read model
$
inmodel
$
$***** Set Initial Condition
$
&instate -CONDITION 4.6 0 0
$
$***** Define Mooring Lines
$
$ Rope information (OD in mm, rdensity in ton/m)
medit
  *MLA 139 15 9.25
  *MLB 139 -15 9.25
  *MLC 0 -15 9.25
  *MLD 0 15 9.25
  ~WIRE b_cat 58 -depanchor 77 -LEN 500 -BUOY 0 -WTPLen .0139
  CONNECTOR A -ANC 0 226.87 ~WIRE *MLA
  CONNECTOR B -ANC -15 226.87 ~WIRE *MLA
  CONNECTOR C -ANC -30 226.87 ~WIRE *MLB
  CONNECTOR D -ANC -45 226.87 ~WIRE *MLB
  CONNECTOR E -ANC -135 226.87 ~WIRE *MLC
  CONNECTOR F -ANC -150 226.87 ~WIRE *MLC
  CONNECTOR G -ANC 180 226.87 ~WIRE *MLD
  CONNECTOR H -ANC 195 226.87 ~WIRE *MLD

end_medit
&subtitle AFTER MEDIT
$
$***** Move Anchors
$ tension in (ton)
$
&connector @ -a_tension 5
&subtitle AFTER MOVING ANCHOR
$
$***** Mooring Tables
$
```



```

CONN_DESIGN
TABLE A
REPORT
    vlist
    plot 1 2 -rax 3 -no
end
MOVE ARMADA_KP1 -heading 0
REPORT
end
end_CONN
$
$***** Model Picture Plot
    &PLTMODEL
        PIC ISO
        PIC SIDE
        PIC TOP
        PIC BOTTOM
        PIC STARBOARD
        PIC PORT
        PIC BOW
        PIC STERN
END
$
$***** Define Weight and Status of the System
$
&WEIGHT -COMPUTE ARMADA_KP1 8.82 18.286 38.63 38.63
    &EQUI -iter 500
    &STATUS B_w
$
$***** Frequency Domain
$
HSTATIC
    CFORM 0 0 0 -DRAFT 0.1 47
    REPORT
    END
END
hydrodynamics
    &PARAMETER -M_DISTANCE 4
        G_PRESSURE -HEADING 0 315 270 225 180\
            -PERIOD 62.8319 31.4159 20.9440 15.7080 12.5664 10.4720 8.9760\
                7.8540 6.9813 6.2832 5.7120 5.2360 4.8332 4.4880 4.1888\
                3.9270 3.6960 3.4907 3.3069 3.1416 2.9920 2.8560 2.7318
    &ENV SEA
        &STATUS FORCE
        HYDR_SUM
        V_MDRIFT
        REPORT
        END
end_hydrodynamics
$
$***** Find Equilibrium

```

```

$
&env TEST
&equi
&status f_connector
&status Force
$
$***** Define Report Points
$
&describe interest -associate *M@
$
$***** RAOs
$
freq_response
  RAO
$
$***** Frequency Domain Post
$
  equ_sum
  &subtitle RESULTS WITH RAO COMMAND
  FP_STD &BODY(CG ARMADA_KP1)
  MATRICES -FILE YES
    report
  end
  fr_point
  REPORT
  end
  st_point test
  REPORT
  end
  fr_cforce a
  REPORT
    vlist
  end
  st_cforce @ test
  REPORT
  end
end_freq_response
&subtitle
$
$***** All Done
$
&FINISH

```

OUTPUT DATA

Page 7 Licensee - Lavtean Rev 07.10.01.11
 *** MOSES *** July 10, 2019
 Sample of Multi-Point Mooring
 AFTER MOVING ANCHOR

+++ PANEL WAVE FREQUENCY FORCES FOR ARMADA_K +++

Pressure Name = ARMADA_K Heading = 0.00

Process is DEFAULT: units Are Degrees, Meters, and M-Tons unless Specified

ENCOUNTER		Surge Force / wave Ampl.		Sway Force / wave Ampl.		Heave Force / wave Ampl.		Roll Moment / wave Ampl.		Pitch Moment / wave Ampl.		Yaw Moment / wave Ampl.	
Frequency -(Rad/Sec)-	Period -(Sec)-	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase
0.1000	62.83	17	-84	2	-173	3579	6	0	0	281027	-172	147	-172
0.2000	31.42	69	-71	2	-155	3275	24	0	0	257727	-151	135	-151
0.3000	20.94	147	-48	1	-126	2872	53	0	0	228208	-117	119	-117
0.4000	15.71	229	-16	1	-87	2317	92	0	0	189481	-71	99	-71
0.5000	12.57	268	25	1	-39	1579	140	0	0	139129	-12	73	-12
0.6000	10.47	209	75	0	0	748	-161	0	0	82111	62	43	62
0.7000	8.98	31	135	0	0	69	-92	0	0	35210	166	18	166
0.8000	7.85	176	23	0	0	218	165	0	0	19358	-38	10	-38
0.9000	6.98	226	101	0	0	150	-96	0	0	13839	107	7	107
1.0000	6.28	27	-171	0	0	13	44	0	0	5506	-76	3	-76
1.1000	5.71	198	105	0	0	45	-25	0	0	4245	157	2	157
1.2000	5.24	106	-149	0	0	15	174	0	0	2926	-9	2	-9
1.3000	4.83	160	144	0	0	63	-115	0	0	5069	3	3	3
1.4000	4.49	84	-91	0	0	122	-19	0	0	9076	-146	5	-146
1.5000	4.19	162	-138	0	0	415	-38	0	0	33225	110	17	110
1.6000	3.93	11	-175	1	0	89	47	0	0	42710	4	22	4
1.7000	3.70	124	-25	1	-108	2222	71	0	0	181086	-126	95	-126
1.8000	3.49	120	-44	1	52	2291	-127	0	0	190877	69	100	69
1.9000	3.31	32	-55	0	0	96	170	0	0	47230	-39	25	-39
2.0000	3.14	51	123	0	0	178	68	0	0	26089	-82	14	-82
2.1000	2.99	90	131	0	0	44	134	0	0	8831	-76	5	-76
2.2000	2.86	92	148	0	0	185	-106	0	0	10126	41	5	41
2.3000	2.73	77	174	0	0	325	-71	0	0	24345	65	13	65

Page 8 Licensee - Lavtean Rev 07.10.01.11
 *** MOSES *** July 10, 2019
 Sample of Multi-Point Mooring
 AFTER MOVING ANCHOR

+++ PANEL WAVE FREQUENCY FORCES FOR ARMADA_K +++

Pressure Name = ARMADA_K Heading = 180.00

Process is DEFAULT: units Are Degrees, Meters, and M-Tons unless Specified

ENCOUNTER		Surge Force / wave Ampl.		Sway Force / wave Ampl.		Heave Force / wave Ampl.		Roll Moment / wave Ampl.		Pitch Moment / wave Ampl.		Yaw Moment / wave Ampl.	
Frequency -(Rad/Sec)-	Period -(Sec)-	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase
0.1000	62.83	17	85	2	177	3579	-2	0	0	281025	176	147	176
0.2000	31.42	69	72	2	168	3275	-11	0	0	257695	164	135	164
0.3000	20.94	147	49	1	151	2872	-28	0	0	228070	142	119	142
0.4000	15.71	229	17	1	125	2317	-54	0	0	189157	109	99	109
0.5000	12.57	268	-24	1	91	1579	-88	0	0	138652	64	73	64
0.6000	10.47	209	-74	0	0	748	-131	0	0	81738	4	43	4
0.7000	8.98	31	-134	0	0	69	175	0	0	35195	-84	18	-84
0.8000	7.85	176	-22	0	0	218	-61	0	0	18781	143	10	143
0.9000	6.98	226	-100	0	0	150	-121	0	0	12963	31	7	31
1.0000	6.28	27	172	0	0	13	166	0	0	5486	-73	3	-73
1.1000	5.71	198	-104	0	0	45	-51	0	0	3673	125	2	125
1.2000	5.24	106	150	0	0	15	147	0	0	2874	-31	2	-31
1.3000	4.83	160	-143	0	0	63	95	0	0	5168	-23	3	-23
1.4000	4.49	84	92	0	0	122	9	0	0	9104	137	5	137
1.5000	4.19	162	139	0	0	415	38	0	0	33227	-110	17	-110
1.6000	3.93	11	177	0	0	89	-51	0	0	42710	-7	22	-7
1.7000	3.70	124	26	1	106	2222	-73	0	0	181097	125	95	125
1.8000	3.49	120	45	1	-52	2291	127	0	0	190869	-69	100	-69
1.9000	3.31	32	56	0	0	96	-170	0	0	47229	39	25	39
2.0000	3.14	51	-122	0	0	178	-67	0	0	26088	82	14	82
2.1000	2.99	90	-110	0	0	44	-133	0	0	8830	77	5	77
2.2000	2.86	92	-147	0	0	185	107	0	0	10126	-40	5	-40
2.3000	2.73	77	-173	0	0	325	72	0	0	24345	-64	13	-64

Page 9 Licensee - Lavtean Rev 07.10.01.11
 *** MOSES *** July 10, 2019
 Sample of Multi-Point Mooring
 AFTER MOVING ANCHOR

+++ PANEL WAVE FREQUENCY FORCES FOR ARMADA_K +++

Pressure Name = ARMADA_K Heading = 225.00

Process is DEFAULT: units Are Degrees, Meters, and M-Tons unless Specified

ENCOUNTER		Surge Force / wave Ampl.		Sway Force / wave Ampl.		Heave Force / wave Ampl.		Roll Moment / wave Ampl.		Pitch Moment / wave Ampl.		Yaw Moment / wave Ampl.	
Frequency -(Rad/Sec)-	Period -(Sec)-	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase
0.1000	62.83	12	87	18	93	3580	-1	287	-92	281070	178	1439	92
0.2000	31.42	49	77	73	78	3290	-6	1126	-102	258513	170	3714	75
0.3000	20.94	107	61	160	60	2942	-10	2411	-119	232243	157	12642	54
0.4000	15.71	176	38	266	36	2519	-31	3847	-143	201481	137	21240	25
0.5000	12.57	238	9	351	4	1992	-52	4842	-175	164203	109	28950	-13

0.6000	10.47	262	-26	162	-13	1166	-79	4697	146	120484	-73	31936	-60
0.7000	8.98	214	-68	266	-76	717	-111	3206	102	75068	27	27810	-118
0.8000	7.85	84	-116	91	-124	183	-147	1010	54	37469	-34	18628	168
0.9000	6.98	89	8	79	4	123	-5	791	-176	18328	-127	11958	61
1.0000	6.28	211	-53	156	-53	200	-46	1367	126	15380	135	12385	-52
1.1000	5.71	181	-121	106	-117	128	-93	798	63	12438	51	10602	-152
1.2000	5.24	1	163	6	118	7	134	36	-56	6884	-5	5390	88
1.3000	4.83	169	-97	38	-74	54	-33	198	118	4483	148	3335	-70
1.4000	4.49	139	175	11	174	17	-145	49	22	3145	6	2284	145
1.5000	4.19	63	-98	10	61	16	97	47	-70	851	30	569	-179
1.6000	3.93	154	160	34	41	50	61	221	-81	3389	-102	2299	63
1.7000	3.70	4	-125	10	27	12	27	88	-105	2666	54	2237	-125
1.8000	3.49	133	120	79	53	58	30	730	-96	4294	-133	5995	73
1.9000	3.31	-1	-179	20	-3	6	41	162	-168	2063	102	7204	-122
2.0000	3.14	110	54	315	12	118	102	2098	-141	10028	-49	26910	59
2.1000	2.99	37	101	453	-82	226	-10	2096	97	17928	165	35851	-87
2.2000	2.86	71	-37	150	154	90	-136	508	-18	9883	5	16149	116
2.3000	2.73	72	-3	43	-136	28	-128	124	75	2772	62	4073	-122

Page 10 Licensee - Lavtean Rev 07.10.01.11
 *** MOSES ***
 July 10, 2019
 Sample of Multi-Point Mooring
 AFTER MOVING ANCHOR

+++ PANEL WAVE FREQUENCY FORCES FOR ARMADA_K +++

Pressure Name = ARMADA_K Heading = 270.00

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and M-Tons Unless Specified

ENCOUNTER		Surge Force / Wave Ampl.		Sway Force / Wave Ampl.		Heave Force / Wave Ampl.		Roll Moment / Wave Ampl.		Pitch Moment / Wave Ampl.		Yaw Moment / Wave Ampl.	
Frequency (Rad/Sec)	Period (Sec)	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase
0.1000	62.83	0	0	26	94	3581	2	406	-89	281116	-177	2032	94
0.2000	31.42	0	0	103	91	3304	6	1600	-89	259341	-173	8116	91
0.3000	20.94	0	0	232	89	3013	13	3498	-90	236508	-166	18225	89
0.4000	15.71	0	0	406	88	2733	21	5896	-92	214536	-158	31877	88
0.5000	12.57	0	0	603	85	2467	30	8365	-94	193663	-149	47335	85
0.6000	10.47	0	0	781	83	2213	41	10275	-96	173699	-138	61339	83
0.7000	8.98	0	0	902	81	1968	52	11174	-96	154464	-127	70845	81
0.8000	7.85	0	0	958	86	1731	65	11101	-93	135916	-114	75172	86
0.9000	6.98	0	0	963	94	1505	80	10405	-85	118168	-99	75605	94
1.0000	6.28	0	0	939	105	1292	96	9424	-74	101435	-83	73741	105
1.1000	5.71	0	0	901	119	1095	113	8368	-60	85948	-68	70704	119
1.2000	5.24	0	0	855	136	916	133	7344	-43	71596	-46	67137	136
1.3000	4.83	0	0	807	156	756	154	6399	-23	59382	-25	63383	156
1.4000	4.49	0	0	759	178	617	177	5552	-1	48449	-2	59616	178
1.5000	4.19	0	0	712	-157	518	-155	4804	22	40632	24	55921	-157
1.6000	3.93	0	0	666	-130	380	-131	4159	49	29820	48	52275	-130
1.7000	3.70	0	0	625	-102	281	-103	3523	77	22087	76	49043	-102
1.8000	3.49	0	0	581	-72	140	-73	3021	107	10989	106	45644	-72
1.9000	3.31	0	0	540	-40	262	-38	2526	139	20546	141	42360	-40
2.0000	3.14	0	0	491	-8	151	-5	1870	171	11858	174	38548	-8
2.1000	2.99	0	0	494	34	81	29	2757	-145	6342	-150	38774	34
2.2000	2.86	0	0	444	68	24	-115	1905	-111	1908	64	34828	68
2.3000	2.73	0	0	405	106	311	119	1504	-73	24443	-80	31773	106

Page 11 Licensee - Lavtean Rev 07.10.01.11
 *** MOSES ***
 July 10, 2019
 Sample of Multi-Point Mooring
 AFTER MOVING ANCHOR

+++ PANEL WAVE FREQUENCY FORCES FOR ARMADA_K +++

Pressure Name = ARMADA_K Heading = 315.00

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and M-Tons Unless Specified

ENCOUNTER		Surge Force / Wave Ampl.		Sway Force / Wave Ampl.		Heave Force / Wave Ampl.		Roll Moment / Wave Ampl.		Pitch Moment / Wave Ampl.		Yaw Moment / Wave Ampl.	
Frequency (Rad/Sec)	Period (Sec)	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase
0.1000	62.83	12	-86	18	99	3580	5	287	-86	281072	-173	1439	100
0.2000	31.42	49	-76	73	104	3290	19	1126	-76	258537	-157	5714	107
0.3000	20.94	107	-60	160	119	2942	41	2411	-61	232347	-131	12641	125
0.4000	15.71	176	-37	266	140	2519	72	3847	-40	201749	-96	21240	151
0.5000	12.57	238	-8	351	166	1992	109	4842	-13	164690	-52	28949	-175
0.6000	10.47	262	27	362	-160	1366	154	4697	19	121125	1	31936	-133
0.7000	8.98	214	69	266	-119	717	-153	3207	60	75608	67	27810	-77
0.8000	7.85	84	117	91	-69	183	-92	1010	110	37598	154	18628	-2
0.9000	6.98	89	-7	79	168	123	159	791	-11	18539	-78	11958	110
1.0000	6.28	211	54	156	-124	200	-117	1367	55	16352	60	12385	-126
1.1000	5.71	181	122	106	-49	128	-25	798	132	13020	-172	10602	-14
1.2000	5.24	1	-162	6	87	7	123	36	-87	6884	-26	5390	117
1.3000	4.83	169	98	38	-63	54	-22	198	129	4853	155	3335	-60
1.4000	4.49	139	-174	11	68	17	108	49	-83	3255	-46	2284	97
1.5000	4.19	63	99	10	-151	17	-115	47	76	821	-49	569	89
1.6000	3.93	154	-159	34	-92	50	-73	221	144	3314	90	2299	-114
1.7000	3.70	4	126	10	-24	12	-24	88	-157	2666	-51	2237	129
1.8000	3.49	133	-119	79	9	58	-13	730	-140	4375	150	5995	-10
1.9000	3.31	3	180	20	116	6	161	162	-47	2063	100	7204	-124
2.0000	3.14	110	-53	315	122	118	-167	2098	-52	10289	-15	26910	95
2.1000	2.99	37	-100	453	-89	226	-16	2096	90	17888	167	35851	-85
2.2000	2.86	71	38	150	74	90	143	508	-98	9893	2	16149	112
2.3000	2.73	72	-3	43	59	28	67	124	-88	2601	-124	4074	-122

+++ MEAN DRIFT FORCES FOR ARMADA_K +++

Drift Name = ARMADA_K Heading = 0.00 Computed
 Force Factor = 1.0000 Radiation Factor = 1.0000 Coriolis Factor = 1.00
 Process is DEFAULT: UNITS Are degrees, meters, and M-Tons unless specified
 Mean Drift Force (with No Force Factor) / (wave Amplitude)**2
 Reported in the Body System

ENCOUNTER		TRANSLATION			ROTATION		
Frequency	Period	Surge	Sway	Heave	Roll	Pitch	Yaw
0.1000	62.832	-0.1	0.0	-1.9	0.0	148.4	0.1
0.2000	31.416	-0.7	0.0	-7.3	0.0	577.0	0.3
0.3000	20.944	-2.8	0.0	-15.8	0.0	1238.7	0.6
0.4000	15.708	-6.7	0.0	-26.3	-0.0	2062.3	1.1
0.5000	12.566	-12.2	0.0	-37.7	-0.0	2961.7	1.5
0.6000	10.472	-18.3	0.0	-49.0	-0.0	3847.1	2.0
0.7000	8.976	-23.6	0.0	-59.1	-0.0	4635.6	2.4
0.8000	7.854	-26.9	0.0	-67.0	-0.0	5260.5	2.7
0.9000	6.981	-27.6	0.0	-72.3	-0.0	5677.2	3.0
1.0000	6.283	-25.8	0.0	-74.7	-0.0	5865.5	3.1
1.1000	5.712	-22.0	0.0	-74.3	-0.0	5829.2	3.0
1.2000	5.236	-17.4	0.0	-71.2	-0.0	5591.9	2.9
1.3000	4.833	-12.7	0.0	-66.1	-0.0	5191.8	2.7
1.4000	4.488	-8.4	0.0	-59.6	-0.0	4675.0	2.4
1.5000	4.189	-0.7	0.0	-52.1	-0.0	4089.4	2.2
1.6000	3.927	-4.1	0.0	-44.3	0.0	3479.6	1.8
1.7000	3.696	-2.1	0.0	-36.7	-0.0	2883.1	1.5
1.8000	3.491	-0.8	0.0	-29.7	0.0	2328.3	1.2
1.9000	3.307	-0.8	0.0	-23.4	0.0	1833.8	1.0
2.0000	3.142	-0.3	0.0	-18.0	0.0	1409.9	0.7
2.1000	2.992	-0.1	0.0	-13.5	0.0	1058.4	0.6
2.2000	2.856	0.0	0.0	-9.9	0.0	776.3	0.4
2.3000	2.732	-0.0	0.0	-7.1	0.0	556.4	0.3

+++ MEAN DRIFT FORCES FOR ARMADA_K +++

Drift Name = ARMADA_K Heading = 180.00 Computed
 Force Factor = 1.0000 Radiation Factor = 1.0000 Coriolis Factor = 1.00
 Process is DEFAULT: UNITS Are degrees, meters, and M-Tons unless specified
 Mean Drift Force (with No Force Factor) / (wave Amplitude)**2
 Reported in the Body System

ENCOUNTER		TRANSLATION			ROTATION		
Frequency	Period	Surge	Sway	Heave	Roll	Pitch	Yaw
0.1000	62.832	0.1	0.0	-1.9	0.0	148.4	0.1
0.2000	31.416	0.7	0.0	-7.3	0.0	577.0	0.3
0.3000	20.944	2.8	0.0	-15.8	0.0	1238.7	0.6
0.4000	15.708	6.7	0.0	-26.3	-0.0	2062.3	1.1
0.5000	12.566	12.2	0.0	-37.7	-0.0	2961.7	1.5
0.6000	10.472	18.3	0.0	-49.0	-0.0	3847.1	2.0
0.7000	8.976	23.6	0.0	-59.1	-0.0	4635.6	2.4
0.8000	7.854	26.9	0.0	-67.0	-0.0	5260.5	2.7
0.9000	6.981	27.6	0.0	-72.3	-0.0	5677.2	3.0
1.0000	6.283	25.8	0.0	-74.7	-0.0	5865.5	3.1
1.1000	5.712	22.0	0.0	-74.3	-0.0	5829.2	3.0
1.2000	5.236	17.4	0.0	-71.2	-0.0	5591.9	2.9
1.3000	4.833	12.7	0.0	-66.1	-0.0	5191.8	2.7
1.4000	4.488	8.4	0.0	-59.6	-0.0	4675.0	2.4
1.5000	4.189	0.7	0.0	-52.1	-0.0	4089.4	2.2
1.6000	3.927	4.1	0.0	-44.3	0.0	3479.6	1.8
1.7000	3.696	2.1	0.0	-36.7	0.0	2883.1	1.5
1.8000	3.491	0.8	0.0	-29.7	0.0	2328.3	1.2
1.9000	3.307	0.8	0.0	-23.4	-0.0	1833.8	1.0
2.0000	3.142	0.3	0.0	-18.0	-0.0	1409.9	0.7
2.1000	2.992	0.1	0.0	-13.5	-0.0	1058.4	0.6
2.2000	2.856	-0.0	0.0	-9.9	-0.0	776.3	0.4
2.3000	2.732	0.0	0.0	-7.1	-0.0	556.4	0.3

Sample of Multi-Point Mooring
AFTER MOVING ANCHOR

+++ MEAN DRIFT FORCES FOR ARMADA_K +++

Drift Name = ARMADA_K Heading = 225.00 Computed

Force Factor = 1.0000 Radiation Factor = 1.0000 Coriolis Factor = 1.00

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and M-Tons unless Specified

Mean Drift Force (with No Force Factor) / (wave Amplitude)**2

Reported in the Body System

ENCOUNTER		TRANSLATION			ROTATION		
Frequency	Period	Surge	Sway	Heave	Roll	Pitch	Yaw
0.1000	62.832	0.0	0.1	-1.9	-0.2	148.4	1.4
0.2000	31.416	0.4	0.8	-7.3	-3.2	576.9	53.0
0.3000	20.944	1.4	3.9	-15.8	-15.0	1238.7	278.9
0.4000	15.708	3.7	11.5	-26.3	-44.1	2062.3	857.3
0.5000	12.566	7.1	23.6	-37.7	-98.0	2962.3	1944.4
0.6000	10.472	11.4	45.5	-49.0	-174.4	3849.4	3490.7
0.7000	8.976	16.1	67.2	-59.0	-257.3	4641.2	5173.7
0.8000	7.854	20.1	86.2	-67.0	-330.2	5270.9	6653.3
0.9000	6.981	23.0	100.5	-72.3	-385.2	5693.2	7767.2
1.0000	6.283	24.5	109.6	-74.7	-419.9	5887.5	8472.2
1.1000	5.712	24.5	113.5	-74.2	-434.9	5856.7	8775.1
1.2000	5.236	23.4	113.0	-71.2	-433.1	5624.1	8732.6
1.3000	4.833	21.7	109.6	-66.1	-420.1	5227.4	8459.9
1.4000	4.488	19.8	105.5	-59.5	-404.3	4712.9	8121.3
1.5000	4.189	17.4	112.0	-52.0	-429.0	4125.6	8611.7
1.6000	3.927	17.2	95.8	-44.3	-367.0	3521.6	7305.2
1.7000	3.696	15.5	90.2	-36.7	-345.5	2924.2	6851.1
1.8000	3.491	15.4	91.3	-29.6	-349.8	2371.4	6913.3
1.9000	3.307	14.5	88.4	-23.3	-338.8	1875.9	6665.0
2.0000	3.142	14.3	87.2	-17.9	-334.1	1453.0	6559.3
2.1000	2.992	14.0	87.9	-13.4	-336.9	1102.0	6609.8
2.2000	2.856	13.4	84.7	-9.8	-324.6	819.7	6354.5
2.3000	2.732	13.5	89.4	-7.0	-342.7	599.2	6750.6

Sample of Multi-Point Mooring
AFTER MOVING ANCHOR

+++ MEAN DRIFT FORCES FOR ARMADA_K +++

Drift Name = ARMADA_K Heading = 270.00 Computed

Force Factor = 1.0000 Radiation Factor = 1.0000 Coriolis Factor = 1.00

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and M-Tons unless Specified

Mean Drift Force (with No Force Factor) / (wave Amplitude)**2

Reported in the body system

ENCOUNTER		TRANSLATION			ROTATION		
Frequency	Period	Surge	Sway	Heave	Roll	Pitch	Yaw
0.1000	62.832	0.0	0.1	-1.9	-0.3	148.3	6.5
0.2000	31.416	0.0	1.2	-7.3	-4.6	576.9	93.9
0.3000	20.944	0.0	5.6	-15.8	-21.5	1238.5	442.0
0.4000	15.708	0.0	16.7	-26.3	-63.8	2061.7	1308.4
0.5000	12.566	0.0	36.8	-37.7	-141.2	2960.2	2892.4
0.6000	10.472	0.0	64.0	-49.0	-245.1	3844.4	5022.4
0.7000	8.976	0.0	90.5	-59.0	-346.8	4631.9	7104.4
0.8000	7.854	0.0	110.2	-67.0	-422.1	5256.0	8647.3
0.9000	6.981	0.0	122.2	-72.3	-468.1	5672.2	9590.6
1.0000	6.283	0.0	128.7	-74.7	-493.2	5860.2	10103.0
1.1000	5.712	0.0	131.9	-74.2	-505.6	5823.8	10358.0
1.2000	5.236	0.0	133.4	-71.2	-511.2	5586.4	10472.4
1.3000	4.833	0.0	134.0	-66.1	-513.6	5186.3	10520.4
1.4000	4.488	0.0	134.6	-59.5	-515.9	4669.5	10568.9
1.5000	4.189	0.0	145.2	-52.0	-550.5	4083.4	11399.4
1.6000	3.927	0.0	134.2	-44.3	-514.2	3474.1	10532.0
1.7000	3.696	0.0	126.9	-36.7	-486.4	2877.8	9963.8
1.8000	3.491	0.0	133.8	-29.6	-512.8	2322.8	10504.1
1.9000	3.307	0.0	123.7	-23.3	-474.0	1828.7	9708.7
2.0000	3.142	0.0	129.0	-17.9	-494.5	1404.6	10127.3
2.1000	2.992	0.0	121.2	-13.4	-464.5	1053.4	9513.9
2.2000	2.856	0.0	126.4	-9.8	-484.3	771.1	9920.0
2.3000	2.732	0.0	114.8	-7.0	-440.1	551.7	9012.8

+++ MEAN DRIFT FORCES FOR ARMADA_K +++

Drift Name = ARMADA_K Heading = 315.00 Computed
 Force Factor = 1.0000 Radiation Factor = 1.0000 Coriolis Factor = 1.00
 Process is DEFAULT: units Are Degrees, Meters, and M-Tons unless Specified
 Mean Drift Force (with No Force Factor) / (wave Amplitude)**2
 Reported in the Body System

ENCOUNTER		TRANSLATION			ROTATION		
Frequency	Period	Surge	Sway	Heave	Roll	Pitch	Yaw
0.1000	62.832	-0.0	0.1	-1.9	-0.2	148.3	7.8
0.2000	31.416	-0.4	0.8	-7.3	-3.2	576.9	78.7
0.3000	20.944	-1.4	3.9	-15.8	-15.0	1238.5	335.1
0.4000	15.708	-3.7	11.3	-26.3	-44.1	2061.4	950.4
0.5000	12.566	-7.1	25.6	-37.7	-98.0	2959.0	2074.8
0.6000	10.472	-11.4	45.5	-49.0	-174.4	3841.0	3655.4
0.7000	8.976	-16.1	67.2	-59.0	-257.3	4624.5	5370.4
0.8000	7.854	-20.1	86.2	-67.0	-330.2	5243.1	6878.9
0.9000	6.981	-23.0	100.5	-72.3	-385.2	5652.9	8015.5
1.0000	6.283	-24.5	109.6	-74.7	-419.9	5834.5	8734.9
1.1000	5.712	-24.5	113.5	-74.2	-434.9	5792.3	9045.8
1.2000	5.236	-23.4	113.0	-71.2	-433.1	5550.4	9011.1
1.3000	4.833	-21.7	109.6	-66.1	-420.1	5147.1	8753.2
1.4000	4.488	-19.8	105.5	-59.5	-404.3	4628.4	8442.0
1.5000	4.189	-17.4	112.0	-52.0	-429.0	4043.9	8965.3
1.6000	3.927	-17.2	95.8	-44.3	-367.0	3429.6	7732.7
1.7000	3.696	-15.5	90.2	-36.7	-343.5	2834.5	7303.7
1.8000	3.491	-15.4	91.3	-29.6	-349.8	2777.8	7418.8
1.9000	3.307	-14.5	88.4	-23.3	-338.8	1784.4	7215.0
2.0000	3.142	-14.3	87.2	-17.9	-334.1	1359.6	7128.1
2.1000	2.992	-14.0	87.9	-13.4	-336.9	1007.6	7188.9
2.2000	2.856	-13.4	84.7	-9.8	-324.6	725.9	6943.2
2.3000	2.732	-13.5	89.4	-7.0	-342.7	506.4	7285.1

+++ MEAN DRIFT FORCES FOR ARMADA_K +++

Drift Name = ARMADA_K Heading = 0.00 Computed
 Force Factor = 1.0000 Radiation Factor = 1.0000 Coriolis Factor = 1.00
 Process is DEFAULT: units Are degrees, Meters, and M-Tons unless Specified
 Mean Drift Force (with No Force Factor) / (wave Amplitude)**2
 Reported in the Body System

ENCOUNTER		TRANSLATION			ROTATION		
Frequency	Period	Surge	Sway	Heave	Roll	Pitch	Yaw
0.1000	62.832	-0.1	0.0	-1.9	0.0	148.4	0.1
0.2000	31.416	-0.7	0.0	-7.3	0.0	577.0	0.3
0.3000	20.944	-2.8	0.0	-15.8	0.0	1238.7	0.6
0.4000	15.708	-6.7	0.0	-26.3	-0.0	2062.3	1.1
0.5000	12.566	-12.2	0.0	-37.7	-0.0	2961.7	1.5
0.6000	10.472	-18.3	0.0	-49.0	0.0	3847.1	2.0
0.7000	8.976	-23.6	0.0	-59.1	0.0	4635.6	2.4
0.8000	7.854	-26.9	0.0	-67.0	-0.0	5280.5	2.7
0.9000	6.981	-27.6	0.0	-72.3	-0.0	5677.2	3.0
1.0000	6.283	-25.8	0.0	-74.7	-0.0	5865.5	3.1
1.1000	5.712	-22.0	0.0	-74.3	-0.0	5829.2	3.0
1.2000	5.236	-17.4	0.0	-71.2	-0.0	5591.9	2.9
1.3000	4.833	-12.7	0.0	-66.1	-0.0	5191.8	2.7
1.4000	4.488	-8.4	0.0	-59.6	-0.0	4675.0	2.4
1.5000	4.189	-0.7	0.0	-52.1	-0.0	4089.4	2.2
1.6000	3.927	-4.1	0.0	-44.3	0.0	3479.6	1.8
1.7000	3.696	-2.1	0.0	-36.7	-0.0	2883.1	1.5
1.8000	3.491	-0.8	0.0	-29.7	0.0	2328.3	1.2
1.9000	3.307	-0.8	0.0	-23.4	0.0	1833.8	1.0
2.0000	3.142	-0.3	0.0	-18.0	0.0	1409.9	0.7
2.1000	2.992	-0.1	0.0	-13.5	0.0	1058.4	0.6
2.2000	2.856	0.0	0.0	-9.9	0.0	776.3	0.4
2.3000	2.732	-0.0	0.0	-7.1	0.0	556.4	0.3

Sample of Multi-Point Mooring
AFTER MOVING ANCHOR

+++ MEAN DRIFT FORCES FOR ARMADA_K +++

Drift Name = ARMADA_K Heading = 180.00 Computed

Force Factor = 1.0000 Radiation Factor = 1.0000 Coriolis Factor = 1.00

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and M-Tons unless Specified

Mean Drift Force (with No Force Factor) / (wave Amplitude)**2

Reported in the Body System

ENCOUNTER		TRANSLATION			ROTATION		
Frequency	Period	Surge	Sway	Heave	Roll	Pitch	Yaw
0.1000	62.832	0.1	0.0	-1.9	0.0	148.4	0.1
0.2000	31.416	0.7	0.0	-7.3	0.0	577.0	0.3
0.3000	20.944	2.8	0.0	-15.8	0.0	1238.7	0.6
0.4000	15.708	6.7	0.0	-26.3	-0.0	2062.3	1.1
0.5000	12.566	12.2	0.0	-37.7	0.0	2961.7	1.5
0.6000	10.472	18.3	0.0	-49.0	-0.0	3847.1	2.0
0.7000	8.976	23.6	0.0	-59.1	-0.0	4635.6	2.4
0.8000	7.854	26.9	0.0	-67.0	-0.0	5260.5	2.7
0.9000	6.981	27.6	0.0	-72.3	-0.0	5677.2	3.0
1.0000	6.283	25.8	0.0	-74.7	-0.0	5865.5	3.1
1.1000	5.712	22.0	0.0	-74.3	-0.0	5829.2	3.0
1.2000	5.236	17.4	0.0	-71.2	-0.0	5591.9	2.9
1.3000	4.833	12.7	0.0	-66.1	-0.0	5191.8	2.7
1.4000	4.488	8.4	0.0	-59.6	-0.0	4675.0	2.4
1.5000	4.189	0.7	0.0	-52.1	-0.0	4089.4	2.2
1.6000	3.927	4.1	0.0	-44.3	0.0	3479.6	1.8
1.7000	3.696	2.1	0.0	-36.7	0.0	2883.1	1.5
1.8000	3.491	0.8	0.0	-29.7	0.0	2328.3	1.2
1.9000	3.307	0.8	0.0	-23.4	-0.0	1833.8	1.0
2.0000	3.142	0.3	0.0	-18.0	-0.0	1409.9	0.7
2.1000	2.992	0.1	0.0	-13.5	-0.0	1058.4	0.6
2.2000	2.856	-0.0	0.0	-9.9	-0.0	776.3	0.4
2.3000	2.732	0.0	0.0	-7.1	-0.0	556.4	0.3

Sample of Multi-Point Mooring
AFTER MOVING ANCHOR

+++ MEAN DRIFT FORCES FOR ARMADA_K +++

Drift Name = ARMADA_K Heading = 225.00 Computed

Force Factor = 1.0000 Radiation Factor = 1.0000 Coriolis Factor = 1.00

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and M-Tons unless Specified

Mean Drift Force (with No Force Factor) / (wave Amplitude)**2

Reported in the Body System

ENCOUNTER		TRANSLATION			ROTATION		
Frequency	Period	Surge	Sway	Heave	Roll	Pitch	Yaw
0.1000	62.832	0.0	0.1	-1.9	-0.2	148.4	1.4
0.2000	31.416	0.4	0.8	-7.3	-3.2	576.9	53.0
0.3000	20.944	1.4	3.9	-15.8	-15.0	1238.7	278.9
0.4000	15.708	3.7	11.5	-26.3	-44.1	2062.3	857.3
0.5000	12.566	7.1	25.6	-37.7	-98.0	2962.3	1944.4
0.6000	10.472	11.4	45.5	-49.0	-174.4	3849.4	3490.7
0.7000	8.976	16.1	67.2	-59.0	-257.3	4641.2	5173.7
0.8000	7.854	20.1	86.2	-67.0	-330.2	5270.9	6653.3
0.9000	6.981	23.0	100.5	-72.3	-385.2	5693.2	7767.2
1.0000	6.283	24.5	109.6	-74.7	-419.9	5887.5	8472.2
1.1000	5.712	24.5	113.5	-74.2	-434.9	5856.7	8775.1
1.2000	5.236	23.4	113.0	-71.2	-433.1	5624.1	8732.6
1.3000	4.833	21.7	109.6	-66.1	-420.1	5227.4	8459.9
1.4000	4.488	19.8	105.5	-59.5	-404.3	4712.9	8121.3
1.5000	4.189	17.4	112.0	-52.0	-429.0	4125.6	8611.7
1.6000	3.927	17.2	95.8	-44.3	-367.0	3521.6	7305.2
1.7000	3.696	15.5	90.2	-36.7	-345.5	2924.2	6851.1
1.8000	3.491	15.4	91.3	-29.6	-349.8	2371.4	6913.3
1.9000	3.307	14.5	88.4	-23.3	-338.8	1875.9	6665.0
2.0000	3.142	14.3	87.2	-17.9	-334.1	1453.0	6550.3
2.1000	2.992	14.0	87.9	-13.4	-336.9	1102.0	6609.8
2.2000	2.856	13.4	84.7	-9.8	-324.6	819.7	6354.5
2.3000	2.732	13.5	89.4	-7.0	-342.7	599.2	6750.6

+++ MEAN DRIFT FORCES FOR ARMADA_K +++

Drift Name = ARMADA_K Heading = 270.00 Computed
 Force Factor = 1.0000 Radiation Factor = 1.0000 Coriolis Factor = 1.00
 Process is DEFAULT: units Are Degrees, Meters, and M-Tons unless Specified
 Mean Drift Force (with No Force Factor) / (wave Amplitude)**2
 Reported in the Body System

ENCOUNTER		TRANSLATION			ROTATION		
Frequency	Period	Surge	Sway	Heave	Roll	Pitch	Yaw
0.1000	62.832	0.0	0.1	-1.9	-0.3	148.3	6.5
0.2000	31.416	0.0	1.2	-7.3	-4.6	576.9	93.9
0.3000	20.944	0.0	5.0	-15.8	-21.5	1238.5	442.0
0.4000	15.708	0.0	16.7	-26.3	-63.8	2061.7	1308.4
0.5000	12.566	0.0	36.8	-37.7	-141.2	2960.2	2892.4
0.6000	10.472	0.0	64.0	-49.0	-245.1	3844.4	5022.4
0.7000	8.976	0.0	90.5	-59.0	-346.8	4631.9	7104.4
0.8000	7.854	0.0	110.2	-67.0	-422.1	5256.0	8647.3
0.9000	6.981	0.0	122.2	-72.3	-468.1	5672.2	9590.6
1.0000	6.283	0.0	128.7	-74.7	-493.2	5860.2	10103.0
1.1000	5.712	0.0	131.9	-74.2	-505.6	5823.8	10358.0
1.2000	5.236	0.0	133.4	-71.2	-511.2	5586.4	10472.4
1.3000	4.833	0.0	134.0	-66.1	-513.6	5186.3	10520.4
1.4000	4.488	0.0	134.6	-59.5	-515.9	4669.5	10568.9
1.5000	4.189	0.0	145.2	-52.0	-556.5	4083.4	11399.4
1.6000	3.927	0.0	134.2	-44.3	-514.2	3474.1	10532.0
1.7000	3.696	0.0	126.9	-36.7	-486.4	2877.8	9963.8
1.8000	3.491	0.0	133.8	-29.6	-512.8	2322.8	10504.1
1.9000	3.307	0.0	123.7	-23.3	-474.0	1828.7	9708.7
2.0000	3.142	0.0	129.0	-17.9	-494.5	1404.6	10127.3
2.1000	2.992	0.0	121.2	-13.4	-464.5	1053.4	9513.9
2.2000	2.856	0.0	126.4	-9.8	-484.3	771.1	9920.0
2.3000	2.732	0.0	114.8	-7.0	-440.1	551.7	9012.8

+++ MEAN DRIFT FORCES FOR ARMADA_K +++

Drift Name = ARMADA_K Heading = 315.00 Computed
 Force Factor = 1.0000 Radiation Factor = 1.0000 Coriolis Factor = 1.00
 Process is DEFAULT: units Are Degrees, Meters, and M-Tons unless Specified
 Mean Drift Force (with No Force Factor) / (wave Amplitude)**2
 Reported in the Body System

ENCOUNTER		TRANSLATION			ROTATION		
Frequency	Period	Surge	Sway	Heave	Roll	Pitch	Yaw
0.1000	62.832	-0.0	0.1	-1.9	-0.2	148.3	7.8
0.2000	31.416	-0.4	0.8	-7.3	-3.2	576.9	78.7
0.3000	20.944	-1.4	3.9	-15.8	-15.0	1238.5	335.1
0.4000	15.708	-3.7	11.5	-26.3	-44.1	2061.4	950.4
0.5000	12.566	-7.1	25.6	-37.7	-98.0	2959.0	2074.8
0.6000	10.472	-11.4	45.5	-49.0	-174.4	3841.0	3655.4
0.7000	8.976	-16.1	67.2	-59.0	-257.3	4624.5	5370.4
0.8000	7.854	-20.1	86.2	-67.0	-330.2	5243.1	6878.9
0.9000	6.981	-23.0	100.5	-72.3	-385.2	5652.9	8015.5
1.0000	6.283	-24.5	109.6	-74.7	-419.9	5834.5	8734.9
1.1000	5.712	-24.5	113.5	-74.2	-434.9	5792.3	9045.8
1.2000	5.236	-23.4	113.0	-71.2	-433.1	5550.4	9011.1
1.3000	4.833	-21.7	109.6	-66.1	-420.1	5147.1	8753.2
1.4000	4.488	-19.8	105.3	-59.5	-404.3	4628.4	8442.0
1.5000	4.189	-17.4	112.0	-52.0	-429.0	4043.9	8965.3
1.6000	3.927	-17.2	95.8	-44.3	-367.0	3429.6	7732.7
1.7000	3.696	-15.5	90.2	-36.7	-345.5	2834.5	7303.7
1.8000	3.491	-15.4	91.3	-29.6	-349.8	2277.8	7418.8
1.9000	3.307	-14.5	88.4	-23.3	-338.8	1784.4	7215.0
2.0000	3.142	-14.3	87.2	-17.9	-334.1	1359.6	7128.1
2.1000	2.992	-14.0	87.9	-13.4	-336.9	1007.6	7188.9
2.2000	2.856	-13.4	84.7	-9.8	-324.6	725.9	6943.2
2.3000	2.732	-13.5	89.4	-7.0	-342.7	506.4	7285.1

Page 22 Licensee - Lavteam Rev 07.10.01.11
 *** MOSES *** July 10, 2019
 Sample of Multi-Point Mooring
 AFTER MOVING ANCHOR
 Draft = 4.6 Meters Trim Angle = 0.00 Deg.

+++ ADDED INERTIA COEFFICIENTS FOR ARMADA_K +++

Results are in Body System
 Of Point on Body ARMADA_K at X = 0.0 Y = 0.0 Z = 0.0
 Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and M-Tons unless Specified

Values Normalized By Mass with weight = 17847.1

Encounter Period Sec.	Added Mass Coefficients			Added Radii of Gyration		
	-Surge-	-Sway -	-Heave-	-Roll -	-Pitch-	-Yaw--
62.83	0.0658	0.4642	8.1052	11.277	245.734	58.806
31.42	0.0658	0.4868	5.3545	11.433	199.729	60.224
20.94	0.0658	0.5265	3.9663	11.684	171.900	62.632
15.71	0.0658	0.5740	3.1680	11.917	153.629	65.393
12.57	0.0658	0.6020	2.6884	11.919	141.523	66.973
10.47	0.0658	0.5773	2.4041	11.512	133.832	65.581
8.98	0.0658	0.4932	2.2510	10.760	129.501	60.740
7.85	0.0658	0.3871	2.1910	9.941	127.763	53.700
6.98	0.0658	0.2851	2.1972	9.287	127.943	46.092
6.28	0.0658	0.2033	2.2481	8.871	129.417	38.918
5.71	0.0658	0.1423	2.3259	8.660	131.638	32.562
5.24	0.0658	0.0986	2.4164	8.590	134.174	27.096
4.83	0.0658	0.0679	2.5096	8.605	136.738	22.488
4.49	0.0658	0.0469	2.6012	8.664	139.211	18.690
4.19	0.0658	0.0330	2.7717	8.745	143.700	15.678
3.93	0.0658	0.0243	2.7174	8.839	142.287	13.463
3.70	0.0658	0.0189	2.7786	8.884	143.878	11.864
3.49	0.0658	0.0166	2.8004	8.967	144.441	11.131
3.31	0.0658	0.0158	2.9174	9.032	147.430	10.840
3.14	0.0658	0.0137	2.9142	9.060	147.347	10.091
2.99	0.0658	0.0310	2.9741	9.280	148.855	15.189
2.86	0.0658	0.0267	2.9843	9.240	149.110	14.102
2.73	0.0658	0.0283	3.0393	9.252	150.477	14.524

Page 23 Licensee - Lavteam Rev 07.10.01.11
 *** MOSES *** July 10, 2019
 Sample of Multi-Point Mooring
 AFTER MOVING ANCHOR
 Draft = 4.6 Meters Trim Angle = 0.00 Deg.

+++ LINEARIZED DAMPING COEFFICIENTS FOR ARMADA_K +++

Results are in Body System
 Of Point on Body ARMADA_K at X = 0.0 Y = 0.0 Z = 0.0
 Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and M-Tons unless Specified

Values Normalized By Mass with weight = 17847.1

Encounter Period Sec.	Damping / Mass			Damping Radii of Gyration		
	-Surge-	-Sway -	-Heave-	-Roll -	-Pitch-	-Yaw--
62.83	0.0000	0.0000	0.5661	1.044	64.943	0.494
31.42	0.0000	0.0010	0.9626	1.188	84.684	2.784
20.94	0.0000	0.0079	1.1987	1.827	94.501	7.649
15.71	0.0000	0.0319	1.3118	3.400	98.837	15.427
12.57	0.0000	0.0877	1.3317	6.155	99.607	25.569
10.47	0.0000	0.1762	1.2803	5.500	97.666	36.229
8.98	0.0000	0.2731	1.1754	6.222	93.579	45.107
7.85	0.0000	0.3500	1.0341	6.576	87.775	51.064
6.98	0.0000	0.3967	0.8736	6.533	80.675	54.364
6.28	0.0000	0.4177	0.7097	6.234	72.714	55.784
5.71	0.0000	0.4209	0.5553	5.804	64.321	55.997
5.24	0.0000	0.4127	0.4188	5.320	55.861	55.451
4.83	0.0000	0.3975	0.3037	4.829	47.569	54.421
4.49	0.0000	0.3781	0.2074	4.353	39.304	53.075
4.19	0.0000	0.3563	0.0176	3.908	11.413	51.519
3.93	0.0000	0.3329	0.1177	3.497	29.616	49.799
3.70	0.0000	0.3107	0.0701	3.117	22.854	48.110
3.49	0.0000	0.2866	0.0304	2.780	15.043	46.210
3.31	0.0000	0.2630	0.0370	2.480	16.594	44.266
3.14	0.0000	0.2359	0.0183	2.094	11.691	41.919
2.99	0.0000	0.2332	0.0081	2.184	7.760	41.678
2.86	-0.0000	0.2065	-0.0021	1.855	-3.967	39.224
2.73	0.0000	0.1851	0.0030	1.619	4.744	37.136

Page 34 Licensee - Lavteam Rev 07.10.01.11
 *** MOSES *** July 10, 2019
 Sample of Multi-Point Mooring
 RESULTS WITH RAD COMMAND
 Draft = 4.6 Meters Trim Angle = 0.00 Deg.

+++ ADDED INERTIA COEFFICIENTS FOR ARMADA_K +++

Results are in Body System
 Of Point on Body ARMADA_K At X = 76.2 Y = 0.0 Z = 8.8
 Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and M-Tons unless Specified

Values Normalized By Mass with weight = 17847.1

Encounter Period Sec.	Added Mass Coefficients			Added Radii of Gyration		
	-Surge-	-Sway -	-Heave-	-Roll -	-Pitch-	--Yaw--
62.83	0.0658	0.4642	8.1052	9.461	102.404	24.500
31.42	0.0658	0.4868	5.3545	0.492	83.243	25.091
20.94	0.0658	0.5265	3.9663	9.537	71.654	26.094
15.71	0.0658	0.5740	3.1680	9.564	64.046	27.244
12.57	0.0658	0.6020	2.6884	9.527	59.006	27.902
10.47	0.0658	0.5773	2.4041	9.412	55.804	27.323
8.98	0.0658	0.4952	2.2510	9.268	54.001	25.306
7.85	0.0658	0.3871	2.1810	9.184	53.278	22.373
6.98	0.0658	0.2851	2.1972	9.121	53.353	19.203
6.28	0.0658	0.2033	2.2481	9.122	53.966	16.214
5.71	0.0658	0.1423	2.3259	9.143	54.891	13.566
5.24	0.0658	0.0986	2.4164	9.167	55.946	11.289
4.83	0.0658	0.0679	2.5096	9.186	57.014	9.369
4.49	0.0658	0.0469	2.6012	9.198	58.043	7.787
4.19	0.0658	0.0330	2.7717	9.203	59.912	6.532
3.93	0.0658	0.0243	2.7174	9.213	59.324	5.609
3.70	0.0658	0.0189	2.7786	9.148	59.986	4.943
3.49	0.0658	0.0166	2.8004	9.159	60.221	4.637
3.31	0.0658	0.0158	2.9174	9.146	61.465	4.516
3.14	0.0658	0.0137	2.9142	9.125	61.431	4.204
2.99	0.0658	0.0310	2.9741	9.216	62.058	6.328
2.86	0.0658	0.0267	2.9843	9.145	62.164	5.875
2.73	0.0658	0.0283	3.0393	9.119	62.734	6.051

Page 35 Licensee - Lavteam Rev 07.10.01.11
 *** MOSES *** July 10, 2019
 Sample of Multi-Point Mooring
 RESULTS WITH RAD COMMAND
 Draft = 4.6 Meters Trim Angle = 0.00 Deg.

+++ LINEARIZED DAMPING COEFFICIENTS FOR ARMADA_K +++

Results are in Body System
 Of Point on Body ARMADA_K At X = 76.2 Y = 0.0 Z = 8.8
 Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and M-Tons unless Specified

Values Normalized By Mass with weight = 17847.1

Encounter Period Sec.	Damping / Mass			Damping Radii of Gyration		
	-Surge-	-Sway -	-Heave-	-Roll -	-Pitch-	--Yaw--
62.83	0.0000	0.0000	0.5661	1.041	27.057	0.206
31.42	0.0000	0.0010	0.9626	1.111	35.282	1.160
20.94	0.0000	0.0079	1.1987	1.434	39.372	3.187
15.71	0.0000	0.0319	1.3118	2.570	41.187	6.427
12.57	0.0000	0.0877	1.3317	5.014	41.499	10.652
10.47	0.0000	0.1762	1.2803	2.569	40.690	15.094
8.98	0.0000	0.2731	1.1754	2.299	38.988	18.793
7.85	0.0000	0.3500	1.0341	2.163	36.570	21.274
6.98	0.0000	0.3967	0.8736	1.960	33.611	22.649
6.28	0.0000	0.4177	0.7097	1.731	30.295	23.241
5.71	0.0000	0.4209	0.5553	1.563	26.798	23.330
5.24	0.0000	0.4127	0.4188	1.495	23.273	23.102
4.83	0.0000	0.3973	0.3037	1.527	19.819	22.673
4.49	0.0000	0.3781	0.2074	1.620	16.376	22.112
4.19	0.0000	0.3563	0.0176	1.742	4.764	21.464
3.93	0.0000	0.3329	0.1177	1.896	12.339	20.748
3.70	0.0000	0.3107	0.0701	1.869	9.522	20.044
3.49	0.0000	0.2866	0.0304	1.949	6.267	19.252
3.31	0.0000	0.2630	0.0370	1.926	6.914	18.442
3.14	0.0000	0.2359	0.0183	1.567	4.871	17.464
2.99	0.0000	0.2332	0.0081	2.809	3.233	17.364
2.86	-0.0000	0.2065	-0.0021	2.322	-1.653	16.342
2.73	0.0000	0.1851	0.0030	2.140	1.977	15.472

Licensee - Lavteam Rev 07.10.01.11
 *** NOSES *** July 10, 2019
 Sample of Multi-Point Mooring
 RESULTS WITH RAD COMMAND
 Draft = 4.6 Meters Trim Angle = 0.00 Deg. GMT = 10.6 Meters
 Roll Gy. Radius = 18.3 Meters Pitch Gy. Radius = 38.6 Meters Yaw Gy. Radius = 38.6 Meters
 Heading = 0.00 Deg. Forward Speed = 0.00 knots Linearization Based on 1/ 20

+++ MOTION RESPONSE OPERATORS +++

Results are in Body System
 Of Point On Body ARMADA_K At X = 0.0 Y = 0.0 Z = 0.0

Process is DEFAULT: units Are Degrees, Meters, and M-Tons unless specified

ENCOUNTER		Surge / wave Aspl.		Sway / wave Aspl.		Heave / wave Aspl.		Roll / wave Aspl.		Pitch / wave Aspl.		Yaw / wave Aspl.	
Frequency -(Rad/Sec)-	Period -(Sec)-	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase
0.1000	62.83	1.012	93	0.090	96	0.696	0	0.004	-166	0.187	-161	0.077	-84
0.2000	31.42	0.932	107	0.012	131	0.711	0	0.005	-132	0.258	-117	0.017	-65
0.3000	20.94	0.903	130	0.009	-129	0.812	4	0.009	-93	0.428	-73	0.009	-24
0.4000	15.71	0.831	162	0.014	-90	1.012	19	0.022	-57	0.661	-30	0.008	26
0.5000	12.57	0.678	-156	0.083	-120	1.215	47	0.478	-126	0.875	15	0.009	72
0.6000	10.47	0.433	-107	0.014	-50	1.247	86	0.016	-158	0.940	67	0.010	114
0.7000	8.98	0.140	-54	0.011	-5	0.958	131	0.004	-112	0.738	123	0.010	162
0.8000	7.85	0.104	-144	0.009	40	0.401	165	0.001	-59	0.291	178	0.007	-143
0.9000	6.98	0.158	-78	0.004	88	0.241	114	0.000	0	0.119	91	0.003	-82
1.0000	6.28	0.026	-11	0.001	76	0.147	158	0.000	0	0.101	154	0.000	0
1.1000	5.71	0.067	-72	0.002	70	0.037	126	0.000	0	0.021	105	0.002	-127
1.2000	5.24	0.040	31	0.001	137	0.028	-165	0.000	0	0.022	-166	0.001	-43
1.3000	4.83	0.055	-34	0.000	0	0.062	129	0.000	0	0.041	137	0.000	0
1.4000	4.49	0.017	84	0.000	0	0.060	120	0.000	0	0.037	109	0.000	0
1.5000	4.19	0.047	44	0.000	0	0.112	-156	0.000	0	0.070	-138	0.000	0
1.6000	3.93	0.025	14	0.000	0	0.218	-163	0.000	0	0.154	-164	0.000	0
1.7000	3.70	0.045	161	0.001	144	0.265	-47	0.000	0	0.158	-16	0.000	0
1.8000	3.49	0.037	142	0.000	0	0.206	1	0.000	0	0.126	-34	0.000	0
1.9000	3.31	0.007	-31	0.001	-98	0.105	140	0.000	0	0.079	141	0.001	90
2.0000	3.14	0.010	-49	0.002	15	0.034	140	0.000	0	0.028	130	0.001	-136
2.1000	2.99	0.011	-46	0.001	84	0.013	93	0.001	101	0.010	97	0.000	0
2.2000	2.86	0.011	-28	0.001	-171	0.021	115	0.000	0	0.012	126	0.001	-10
2.3000	2.73	0.011	2	0.000	0	0.036	168	0.000	0	0.023	-177	0.000	0

Licensee - Lavteam Rev 07.10.01.11
 *** NOSES *** July 10, 2019
 Sample of Multi-Point Mooring
 RESULTS WITH RAD COMMAND
 Draft = 4.6 Meters Trim Angle = 0.00 Deg. GMT = 10.6 Meters
 Roll Gy. Radius = 18.3 Meters Pitch Gy. Radius = 38.6 Meters Yaw Gy. Radius = 38.6 Meters
 Heading = 180.00 Deg. Forward Speed = 0.00 knots Linearization Based on 1/ 20

+++ MOTION RESPONSE OPERATORS +++

Results are in Body system
 of Point on Body ARMADA_K At X = 0.0 Y = 0.0 Z = 0.0

Process is DEFAULT: units Are Degrees, Meters, and M-Tons unless specified

ENCOUNTER		surge / wave Aspl.		sway / wave Aspl.		heave / wave Aspl.		roll / wave Aspl.		pitch / wave Aspl.		yaw / wave Aspl.	
Frequency -(Rad/Sec)-	Period -(Sec)-	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase
0.1000	62.83	1.013	-92	0.090	-97	0.696	1	0.004	167	0.189	159	0.077	85
0.2000	31.42	0.937	-106	0.012	-131	0.718	4	0.005	132	0.283	114	0.017	67
0.3000	20.94	0.913	-128	0.008	132	0.844	3	0.009	93	0.501	73	0.009	26
0.4000	15.71	0.848	-160	0.014	91	1.081	-10	0.022	56	0.783	31	0.008	-23
0.5000	12.57	0.699	157	0.061	-82	1.312	-39	0.475	-83	1.024	-15	0.010	-68
0.6000	10.47	0.452	106	0.014	56	1.337	-83	0.016	166	1.063	-72	0.010	-108
0.7000	8.98	0.142	40	0.013	15	0.971	-139	0.003	128	0.756	-143	0.010	-152
0.8000	7.85	0.119	161	0.009	-24	0.284	162	0.001	83	0.175	126	0.007	160
0.9000	6.98	0.163	73	0.005	-62	0.243	-150	0.000	0	0.177	-134	0.003	110
1.0000	6.28	0.025	-26	0.001	-46	0.147	134	0.000	0	0.101	133	0.000	0
1.1000	5.71	0.088	74	0.002	-25	0.030	-118	0.000	0	0.024	-96	0.002	173
1.2000	5.24	0.041	-31	0.001	-80	0.029	156	0.000	0	0.023	156	0.001	100
1.3000	4.83	0.055	34	0.000	0	0.063	-134	0.000	0	0.041	-141	0.000	0
1.4000	4.49	0.017	-81	0.000	0	0.060	-123	0.000	0	0.037	-112	0.000	0
1.5000	4.19	0.047	-43	0.000	0	0.112	157	0.000	0	0.070	139	0.000	0
1.6000	3.93	0.023	-15	0.000	0	0.218	162	0.000	0	0.154	163	0.000	0
1.7000	3.70	0.045	-160	0.000	0	0.265	48	0.000	0	0.158	16	0.000	0
1.8000	3.49	0.037	-141	0.000	0	0.206	-1	0.000	0	0.126	35	0.000	0
1.9000	3.31	0.007	32	0.001	46	0.105	-139	0.000	0	0.079	-140	0.001	-131
2.0000	3.14	0.010	50	0.002	-29	0.034	-139	0.000	0	0.028	-129	0.001	122
2.1000	2.99	0.011	46	0.001	-65	0.013	-92	0.001	-85	0.010	-96	0.000	0
2.2000	2.86	0.011	29	0.001	-130	0.021	-114	0.000	0	0.012	-125	0.001	68
2.3000	2.73	0.011	-1	0.000	0	0.036	-167	0.000	0	0.023	178	0.000	0

```

Page 28 Licensee - Lavtean Rev 07.10.01.11
*****
*** MOSES ***
*****
Sample of Multi-Point Mooring
RESULTS WITH RAO COMMAND
Draft = 4.6 Meters Trim Angle = 0.00 Deg. GMT = 10.6 Meters
Roll Gy. Radius = 18.3 Meters Pitch Gy. Radius = 38.6 Meters Yaw Gy. Radius = 38.6 Meters
Heading = 225.00 Deg. Forward Speed = 0.00 knots Linearization Based on 1/ 20
*****

```

+++ MOTION RESPONSE OPERATORS +++

Results are in Body system

of Point on Body ARMADA_K at X = 0.0 Y = 0.0 Z = 0.0

Process is DEFAULT: units Are Degrees, Meters, and M-Tons unless specified

ENCOUNTER		Surge / wave Ampl.		Sway / wave Ampl.		Heave / wave Ampl.		Roll / wave Ampl.		Pitch / wave Ampl.		Yaw / wave Ampl.	
Frequency -(Rad/Sec)-	Period -(Sec)-	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase
0.1000	62.83	0.722	-90	0.704	-89	0.695	1	0.037	-98	0.186	165	0.028	155
0.2000	31.42	0.674	-98	0.602	-89	0.699	0	0.160	-102	0.248	130	0.104	-174
0.3000	20.94	0.671	-132	0.713	-91	0.766	10	0.425	-116	0.400	96	0.218	164
0.4000	15.71	0.658	-132	0.841	-101	0.928	8	1.120	-138	0.624	65	0.354	140
0.5000	12.57	0.615	-157	0.392	-156	1.158	-2	4.016	108	0.876	33	0.481	113
0.6000	10.47	0.528	170	0.762	-112	1.376	-24	0.925	-4	1.089	-3	0.549	82
0.7000	8.98	0.389	132	0.727	-144	1.460	-56	0.268	-39	1.160	-47	0.527	48
0.8000	7.85	0.199	81	0.541	-176	1.235	-101	0.048	-78	0.932	-101	0.400	8
0.9000	6.98	0.029	-81	0.269	130	0.601	-157	0.007	67	0.400	-170	0.200	-36
1.0000	6.28	0.109	167	0.056	176	0.075	-142	0.014	36	0.011	-12	0.010	-128
1.1000	5.71	0.090	103	0.123	-134	0.147	-120	0.006	62	0.103	-107	0.089	44
1.2000	5.24	0.009	35	0.084	160	0.077	-167	0.000	0	0.056	-167	0.064	-18
1.3000	4.83	0.053	152	0.006	-134	0.011	-51	0.006	156	0.009	-14	0.005	174
1.4000	4.49	0.038	76	0.019	-141	0.021	-104	0.002	53	0.016	-101	0.016	45
1.5000	4.19	0.015	171	0.016	-36	0.013	-17	0.002	-57	0.008	-19	0.010	140
1.6000	3.93	0.032	88	0.015	-61	0.018	-67	0.007	-78	0.010	-79	0.008	94
1.7000	3.70	0.002	-176	0.020	-5	0.009	-15	0.002	-95	0.007	-1	0.021	176
1.8000	3.49	0.022	74	0.025	-32	0.006	-91	0.008	-73	0.008	-115	0.013	117
1.9000	3.31	0.001	-156	0.062	22	0.008	31	0.001	-89	0.006	52	0.043	-154
2.0000	3.14	0.013	43	0.093	-37	0.011	24	0.013	17	0.007	0	0.062	114
2.1000	2.99	0.004	108	0.034	-55	0.008	12	0.034	-74	0.002	85	0.013	-140
2.2000	2.86	0.006	-17	0.056	-100	0.010	-33	0.013	176	0.008	-17	0.042	98
2.3000	2.73	0.007	35	0.006	-168	0.001	-177	0.004	-106	0.001	156	0.005	-33

```

Page 39 Licensee - Lavtean Rev 07.10.01.11
*****
*** MOSES ***
*****
Sample of Multi-Point Mooring
RESULTS WITH RAO COMMAND
Draft = 4.6 Meters Trim Angle = 0.00 Deg. GMT = 10.6 Meters
Roll Gy. Radius = 18.3 Meters Pitch Gy. Radius = 38.6 Meters Yaw Gy. Radius = 38.6 Meters
Heading = 270.00 Deg. Forward Speed = 0.00 knots Linearization Based on 1/ 20
*****

```

+++ MOTION RESPONSE OPERATORS +++

Results are in Body system

of Point on Body ARMADA_K at X = 0.0 Y = 0.0 Z = 0.0

Process is DEFAULT: units Are Degrees, Meters, and M-Tons unless specified

ENCOUNTER		Surge / wave Ampl.		Sway / wave Ampl.		Heave / wave Ampl.		Roll / wave Ampl.		Pitch / wave Ampl.		Yaw / wave Ampl.	
Frequency -(Rad/Sec)-	Period -(Sec)-	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase
0.1000	62.83	0.022	-19	0.905	-89	0.693	1	0.053	-93	0.182	179	0.062	-88
0.2000	31.42	0.027	-24	0.911	-87	0.676	5	0.229	-88	0.193	177	0.059	-88
0.3000	20.94	0.028	-26	0.949	-84	0.661	11	0.622	-85	0.205	174	0.055	-86
0.4000	15.71	0.027	-25	1.085	-81	0.654	19	1.733	-84	0.219	171	0.048	-82
0.5000	12.57	0.027	-20	1.149	-126	0.660	28	5.867	-165	0.237	169	0.036	-72
0.6000	10.47	0.033	-13	0.371	-69	0.687	40	2.047	122	0.273	167	0.035	-43
0.7000	8.98	0.046	-19	0.449	-94	0.774	53	0.971	129	0.348	159	0.039	-24
0.8000	7.85	0.063	-46	0.424	-38	1.016	58	0.596	144	0.445	133	0.041	-13
0.9000	6.98	0.056	-94	0.381	-19	1.179	40	0.326	162	0.381	85	0.035	-2
1.0000	6.28	0.024	-134	0.335	3	0.750	22	0.183	-174	0.159	48	0.029	21
1.1000	5.71	0.008	-147	0.287	29	0.381	29	0.091	-148	0.052	43	0.027	48
1.2000	5.24	0.003	-117	0.245	59	0.206	52	0.032	-118	0.019	62	0.022	73
1.3000	4.83	0.002	-127	0.209	92	0.126	82	0.005	95	0.008	87	0.019	108
1.4000	4.49	0.000	0	0.177	130	0.073	119	0.027	131	0.003	123	0.016	143
1.5000	4.19	0.000	0	0.149	170	0.047	180	0.046	171	0.001	156	0.014	-176
1.6000	3.93	0.001	125	0.126	-145	0.029	-155	0.045	-144	0.001	-144	0.011	-135
1.7000	3.70	0.000	0	0.107	-98	0.018	-107	0.050	-97	0.000	0	0.010	-90
1.8000	3.49	0.000	0	0.091	-48	0.008	-56	0.049	-47	0.000	0	0.008	-40
1.9000	3.31	0.000	0	0.077	5	0.012	0	0.048	5	0.000	0	0.007	5
2.0000	3.14	0.000	0	0.066	59	0.006	57	0.049	60	0.000	0	0.005	76
2.1000	2.99	0.000	0	0.056	126	0.003	114	0.028	126	0.000	0	0.003	133
2.2000	2.86	0.000	0	0.047	-173	0.001	7	0.033	-172	0.000	0	0.005	-169
2.3000	2.73	0.000	0	0.040	-109	0.009	-100	0.031	-108	0.000	0	0.003	-104

Sample of Multi-Point Mooring
RESULTS WITH RAO COMMAND

Draft = 4.6 Meters
 Roll Gy. Radius = 18.3 Meters
 Heading = 315.00 Deg.
 Trim Angle = 0.00 Deg.
 Pitch Gy. Radius = 38.6 Meters
 Forward Speed = 0.00 Knots
 GMT = 10.6 Meters
 Yaw Gy. Radius = 38.6 Meters
 Linearization Based on 1/ 20

+++ MOTION RESPONSE OPERATORS +++

Results are in Body System

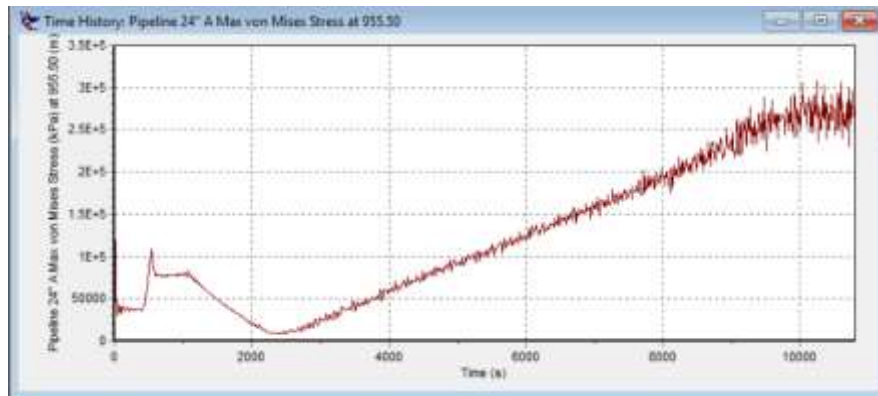
of Point on Body ARMADA_K At X = 0.0 Y = 0.0 Z = 0.0

Process is DEFAULT: units Are Degrees, Meters, and M-Tons unless specified

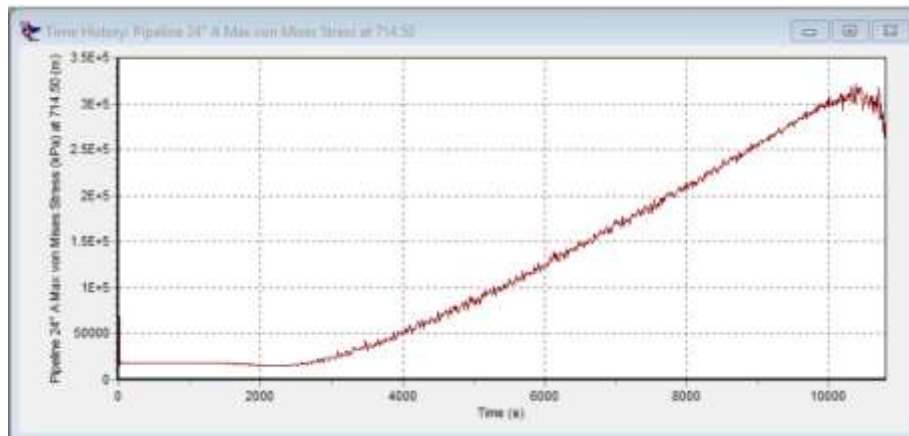
ENCOUNTER		Surge / wave Ampl.		Sway / wave Ampl.		Heave / wave Ampl.		Roll / wave Ampl.		Pitch / wave Ampl.		Yaw / wave Ampl.	
Frequency -(Rad/Sec)-	Period -(Sec)-	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase
0.1000	62.83	0.711	92	0.577	-89	0.694	1	0.038	-92	0.184	-166	0.101	-70
0.2000	31.42	0.655	103	0.646	-87	0.693	2	0.163	-76	0.223	-132	0.114	-13
0.3000	20.94	0.645	121	0.719	-81	0.737	6	0.433	-58	0.323	-92	0.220	22
0.4000	15.71	0.627	147	0.869	-66	0.857	17	1.135	-35	0.483	-51	0.357	53
0.5000	12.57	0.580	180	1.334	-70	1.038	37	4.007	-90	0.676	-10	0.483	89
0.6000	10.47	0.491	-138	0.769	-32	1.215	67	0.891	-132	0.853	35	0.557	133
0.7000	8.98	0.357	-91	0.725	15	1.293	104	0.240	-83	0.943	83	0.533	-175
0.8000	7.65	0.187	-43	0.537	67	1.154	143	0.032	-11	0.846	131	0.402	-116
0.9000	6.98	0.039	-66	0.263	123	0.636	171	0.022	-147	0.455	172	0.199	-47
1.0000	6.28	0.110	-78	0.051	139	0.137	150	0.031	-39	0.044	165	0.008	82
1.1000	5.71	0.089	-9	0.121	121	0.147	156	0.008	143	0.099	143	0.090	-74
1.2000	5.24	0.008	51	0.080	-161	0.073	-128	0.001	-107	0.055	-130	0.065	19
1.3000	4.83	0.052	-7	0.006	148	0.012	-174	0.006	170	0.007	155	0.004	-136
1.4000	4.49	0.038	90	0.018	-151	0.019	-105	0.002	-43	0.015	-109	0.016	32
1.5000	4.19	0.015	17	0.018	156	0.014	-175	0.003	104	0.009	-169	0.010	-15
1.6000	3.93	0.032	131	0.015	-123	0.012	-86	0.008	155	0.008	-67	0.007	94
1.7000	3.70	0.002	80	0.031	-90	0.014	-96	0.003	-143	0.010	-96	0.021	92
1.8000	3.49	0.022	-157	0.022	19	0.009	2	0.009	-108	0.006	22	0.013	-122
1.9000	3.31	0.001	-134	0.062	50	0.006	88	0.001	-14	0.004	88	0.045	-129
2.0000	3.14	0.013	-55	0.092	-174	0.011	-114	0.013	113	0.007	-90	0.061	33
2.1000	2.99	0.004	-86	0.053	-88	0.008	-20	0.033	-71	0.002	-99	0.014	-2
2.2000	2.86	0.006	69	0.057	33	0.011	96	0.014	107	0.008	81	0.042	-166
2.3000	2.73	0.007	56	0.006	-173	0.002	-147	0.004	108	0.001	-121	0.005	59

OUTPUT PEMODELAN ORCAFLEX 9.2

✚ *Maximum Von Mises Stress pada Proses Lifting Pembebanan 90°*

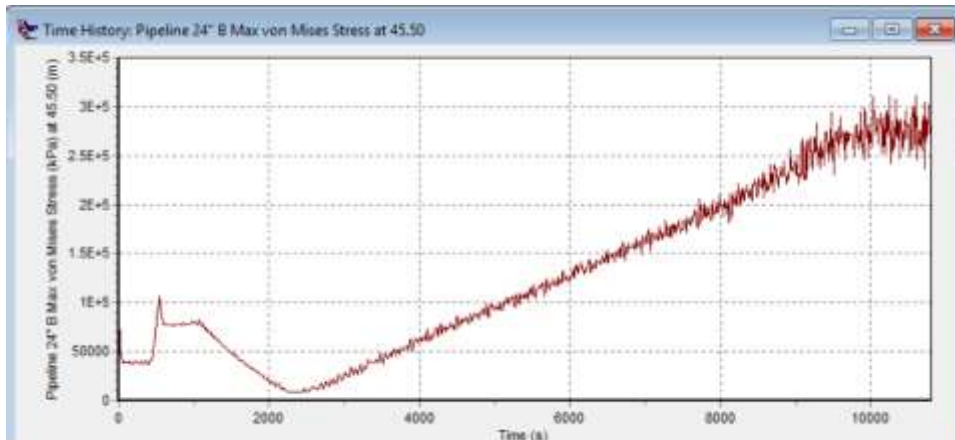


Gambar Output *Max. Von Mises Stress* Pipa Bagian Haluan (*Overbend*) Pembebanan 90° Sepanjang Waktu Pembebanan (10800s)

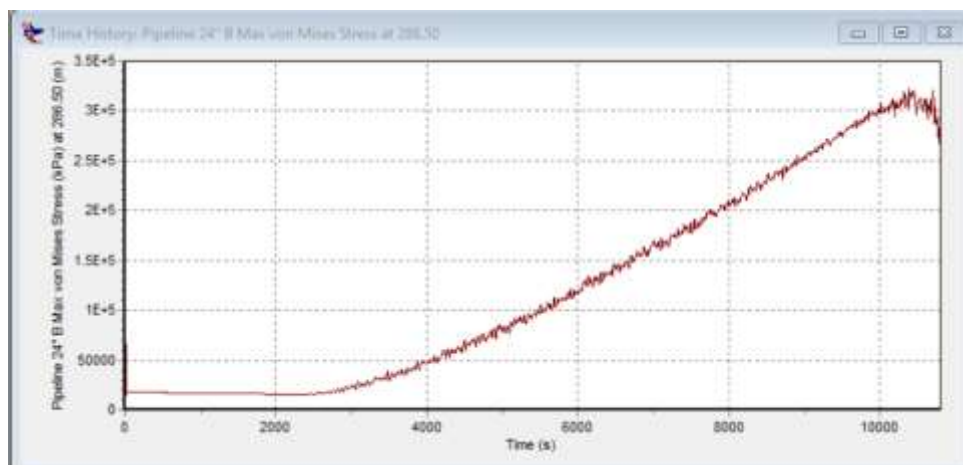


Gambar Output *Max. Von Mises Stress* Pipa Bagian Haluan (*Sagbend*) Pembebanan 90° Sepanjang Waktu Pembebanan (10800s)

... *Maximum Von Mises Stress pada Proses Lifting Pembebanan 90°*



Gambar Output *Max. Von Mises Stress* Pipa Bagian Buritan (*Overbend*) Pembebanan 90° Sepanjang Waktu Pembebanan (10800s)



Gambar Output *Max. Von Mises Stress* Pipa Bagian Buritan (*Sagbend*) Pembebanan 90° Sepanjang Waktu Pembebanan (10800s)

Tabel Output Maximum Von Mises Stress pada Proses Lifting Pembebanan 90°

Tabel Lifting Beam Seas (Overbend)

No	Lifted Pipeline Position	0.87 SMYS Steel (Mpa)	Max. Von Mises Stress					
			Pipeline (Bow Side)			Pipeline (Stern Side)		
			MPa	%SMSYS	CHECK	MPa	%SMSYS	CHECK
1	-76.69	391.50	69.92	17.86	OK	66.67	17.03	OK
2	-76.69	391.50	58.32	14.90	OK	54.06	13.81	OK
3	-76.69	391.50	47.97	12.25	OK	44.46	11.36	OK
4	-75.94	391.50	36.81	9.40	OK	37.96	9.69	OK
5	-74.97	391.50	95.43	24.38	OK	97.01	24.78	OK
6	-74.05	391.50	80.94	20.68	OK	78.56	20.07	OK
7	-73.06	391.50	80.19	20.48	OK	77.67	19.84	OK
8	-72.08	391.50	78.45	20.04	OK	75.66	19.33	OK
9	-71.09	391.50	78.47	20.04	OK	75.57	19.30	OK
10	-70.10	391.50	80.31	20.51	OK	77.45	19.78	OK
11	-69.31	391.50	75.13	19.19	OK	72.39	18.49	OK
12	-68.54	391.50	63.49	16.22	OK	60.59	15.48	OK
13	-67.77	391.50	57.56	14.70	OK	54.85	14.01	OK
14	-67.00	391.50	50.36	12.86	OK	47.70	12.18	OK
15	-66.23	391.50	41.38	10.57	OK	38.72	9.89	OK
16	-65.46	391.50	37.78	9.65	OK	35.26	9.01	OK
17	-64.69	391.50	29.99	7.66	OK	27.50	7.02	OK
18	-63.92	391.50	24.56	6.27	OK	22.16	5.66	OK
19	-63.15	391.50	17.10	4.37	OK	14.89	3.80	OK
20	-62.38	391.50	13.71	3.50	OK	12.12	3.10	OK
21	-61.61	391.50	10.76	2.75	OK	9.79	2.50	OK
22	-60.85	391.50	8.74	2.23	OK	8.91	2.27	OK
23	-60.08	391.50	9.62	2.46	OK	10.20	2.61	OK
24	-59.31	391.50	10.85	2.77	OK	12.12	3.10	OK
25	-58.54	391.50	14.80	3.78	OK	16.66	4.26	OK
26	-57.77	391.50	22.16	5.66	OK	24.31	6.21	OK
27	-57.00	391.50	26.45	6.76	OK	28.47	7.27	OK
28	-56.23	391.50	27.29	6.97	OK	29.30	7.48	OK
29	-55.46	391.50	28.74	7.34	OK	30.45	7.78	OK
30	-54.70	391.50	35.23	9.00	OK	37.12	9.48	OK
31	-53.93	391.50	42.21	10.78	OK	44.07	11.26	OK
32	-53.16	391.50	47.26	12.07	OK	49.26	12.58	OK
33	-52.39	391.50	49.49	12.64	OK	51.39	13.13	OK
34	-51.62	391.50	49.58	12.66	OK	51.38	13.12	OK
35	-50.85	391.50	50.45	12.89	OK	52.01	13.29	OK
36	-50.09	391.50	53.22	13.59	OK	54.54	13.93	OK
37	-49.32	391.50	62.04	15.85	OK	63.61	16.25	OK
38	-48.55	391.50	69.25	17.69	OK	70.97	18.13	OK
39	-47.78	391.50	71.47	18.26	OK	73.14	18.68	OK
40	-47.02	391.50	70.49	18.01	OK	71.75	18.33	OK
41	-46.24	391.50	73.33	18.73	OK	74.59	19.05	OK
42	-45.46	391.50	83.79	21.40	OK	85.32	21.79	OK
43	-44.68	391.50	89.50	22.86	OK	91.16	23.29	OK
44	-43.90	391.50	87.34	22.31	OK	88.75	22.67	OK
45	-43.13	391.50	86.03	21.98	OK	87.32	22.31	OK
46	-42.35	391.50	93.13	23.79	OK	94.62	24.17	OK
47	-41.57	391.50	102.80	26.26	OK	104.67	26.73	OK
48	-40.79	391.50	102.33	26.14	OK	103.85	26.53	OK
49	-40.01	391.50	102.84	26.27	OK	104.17	26.61	OK
50	-39.23	391.50	105.74	27.01	OK	106.87	27.30	OK
51	-38.45	391.50	117.83	30.10	OK	119.61	30.55	OK
52	-37.67	391.50	120.84	30.86	OK	122.43	31.27	OK
53	-36.89	391.50	125.51	32.06	OK	127.22	32.49	OK
54	-36.10	391.50	126.60	32.34	OK	127.68	32.61	OK
55	-35.33	391.50	129.27	33.02	OK	130.23	33.26	OK
56	-34.55	391.50	133.54	34.11	OK	135.06	34.50	OK

57	-33.78	391.50	130.95	33.45	OK	132.45	33.83	OK
58	-33.00	391.50	137.28	35.06	OK	139.10	35.53	OK
59	-32.21	391.50	146.77	37.49	OK	148.64	37.97	OK
60	-31.43	391.50	144.25	36.85	OK	145.51	37.17	OK
61	-30.65	391.50	145.73	37.22	OK	147.23	37.61	OK
62	-29.88	391.50	147.62	37.71	OK	148.81	38.01	OK
63	-29.09	391.50	153.16	39.12	OK	154.06	39.35	OK
64	-28.30	391.50	169.19	43.22	OK	170.80	43.63	OK
65	-27.51	391.50	165.41	42.25	OK	166.83	42.61	OK
66	-26.73	391.50	165.86	42.37	OK	167.81	42.86	OK
67	-25.95	391.50	166.76	42.60	OK	168.31	42.99	OK
68	-25.17	391.50	166.02	42.41	OK	166.89	42.63	OK
69	-24.38	391.50	178.52	45.60	OK	179.91	45.95	OK
70	-23.58	391.50	186.76	47.70	OK	187.79	47.97	OK
71	-22.79	391.50	185.58	47.40	OK	186.56	47.65	OK
72	-21.99	391.50	195.95	50.05	OK	196.99	50.32	OK
73	-21.19	391.50	200.98	51.34	OK	202.45	51.71	OK
74	-20.40	391.50	187.18	47.81	OK	187.35	47.85	OK
75	-19.61	391.50	192.96	49.29	OK	194.19	49.60	OK
76	-18.81	391.50	213.37	54.50	OK	215.51	55.05	OK
77	-18.00	391.50	211.80	54.10	OK	213.06	54.42	OK
78	-17.19	391.50	212.89	54.38	OK	214.21	54.72	OK
79	-16.38	391.50	217.67	55.60	OK	219.23	56.00	OK
80	-15.55	391.50	229.19	58.54	OK	231.53	59.14	OK
81	-14.72	391.50	240.21	61.36	OK	242.87	62.03	OK
82	-13.90	391.50	230.71	58.93	OK	231.56	59.15	OK
83	-13.09	391.50	227.43	58.09	OK	228.13	58.27	OK
84	-12.28	391.50	230.06	58.76	OK	231.23	59.06	OK
85	-11.44	391.50	239.50	61.18	OK	240.67	61.47	OK
86	-10.61	391.50	241.26	61.62	OK	242.44	61.93	OK
87	-9.74	391.50	255.82	65.34	OK	257.69	65.82	OK
88	-8.87	391.50	258.95	66.14	OK	261.57	66.81	OK
89	-8.02	391.50	251.53	64.25	OK	253.06	64.64	OK
90	-7.12	391.50	271.21	69.27	OK	274.52	70.12	OK
91	-6.20	391.50	287.83	73.52	OK	291.69	74.51	OK
92	-5.29	391.50	266.15	67.98	OK	268.97	68.70	OK
93	-4.37	391.50	263.96	67.42	OK	265.52	67.82	OK
94	-3.38	391.50	285.22	72.85	OK	289.56	73.96	OK
95	-2.42	391.50	273.20	69.78	OK	276.95	70.74	OK
96	-1.37	391.50	276.47	70.62	OK	281.66	71.94	OK
97	-0.36	391.50	258.79	66.10	OK	261.11	66.69	OK
98	0.63	391.50	265.20	67.74	OK	270.72	69.15	OK
99	1.89	391.50	323.04	82.51	OK	333.95	85.30	OK
100	2.86	391.50	271.70	69.40	OK	278.26	71.07	OK

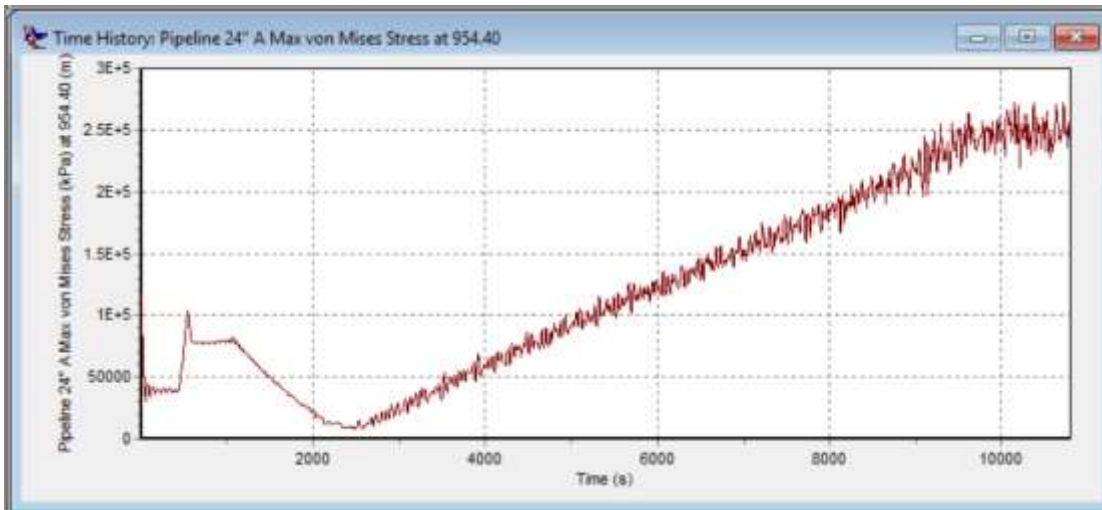
Tabel Maximum Von Mises Stress pada Proses Lifting Pembebanan 90°

Tabel Lifting Beam Seas (Sagbend)

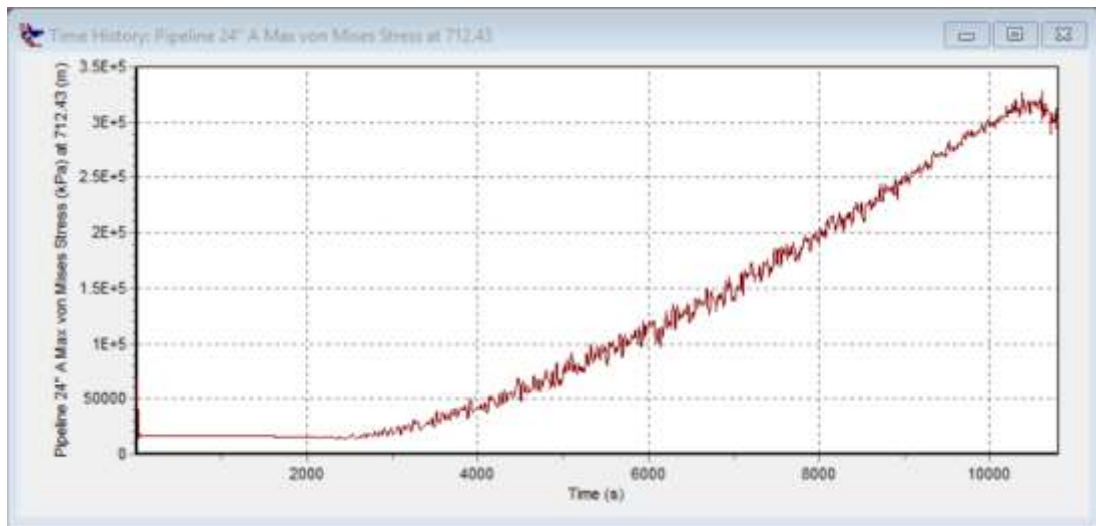
No	Lifted Pipeline Position	0.87 SMYS Steel (Mpa)	Max. Von Mises Stress					
			Pipeline (Bow Side)			Pipeline (Stern Side)		
			MPa	%SMSYS	CHECK	MPa	%SMSYS	CHECK
1	-76.69	391.50	24.07	6.15	OK	25.92	6.62	OK
2	-76.69	391.50	17.84	4.56	OK	18.93	4.84	OK
3	-76.69	391.50	21.76	5.56	OK	23.51	6.00	OK
4	-75.94	391.50	20.37	5.20	OK	22.03	5.63	OK
5	-74.97	391.50	21.42	5.47	OK	23.19	5.92	OK
6	-74.05	391.50	18.49	4.72	OK	20.41	5.21	OK
7	-73.06	391.50	20.52	5.24	OK	22.87	5.84	OK
8	-72.08	391.50	19.11	4.88	OK	20.95	5.35	OK
9	-71.09	391.50	18.48	4.72	OK	20.30	5.19	OK
10	-70.10	391.50	18.78	4.80	OK	20.62	5.27	OK
11	-69.31	391.50	19.29	4.93	OK	21.23	5.42	OK
12	-68.54	391.50	19.21	4.91	OK	21.20	5.41	OK
13	-67.77	391.50	18.86	4.82	OK	20.83	5.32	OK
14	-67.00	391.50	19.11	4.88	OK	21.12	5.39	OK
15	-66.23	391.50	19.19	4.90	OK	21.19	5.41	OK
16	-65.46	391.50	18.64	4.76	OK	20.53	5.24	OK
17	-64.69	391.50	18.34	4.68	OK	20.16	5.15	OK
18	-63.92	391.50	18.08	4.62	OK	19.88	5.08	OK
19	-63.15	391.50	17.61	4.50	OK	19.18	4.90	OK
20	-62.38	391.50	17.11	4.37	OK	18.54	4.73	OK
21	-61.61	391.50	16.64	4.25	OK	17.87	4.56	OK
22	-60.85	391.50	15.79	4.03	OK	16.69	4.26	OK
23	-60.08	391.50	15.04	3.84	OK	15.73	4.02	OK
24	-59.31	391.50	15.10	3.86	OK	15.87	4.05	OK
25	-58.54	391.50	17.18	4.39	OK	18.88	4.82	OK
26	-57.77	391.50	19.40	4.95	OK	21.76	5.56	OK
27	-57.00	391.50	20.20	5.16	OK	22.80	5.82	OK
28	-56.23	391.50	20.27	5.18	OK	22.96	5.86	OK
29	-55.46	391.50	21.62	5.52	OK	24.70	6.31	OK
30	-54.70	391.50	23.94	6.11	OK	27.59	7.05	OK
31	-53.93	391.50	27.81	7.10	OK	32.25	8.24	OK
32	-53.16	391.50	30.59	7.81	OK	35.59	9.09	OK
33	-52.39	391.50	31.89	8.15	OK	37.15	9.49	OK
34	-51.62	391.50	31.78	8.12	OK	37.10	9.48	OK
35	-50.85	391.50	31.71	8.10	OK	37.05	9.46	OK
36	-50.09	391.50	34.86	8.90	OK	40.70	10.40	OK
37	-49.32	391.50	39.85	10.18	OK	46.44	11.86	OK
38	-48.55	391.50	45.52	11.63	OK	52.78	13.48	OK
39	-47.78	391.50	46.55	11.89	OK	53.98	13.79	OK
40	-47.02	391.50	46.09	11.77	OK	53.60	13.69	OK
41	-46.24	391.50	50.20	12.82	OK	58.23	14.87	OK
42	-45.46	391.50	56.91	14.54	OK	65.68	16.78	OK
43	-44.68	391.50	62.61	15.99	OK	71.82	18.34	OK
44	-43.90	391.50	62.68	16.01	OK	71.94	18.37	OK
45	-43.13	391.50	62.07	15.85	OK	71.21	18.19	OK
46	-42.35	391.50	66.08	16.88	OK	75.45	19.27	OK
47	-41.57	391.50	72.26	18.46	OK	82.06	20.96	OK
48	-40.79	391.50	77.76	19.86	OK	87.93	22.46	OK
49	-40.01	391.50	77.85	19.89	OK	88.15	22.52	OK
50	-39.23	391.50	83.20	21.25	OK	93.63	23.91	OK
51	-38.45	391.50	88.54	22.62	OK	99.27	25.36	OK
52	-37.67	391.50	95.99	24.52	OK	106.77	27.27	OK
53	-36.89	391.50	97.24	24.84	OK	108.23	27.64	OK
54	-36.10	391.50	104.06	26.58	OK	114.91	29.35	OK

55	-35.33	391.50	112.46	28.73	OK	122.90	31.39	OK
56	-34.55	391.50	112.27	28.68	OK	123.07	31.44	OK
57	-33.78	391.50	112.55	28.75	OK	123.38	31.51	OK
58	-33.00	391.50	112.45	28.72	OK	123.52	31.55	OK
59	-32.21	391.50	119.52	30.53	OK	130.58	33.36	OK
60	-31.43	391.50	130.38	33.30	OK	140.64	35.92	OK
61	-30.65	391.50	129.60	33.10	OK	140.25	35.82	OK
62	-29.88	391.50	130.61	33.36	OK	141.48	36.14	OK
63	-29.09	391.50	140.64	35.92	OK	150.74	38.50	OK
64	-28.30	391.50	147.02	37.55	OK	157.10	40.13	OK
65	-27.51	391.50	152.82	39.04	OK	162.48	41.50	OK
66	-26.73	391.50	148.73	37.99	OK	159.26	40.68	OK
67	-25.95	391.50	148.46	37.92	OK	159.36	40.71	OK
68	-25.17	391.50	160.67	41.04	OK	170.37	43.52	OK
69	-24.38	391.50	166.90	42.63	OK	176.43	45.06	OK
70	-23.58	391.50	172.09	43.96	OK	181.59	46.38	OK
71	-22.79	391.50	180.99	46.23	OK	189.52	48.41	OK
72	-21.99	391.50	185.47	47.37	OK	194.03	49.56	OK
73	-21.19	391.50	189.92	48.51	OK	198.43	50.68	OK
74	-20.40	391.50	195.38	49.90	OK	203.30	51.93	OK
75	-19.61	391.50	195.00	49.81	OK	203.42	51.96	OK
76	-18.81	391.50	194.96	49.80	OK	204.47	52.23	OK
77	-18.00	391.50	207.52	53.01	OK	215.57	55.06	OK
78	-17.19	391.50	214.20	54.71	OK	221.58	56.60	OK
79	-16.38	391.50	214.29	54.74	OK	222.45	56.82	OK
80	-15.55	391.50	216.95	55.41	OK	225.44	57.58	OK
81	-14.72	391.50	226.75	57.92	OK	233.85	59.73	OK
82	-13.90	391.50	237.00	60.54	OK	243.02	62.08	OK
83	-13.09	391.50	241.13	61.59	OK	246.59	62.99	OK
84	-12.28	391.50	242.76	62.01	OK	248.93	63.58	OK
85	-11.44	391.50	248.91	63.58	OK	254.66	65.05	OK
86	-10.61	391.50	256.52	65.52	OK	260.70	66.59	OK
87	-9.74	391.50	261.27	66.74	OK	265.93	67.93	OK
88	-8.87	391.50	264.83	67.65	OK	269.35	68.80	OK
89	-8.02	391.50	271.17	69.27	OK	275.00	70.24	OK
90	-7.12	391.50	274.75	70.18	OK	278.25	71.07	OK
91	-6.20	391.50	282.37	72.12	OK	286.09	73.08	OK
92	-5.29	391.50	288.03	73.57	OK	289.72	74.00	OK
93	-4.37	391.50	292.68	74.76	OK	294.08	75.12	OK
94	-3.38	391.50	294.88	75.32	OK	296.71	75.79	OK
95	-2.42	391.50	298.20	76.17	OK	298.55	76.26	OK
96	-1.37	391.50	304.61	77.80	OK	305.82	78.11	OK
97	-0.36	391.50	313.96	80.19	OK	314.45	80.32	OK
98	0.63	391.50	308.18	78.72	OK	305.59	78.06	OK
99	1.89	391.50	316.53	80.85	OK	314.18	80.25	OK
100	2.86	391.50	307.29	78.49	OK	301.45	77.00	OK

✚ **Maximum Von Mises Stress pada Proses Lifting Pembebanan 45°**

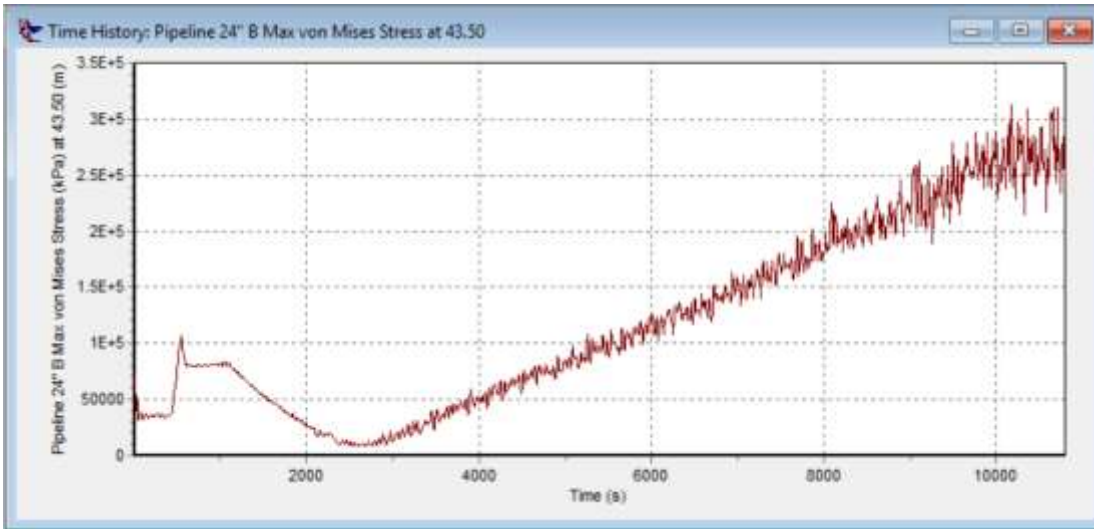


Gambar Output *Max. Von Mises Stress* Pipa Bagian Haluan (*Overbend*) Pembebanan 45° Sepanjang Waktu Pembebanan (10800s)

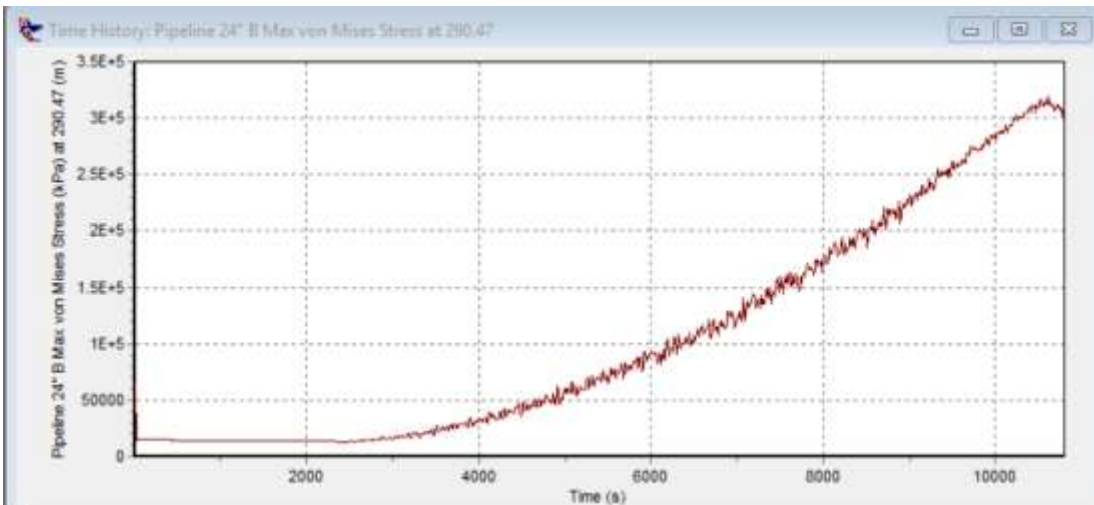


Gambar Output *Max. Von Mises Stress* Pipa Bagian Haluan (*Sagbend*) Pembebanan 45° Sepanjang Waktu Pembebanan (10800s)

.... *Maximum Von Mises Stress pada Proses Lifting Pembebanan 45°*



Gambar Output *Max. Von Mises Stress* Pipa Bagian Buritan (*Overbend*) Pembebanan 45° Sepanjang Waktu Pembebanan (10800s)



Gambar Output *Max. Von Mises Stress* Pipa Bagian Buritan (*Sagbend*) Pembebanan 45° Sepanjang Waktu Pembebanan (10800s)

Tabel Maximum Von Mises Stress pada Proses Lifting Pembebanan 45°

Tabel Lifting Quartering Seas (Overbend)

No	Lifted Pipeline Position	0.87 SMYS Steel (Mpa)	Max. Von Mises Stress					
			Pipeline (Bow Side)			Pipeline (Stern Side)		
			MPa	%SMSYS	CHECK	MPa	%SMSYS	CHECK
1	-76.69	391.50	122.24	31.22	OK	70.99	18.13	OK
2	-76.69	391.50	44.51	11.37	OK	39.99	10.21	OK
3	-76.69	391.50	43.52	11.12	OK	48.67	12.43	OK
4	-75.94	391.50	39.15	10.00	OK	35.77	9.14	OK
5	-74.97	391.50	100.09	25.57	OK	100.28	25.61	OK
6	-74.05	391.50	89.95	22.98	OK	86.82	22.18	OK
7	-73.06	391.50	83.28	21.27	OK	83.52	21.33	OK
8	-72.08	391.50	83.79	21.40	OK	82.55	21.08	OK
9	-71.09	391.50	82.12	20.98	OK	80.54	20.57	OK
10	-70.10	391.50	79.63	20.34	OK	79.75	20.37	OK
11	-69.31	391.50	74.01	18.90	OK	75.29	19.23	OK
12	-68.54	391.50	67.60	17.27	OK	66.39	16.96	OK
13	-67.77	391.50	59.03	15.08	OK	58.68	14.99	OK
14	-67.00	391.50	52.59	13.43	OK	53.16	13.58	OK
15	-66.23	391.50	46.43	11.86	OK	45.03	11.50	OK
16	-65.46	391.50	41.16	10.51	OK	41.05	10.48	OK
17	-64.69	391.50	34.81	8.89	OK	35.15	8.98	OK
18	-63.92	391.50	29.61	7.56	OK	32.33	8.26	OK
19	-63.15	391.50	24.65	6.30	OK	25.28	6.46	OK
20	-62.38	391.50	20.54	5.25	OK	19.27	4.92	OK
21	-61.61	391.50	16.71	4.27	OK	14.43	3.69	OK
22	-60.85	391.50	13.33	3.40	OK	12.95	3.31	OK
23	-60.08	391.50	9.63	2.46	OK	11.18	2.86	OK
24	-59.31	391.50	9.23	2.36	OK	10.19	2.60	OK
25	-58.54	391.50	10.24	2.62	OK	9.69	2.48	OK
26	-57.77	391.50	10.42	2.66	OK	9.57	2.44	OK
27	-57.00	391.50	11.05	2.82	OK	13.34	3.41	OK
28	-56.23	391.50	13.86	3.54	OK	22.21	5.67	OK
29	-55.46	391.50	21.19	5.41	OK	26.52	6.77	OK
30	-54.70	391.50	24.87	6.35	OK	24.88	6.35	OK
31	-53.93	391.50	25.27	6.45	OK	23.69	6.05	OK
32	-53.16	391.50	26.07	6.66	OK	27.25	6.96	OK
33	-52.39	391.50	28.90	7.38	OK	34.23	8.74	OK
34	-51.62	391.50	34.93	8.92	OK	42.37	10.82	OK
35	-50.85	391.50	43.00	10.98	OK	51.11	13.05	OK
36	-50.09	391.50	51.03	13.03	OK	51.62	13.18	OK
37	-49.32	391.50	53.78	13.74	OK	48.41	12.37	OK
38	-48.55	391.50	49.48	12.64	OK	49.74	12.70	OK
39	-47.78	391.50	50.05	12.79	OK	59.42	15.18	OK
40	-47.02	391.50	59.35	15.16	OK	68.77	17.57	OK
41	-46.24	391.50	70.98	18.13	OK	65.74	16.79	OK
42	-45.46	391.50	70.77	18.08	OK	62.59	15.99	OK
43	-44.68	391.50	63.98	16.34	OK	69.87	17.85	OK
44	-43.90	391.50	66.81	17.07	OK	82.15	20.98	OK
45	-43.13	391.50	76.99	19.66	OK	84.13	21.49	OK
46	-42.35	391.50	85.17	21.76	OK	78.06	19.94	OK
47	-41.57	391.50	83.22	21.26	OK	81.11	20.72	OK
48	-40.79	391.50	83.97	21.45	OK	90.29	23.06	OK
49	-40.01	391.50	93.13	23.79	OK	99.35	25.38	OK
50	-39.23	391.50	98.76	25.23	OK	92.99	23.75	OK
51	-38.45	391.50	97.20	24.83	OK	91.99	23.50	OK
52	-37.67	391.50	93.62	23.91	OK	91.50	23.37	OK
53	-36.89	391.50	99.56	25.43	OK	104.79	26.77	OK
54	-36.10	391.50	106.57	27.22	OK	113.26	28.93	OK

55	-35.33	391.50	114.29	29.19	OK	114.67	29.29	OK
56	-34.55	391.50	109.42	27.95	OK	121.53	31.04	OK
57	-33.78	391.50	109.48	27.97	OK	122.03	31.17	OK
58	-33.00	391.50	118.71	30.32	OK	120.44	30.76	OK
59	-32.21	391.50	122.17	31.20	OK	127.75	32.63	OK
60	-31.43	391.50	126.84	32.40	OK	132.89	33.94	OK
61	-30.65	391.50	130.98	33.46	OK	146.29	37.37	OK
62	-29.88	391.50	132.65	33.88	OK	150.72	38.50	OK
63	-29.09	391.50	139.63	35.67	OK	137.66	35.16	OK
64	-28.30	391.50	133.68	34.14	OK	142.75	36.46	OK
65	-27.51	391.50	129.18	33.00	OK	145.58	37.19	OK
66	-26.73	391.50	141.19	36.06	OK	161.14	41.16	OK
67	-25.95	391.50	149.90	38.29	OK	175.43	44.81	OK
68	-25.17	391.50	161.27	41.19	OK	167.37	42.75	OK
69	-24.38	391.50	159.74	40.80	OK	167.10	42.68	OK
70	-23.58	391.50	149.57	38.20	OK	175.44	44.81	OK
71	-22.79	391.50	158.18	40.40	OK	170.60	43.58	OK
72	-21.99	391.50	164.81	42.10	OK	172.93	44.17	OK
73	-21.19	391.50	161.45	41.24	OK	199.31	50.91	OK
74	-20.40	391.50	172.13	43.97	OK	202.15	51.64	OK
75	-19.61	391.50	181.19	46.28	OK	191.16	48.83	OK
76	-18.81	391.50	172.81	44.14	OK	197.29	50.39	OK
77	-18.00	391.50	171.18	43.73	OK	197.50	50.45	OK
78	-17.19	391.50	184.70	47.18	OK	200.45	51.20	OK
79	-16.38	391.50	187.05	47.78	OK	200.80	51.29	OK
80	-15.55	391.50	189.74	48.46	OK	196.83	50.28	OK
81	-14.72	391.50	198.13	50.61	OK	220.17	56.24	OK
82	-13.90	391.50	206.50	52.74	OK	230.12	58.78	OK
83	-13.09	391.50	214.95	54.91	OK	244.17	62.37	OK
84	-12.28	391.50	216.88	55.40	OK	251.22	64.17	OK
85	-11.44	391.50	211.51	54.02	OK	258.77	66.10	OK
86	-10.61	391.50	214.82	54.87	OK	247.46	63.21	OK
87	-9.74	391.50	212.41	54.26	OK	251.46	64.23	OK
88	-8.87	391.50	212.36	54.24	OK	271.94	69.46	OK
89	-8.02	391.50	225.21	57.53	OK	256.64	65.55	OK
90	-7.12	391.50	232.89	59.49	OK	243.40	62.17	OK
91	-6.20	391.50	218.84	55.90	OK	265.19	67.74	OK
92	-5.29	391.50	225.88	57.70	OK	270.90	69.20	OK
93	-4.37	391.50	245.83	62.79	OK	256.38	65.49	OK
94	-3.38	391.50	239.23	61.11	OK	263.61	67.33	OK
95	-2.42	391.50	231.02	59.01	OK	253.50	64.75	OK
96	-1.37	391.50	235.82	60.24	OK	285.82	73.01	OK
97	-0.36	391.50	236.82	60.49	OK	281.03	71.78	OK
98	0.63	391.50	255.27	65.20	OK	239.58	61.20	OK
99	1.89	391.50	245.02	62.58	OK	258.38	66.00	OK
100	2.86	391.50	237.29	60.61	OK	260.13	66.44	OK

Tabel Maximum Von Mises Stress pada Proses Lifting Pembebanan 45°

Tabel Lifting Quartering Seas (Sagbend)

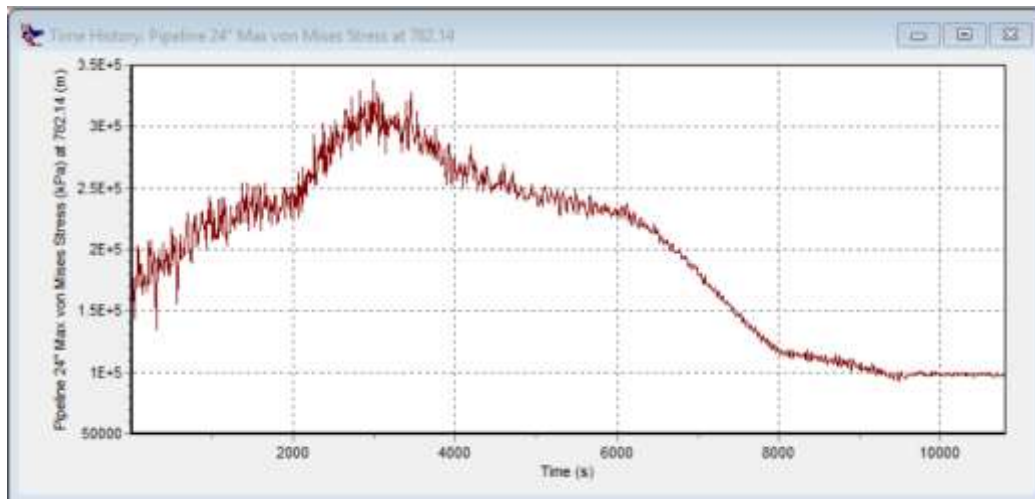
No	Lifted Pipeline Position	0.87 SMYS Steel (Mpa)	Max. Von Mises Stress					
			Pipeline (Bow Side)			Pipeline (Stern Side)		
			MPa	%SMSYS	CHECK	MPa	%SMSYS	CHECK
1	-76.69	391.50	59.52	15.20	OK	64.69	16.52	OK
2	-76.69	391.50	12.40	3.17	OK	14.53	3.71	OK
3	-76.69	391.50	13.60	3.47	OK	15.37	3.93	OK
4	-75.94	391.50	12.96	3.31	OK	14.74	3.76	OK
5	-74.97	391.50	13.01	3.32	OK	14.61	3.73	OK
6	-74.05	391.50	12.89	3.29	OK	14.55	3.72	OK
7	-73.06	391.50	12.99	3.32	OK	14.58	3.73	OK
8	-72.08	391.50	12.94	3.31	OK	14.58	3.72	OK
9	-71.09	391.50	12.94	3.31	OK	14.59	3.73	OK
10	-70.10	391.50	12.92	3.30	OK	14.59	3.73	OK
11	-69.31	391.50	12.95	3.31	OK	14.64	3.74	OK
12	-68.54	391.50	12.93	3.30	OK	14.64	3.74	OK
13	-67.77	391.50	12.95	3.31	OK	14.66	3.74	OK
14	-67.00	391.50	12.92	3.30	OK	14.61	3.73	OK
15	-66.23	391.50	12.82	3.27	OK	14.49	3.70	OK
16	-65.46	391.50	12.63	3.23	OK	14.21	3.63	OK
17	-64.69	391.50	12.54	3.20	OK	14.09	3.60	OK
18	-63.92	391.50	12.46	3.18	OK	13.88	3.54	OK
19	-63.15	391.50	12.45	3.18	OK	13.80	3.52	OK
20	-62.38	391.50	12.41	3.17	OK	13.63	3.48	OK
21	-61.61	391.50	12.43	3.17	OK	13.47	3.44	OK
22	-60.85	391.50	12.20	3.12	OK	13.25	3.38	OK
23	-60.08	391.50	12.01	3.07	OK	13.92	3.55	OK
24	-59.31	391.50	12.37	3.16	OK	14.46	3.69	OK
25	-58.54	391.50	12.75	3.26	OK	13.75	3.51	OK
26	-57.77	391.50	12.68	3.24	OK	13.92	3.55	OK
27	-57.00	391.50	12.60	3.22	OK	14.97	3.82	OK
28	-56.23	391.50	13.18	3.37	OK	16.79	4.29	OK
29	-55.46	391.50	13.89	3.55	OK	18.56	4.74	OK
30	-54.70	391.50	14.52	3.71	OK	18.21	4.65	OK
31	-53.93	391.50	15.29	3.90	OK	18.00	4.60	OK
32	-53.16	391.50	14.96	3.82	OK	19.21	4.91	OK
33	-52.39	391.50	15.18	3.88	OK	22.37	5.71	OK
34	-51.62	391.50	16.89	4.32	OK	26.73	6.83	OK
35	-50.85	391.50	20.38	5.20	OK	29.17	7.45	OK
36	-50.09	391.50	23.64	6.04	OK	29.95	7.65	OK
37	-49.32	391.50	23.84	6.09	OK	29.39	7.51	OK
38	-48.55	391.50	23.18	5.92	OK	31.38	8.01	OK
39	-47.78	391.50	23.65	6.04	OK	36.20	9.25	OK
40	-47.02	391.50	28.72	7.34	OK	39.86	10.18	OK
41	-46.24	391.50	33.47	8.55	OK	40.88	10.44	OK
42	-45.46	391.50	32.06	8.19	OK	38.95	9.95	OK
43	-44.68	391.50	29.10	7.43	OK	42.07	10.75	OK
44	-43.90	391.50	30.14	7.70	OK	50.52	12.90	OK
45	-43.13	391.50	37.77	9.65	OK	56.10	14.33	OK
46	-42.35	391.50	44.52	11.37	OK	54.82	14.00	OK
47	-41.57	391.50	45.54	11.63	OK	52.88	13.51	OK
48	-40.79	391.50	45.36	11.59	OK	59.19	15.12	OK
49	-40.01	391.50	49.00	12.52	OK	64.67	16.52	OK
50	-39.23	391.50	53.95	13.78	OK	66.56	17.00	OK
51	-38.45	391.50	52.00	13.28	OK	63.21	16.15	OK
52	-37.67	391.50	50.62	12.93	OK	67.20	17.16	OK
53	-36.89	391.50	50.08	12.79	OK	68.87	17.59	OK
54	-36.10	391.50	57.07	14.58	OK	73.63	18.81	OK
55	-35.33	391.50	54.89	14.02	OK	82.21	21.00	OK

56	-34.55	391.50	56.58	14.45	OK	89.19	22.78	OK
57	-33.78	391.50	66.33	16.94	OK	97.53	24.91	OK
58	-33.00	391.50	77.91	19.90	OK	96.86	24.74	OK
59	-32.21	391.50	84.93	21.69	OK	92.17	23.54	OK
60	-31.43	391.50	81.84	20.90	OK	103.03	26.32	OK
61	-30.65	391.50	82.66	21.11	OK	112.37	28.70	OK
62	-29.88	391.50	97.17	24.82	OK	113.32	28.94	OK
63	-29.09	391.50	100.01	25.55	OK	112.47	28.73	OK
64	-28.30	391.50	93.27	23.82	OK	112.24	28.67	OK
65	-27.51	391.50	93.59	23.91	OK	130.30	33.28	OK
66	-26.73	391.50	102.60	26.21	OK	141.22	36.07	OK
67	-25.95	391.50	129.51	33.08	OK	140.40	35.86	OK
68	-25.17	391.50	135.16	34.52	OK	142.77	36.47	OK
69	-24.38	391.50	128.34	32.78	OK	142.28	36.34	OK
70	-23.58	391.50	131.07	33.48	OK	142.62	36.43	OK
71	-22.79	391.50	129.08	32.97	OK	149.09	38.08	OK
72	-21.99	391.50	126.63	32.35	OK	152.96	39.07	OK
73	-21.19	391.50	133.18	34.02	OK	158.03	40.36	OK
74	-20.40	391.50	139.92	35.74	OK	174.47	44.56	OK
75	-19.61	391.50	149.99	38.31	OK	183.68	46.92	OK
76	-18.81	391.50	170.91	43.66	OK	179.37	45.82	OK
77	-18.00	391.50	175.35	44.79	OK	182.93	46.73	OK
78	-17.19	391.50	167.54	42.79	OK	194.75	49.74	OK
79	-16.38	391.50	179.23	45.78	OK	203.42	51.96	OK
80	-15.55	391.50	195.76	50.00	OK	203.17	51.90	OK
81	-14.72	391.50	199.79	51.03	OK	201.05	51.35	OK
82	-13.90	391.50	195.90	50.04	OK	210.05	53.65	OK
83	-13.09	391.50	194.71	49.73	OK	222.85	56.92	OK
84	-12.28	391.50	210.97	53.89	OK	228.70	58.42	OK
85	-11.44	391.50	223.70	57.14	OK	229.51	58.62	OK
86	-10.61	391.50	225.94	57.71	OK	237.00	60.54	OK
87	-9.74	391.50	225.98	57.72	OK	246.33	62.92	OK
88	-8.87	391.50	240.49	61.43	OK	253.33	64.71	OK
89	-8.02	391.50	252.18	64.41	OK	261.17	66.71	OK
90	-7.12	391.50	258.15	65.94	OK	266.74	68.13	OK
91	-6.20	391.50	266.10	67.97	OK	270.80	69.17	OK
92	-5.29	391.50	270.49	69.09	OK	277.05	70.77	OK
93	-4.37	391.50	273.75	69.92	OK	285.35	72.89	OK
94	-3.38	391.50	284.21	72.60	OK	292.33	74.67	OK
95	-2.42	391.50	292.63	74.75	OK	298.31	76.20	OK
96	-1.37	391.50	301.46	77.00	OK	301.59	77.04	OK
97	-0.36	391.50	308.88	78.90	OK	311.21	79.49	OK
98	0.63	391.50	318.23	81.29	OK	310.70	79.36	OK
99	1.89	391.50	329.16	84.08	OK	309.79	79.13	OK
100	2.86	391.50	298.93	76.35	OK	297.81	76.07	OK

✚ **Maximum Von Mises Stress pada Proses Lowering Pembebanan 90°**

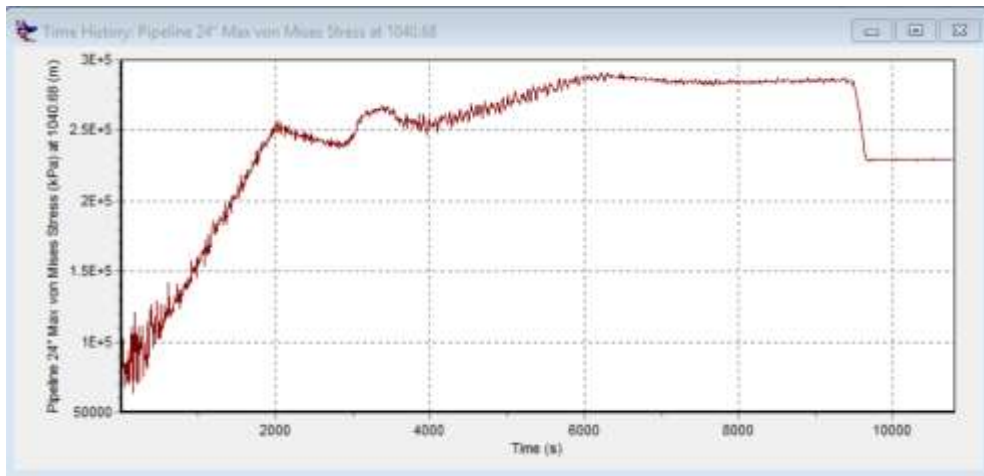


Gambar Output *Max. Von Mises Stress* Pipa Bagian Haluan (*Overbend*) Pembebanan 90° Sepanjang Waktu Pembebanan (10800s)

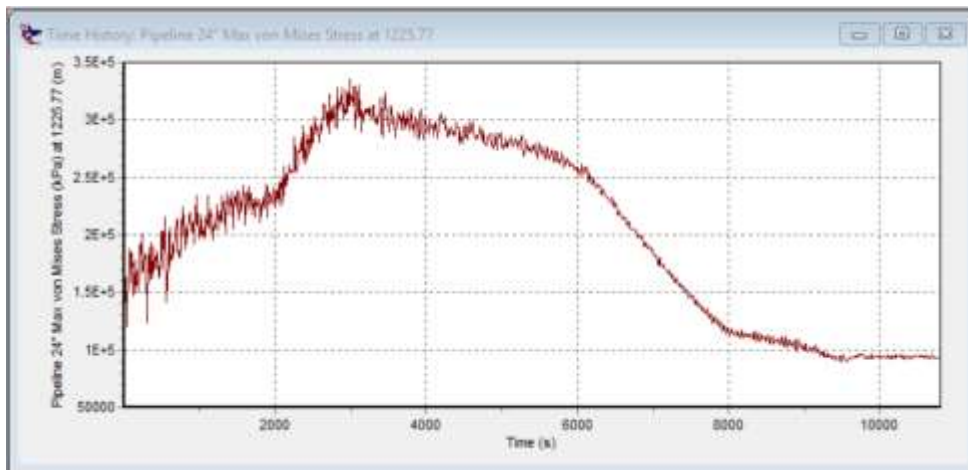


Gambar Output *Max. Von Mises Stress* Pipa Bagian Haluan (*Sagbend*) Pembebanan 90° Sepanjang Waktu Pembebanan (10800s)

... *Maximum Von Mises Stress* pada Proses *Lowering Pembebanan 90°*



Gambar Output *Max. Von Mises Stress* Pipa Bagian Buritan (*Overbend*) Pembebanan 90° Sepanjang Waktu Pembebanan (10800s)



Gambar Output *Max. Von Mises Stress* Pipa Bagian Buritan (*Sagbend*) Pembebanan 90° Sepanjang Waktu Pembebanan (10800s)

Tabel Maximum Von Mises Stress pada Proses Lowering Pembebanan 90°

Tabel Lowering Beam Seas (Overbend)

No	Lifted Pipeline Position	0.87 SMYS Steel (Mpa)	Max. Von Mises Stress					
			Pipeline (Bow Side)			Pipeline (Stern Side)		
			MPa	%SMSYS	CHECK	MPa	%SMSYS	CHECK
1	2.53	391.50	77.11	19.70	OK	87.12	22.25	OK
2	2.17	391.50	123.75	31.61	OK	125.80	32.13	OK
3	1.80	391.50	95.76	24.46	OK	91.73	23.43	OK
4	1.48	391.50	93.67	23.93	OK	98.24	25.09	OK
5	1.16	391.50	113.13	28.90	OK	112.31	28.69	OK
6	0.85	391.50	112.80	28.81	OK	115.35	29.46	OK
7	0.49	391.50	126.35	32.27	OK	128.36	32.79	OK
8	0.17	391.50	133.48	34.10	OK	134.24	34.29	OK
9	-0.14	391.50	150.45	38.43	OK	151.94	38.81	OK
10	-0.42	391.50	160.90	41.10	OK	157.30	40.18	OK
11	-0.69	391.50	173.03	44.20	OK	162.57	41.52	OK
12	-1.00	391.50	183.59	46.89	OK	176.53	45.09	OK
13	-1.29	391.50	197.51	50.45	OK	191.99	49.04	OK
14	-1.62	391.50	203.40	51.95	OK	190.31	48.61	OK
15	-1.92	391.50	218.07	55.70	OK	209.67	53.56	OK
16	-2.17	391.50	227.08	58.00	OK	217.80	55.63	OK
17	-2.44	391.50	236.03	60.29	OK	220.47	56.32	OK
18	-2.81	391.50	247.15	63.13	OK	235.91	60.26	OK
19	-3.10	391.50	259.86	66.37	OK	247.88	63.32	OK
20	-3.36	391.50	267.72	68.38	OK	252.62	64.53	OK
21	-3.64	391.50	267.15	68.24	OK	253.70	64.80	OK
22	-4.71	391.50	264.14	67.47	OK	250.36	63.95	OK
23	-5.72	391.50	265.02	67.69	OK	250.06	63.87	OK
24	-6.61	391.50	262.94	67.16	OK	248.44	63.46	OK
25	-7.57	391.50	262.85	67.14	OK	247.31	63.17	OK
26	-8.59	391.50	260.99	66.67	OK	244.88	62.55	OK
27	-9.62	391.50	264.20	67.48	OK	247.76	63.29	OK
28	-10.56	391.50	266.71	68.13	OK	251.99	64.37	OK
29	-11.47	391.50	268.47	68.57	OK	251.88	64.34	OK
30	-12.43	391.50	268.39	68.55	OK	255.45	65.25	OK
31	-13.38	391.50	273.74	69.92	OK	260.09	66.44	OK
32	-14.31	391.50	279.41	71.37	OK	267.35	68.29	OK
33	-15.26	391.50	285.95	73.04	OK	273.48	69.85	OK
34	-16.22	391.50	288.38	73.66	OK	278.79	71.21	OK
35	-17.18	391.50	291.79	74.53	OK	283.57	72.43	OK
36	-18.11	391.50	296.02	75.61	OK	287.05	73.32	OK
37	-19.01	391.50	295.16	75.39	OK	290.99	74.33	OK
38	-19.97	391.50	297.65	76.03	OK	291.37	74.42	OK
39	-20.91	391.50	299.46	76.49	OK	294.67	75.27	OK
40	-21.84	391.50	301.53	77.02	OK	295.70	75.53	OK
41	-22.78	391.50	304.03	77.66	OK	299.47	76.49	OK
42	-23.67	391.50	304.22	77.71	OK	303.09	77.42	OK
43	-24.60	391.50	306.52	78.29	OK	304.27	77.72	OK
44	-25.56	391.50	306.75	78.35	OK	305.11	77.93	OK
45	-26.51	391.50	309.40	79.03	OK	306.51	78.29	OK
46	-27.42	391.50	309.00	78.93	OK	308.25	78.73	OK
47	-28.34	391.50	311.35	79.53	OK	308.47	78.79	OK
48	-29.28	391.50	310.43	79.29	OK	308.69	78.85	OK
49	-30.21	391.50	310.93	79.42	OK	310.26	79.25	OK
50	-31.14	391.50	310.65	79.35	OK	311.10	79.46	OK
51	-32.06	391.50	310.92	79.42	OK	310.64	79.35	OK
52	-33.00	391.50	310.19	79.23	OK	309.56	79.07	OK
53	-33.93	391.50	309.36	79.02	OK	309.29	79.00	OK
54	-34.87	391.50	309.97	79.17	OK	308.90	78.90	OK
55	-35.80	391.50	307.69	78.59	OK	309.88	79.15	OK
56	-36.74	391.50	307.03	78.42	OK	306.57	78.31	OK

57	-37.70	391.50	305.04	77.91	OK	305.70	78.08	OK
58	-38.63	391.50	305.65	78.07	OK	302.41	77.24	OK
59	-39.57	391.50	303.89	77.62	OK	301.16	76.93	OK
60	-40.51	391.50	302.62	77.30	OK	299.56	76.52	OK
61	-41.46	391.50	301.66	77.05	OK	299.24	76.43	OK
62	-42.41	391.50	302.22	77.20	OK	297.05	75.88	OK
63	-43.35	391.50	300.80	76.83	OK	296.84	75.82	OK
64	-44.30	391.50	301.91	77.12	OK	294.68	75.27	OK
65	-45.24	391.50	299.04	76.38	OK	292.53	74.72	OK
66	-46.20	391.50	299.04	76.38	OK	290.72	74.26	OK
67	-47.16	391.50	297.09	75.89	OK	290.27	74.14	OK
68	-48.11	391.50	296.59	75.76	OK	289.25	73.88	OK
69	-49.05	391.50	295.70	75.53	OK	288.69	73.74	OK
70	-50.00	391.50	294.64	75.26	OK	286.42	73.16	OK
71	-50.95	391.50	294.14	75.13	OK	286.70	73.23	OK
72	-51.90	391.50	293.69	75.02	OK	286.46	73.17	OK
73	-52.85	391.50	293.35	74.93	OK	285.69	72.97	OK
74	-53.79	391.50	292.26	74.65	OK	285.16	72.84	OK
75	-54.74	391.50	292.57	74.73	OK	285.35	72.89	OK
76	-55.68	391.50	291.18	74.38	OK	285.65	72.96	OK
77	-56.62	391.50	291.67	74.50	OK	286.22	73.11	OK
78	-57.56	391.50	290.90	74.30	OK	285.16	72.84	OK
79	-58.49	391.50	290.61	74.23	OK	283.99	72.54	OK
80	-59.42	391.50	290.55	74.21	OK	284.71	72.72	OK
81	-60.34	391.50	289.17	73.86	OK	284.25	72.61	OK
82	-61.25	391.50	288.19	73.61	OK	283.89	72.51	OK
83	-62.15	391.50	289.20	73.87	OK	283.32	72.37	OK
84	-63.05	391.50	290.20	74.12	OK	285.64	72.96	OK
85	-63.96	391.50	290.51	74.20	OK	286.29	73.13	OK
86	-64.86	391.50	289.01	73.82	OK	286.11	73.08	OK
87	-65.76	391.50	288.67	73.74	OK	285.45	72.91	OK
88	-66.66	391.50	288.78	73.76	OK	286.27	73.12	OK
89	-67.56	391.50	289.41	73.92	OK	286.03	73.06	OK
90	-68.46	391.50	289.25	73.88	OK	286.67	73.22	OK
91	-69.35	391.50	289.42	73.93	OK	286.74	73.24	OK
92	-70.25	391.50	286.47	73.17	OK	284.88	72.77	OK
93	-71.15	391.50	288.75	73.75	OK	287.37	73.40	OK
94	-72.05	391.50	285.42	72.90	OK	284.77	72.74	OK
95	-72.94	391.50	286.30	73.13	OK	285.74	72.98	OK
96	-73.84	391.50	246.09	62.86	OK	251.79	64.31	OK
97	-74.74	391.50	226.19	57.77	OK	231.49	59.13	OK
98	-75.65	391.50	225.81	57.68	OK	230.90	58.98	OK
99	-76.60	391.50	225.72	57.66	OK	231.48	59.13	OK
100	-76.70	391.50	228.28	58.31	OK	235.57	60.17	OK

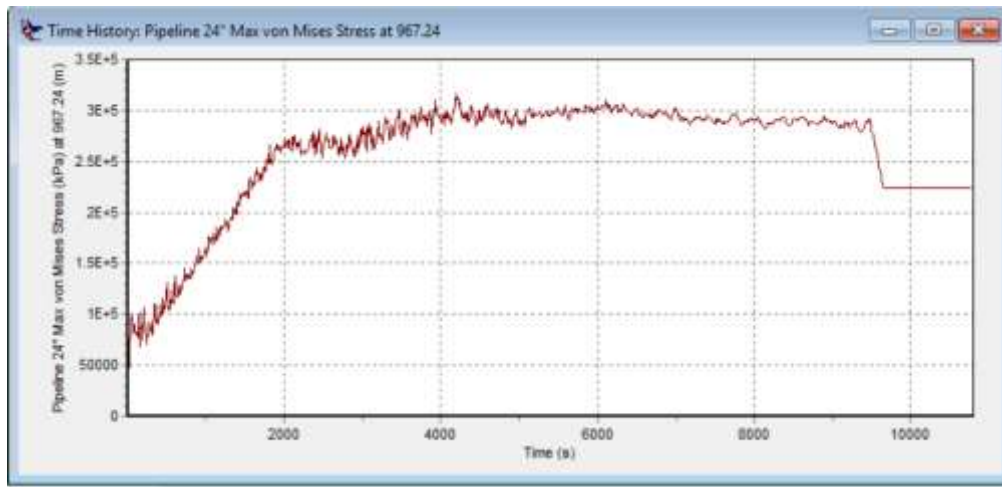
Tabel Maximum Von Mises Stress pada Proses Lowering Pembebanan 90°

Tabel Lowering Beam Seas (Sagbend)

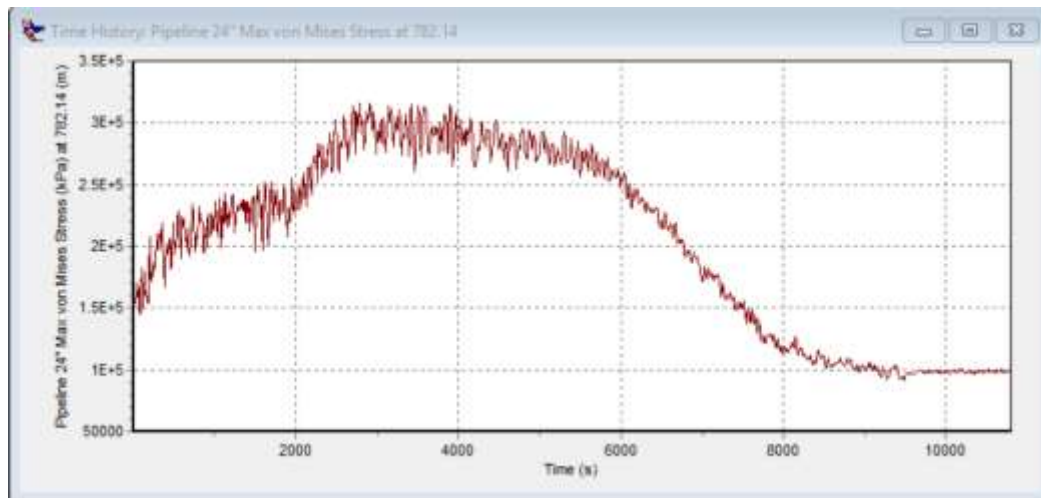
No	Lifted Pipeline Position	0.87 SMYS Steel (Mpa)	Max. Von Mises Stress					
			Pipeline (Bow Side)			Pipeline (Stern Side)		
			MPa	%SMSYS	CHECK	MPa	%SMSYS	CHECK
1	2.53	391.50	180.62	46.14	OK	162.92	41.62	OK
2	2.17	391.50	184.60	47.15	OK	174.23	44.50	OK
3	1.80	391.50	174.20	44.50	OK	152.50	38.95	OK
4	1.48	391.50	185.99	47.51	OK	169.00	43.17	OK
5	1.16	391.50	199.54	50.97	OK	182.42	46.59	OK
6	0.85	391.50	198.29	50.65	OK	192.05	49.06	OK
7	0.49	391.50	215.70	55.10	OK	202.75	51.79	OK
8	0.17	391.50	206.92	52.85	OK	189.11	48.30	OK
9	-0.14	391.50	200.67	51.26	OK	193.50	49.43	OK
10	-0.42	391.50	225.36	57.56	OK	217.11	55.46	OK
11	-0.69	391.50	242.47	61.93	OK	230.94	58.99	OK
12	-1.00	391.50	223.23	57.02	OK	209.80	53.59	OK
13	-1.29	391.50	216.62	55.33	OK	210.23	53.70	OK
14	-1.62	391.50	251.18	64.16	OK	233.88	59.74	OK
15	-1.92	391.50	229.75	58.68	OK	224.42	57.32	OK
16	-2.17	391.50	216.53	55.31	OK	210.81	53.85	OK
17	-2.44	391.50	258.72	66.08	OK	241.75	61.75	OK
18	-2.81	391.50	227.24	58.04	OK	222.97	56.95	OK
19	-3.10	391.50	237.63	60.70	OK	237.23	60.59	OK
20	-3.36	391.50	235.15	60.06	OK	232.05	59.27	OK
21	-3.64	391.50	248.99	63.60	OK	233.89	59.74	OK
22	-4.71	391.50	255.55	65.28	OK	250.80	64.06	OK
23	-5.72	391.50	272.50	69.60	OK	272.23	69.54	OK
24	-6.61	391.50	280.38	71.62	OK	273.29	69.81	OK
25	-7.57	391.50	291.71	74.51	OK	289.35	73.91	OK
26	-8.59	391.50	299.80	76.58	OK	298.63	76.28	OK
27	-9.62	391.50	306.95	78.40	OK	307.42	78.52	OK
28	-10.56	391.50	288.64	73.73	OK	295.24	75.41	OK
29	-11.47	391.50	320.06	81.75	OK	320.32	81.82	OK
30	-12.43	391.50	312.50	79.82	OK	318.63	81.39	OK
31	-13.38	391.50	314.29	80.28	OK	315.94	80.70	OK
32	-14.31	391.50	298.13	76.15	OK	306.06	78.18	OK
33	-15.26	391.50	295.73	75.54	OK	301.89	77.11	OK
34	-16.22	391.50	299.05	76.39	OK	306.26	78.23	OK
35	-17.18	391.50	285.75	72.99	OK	296.85	75.82	OK
36	-18.11	391.50	305.34	77.99	OK	309.85	79.14	OK
37	-19.01	391.50	299.98	76.62	OK	307.83	78.63	OK
38	-19.97	391.50	295.72	75.53	OK	302.98	77.39	OK
39	-20.91	391.50	282.78	72.23	OK	292.44	74.70	OK
40	-21.84	391.50	288.63	73.72	OK	299.07	76.39	OK
41	-22.78	391.50	295.20	75.40	OK	302.65	77.31	OK
42	-23.67	391.50	290.37	74.17	OK	298.21	76.17	OK
43	-24.60	391.50	291.76	74.52	OK	298.52	76.25	OK
44	-25.56	391.50	290.07	74.09	OK	298.34	76.20	OK
45	-26.51	391.50	291.96	74.57	OK	297.71	76.04	OK
46	-27.42	391.50	273.85	69.95	OK	282.49	72.16	OK
47	-28.34	391.50	275.27	70.31	OK	283.14	72.32	OK
48	-29.28	391.50	280.50	71.65	OK	286.57	73.20	OK
49	-30.21	391.50	290.50	74.20	OK	294.70	75.28	OK
50	-31.14	391.50	283.29	72.36	OK	285.57	72.94	OK
51	-32.06	391.50	277.81	70.96	OK	281.97	72.02	OK
52	-33.00	391.50	272.67	69.65	OK	274.20	70.04	OK
53	-33.93	391.50	274.57	70.13	OK	275.77	70.44	OK
54	-34.87	391.50	283.39	72.38	OK	279.81	71.47	OK
55	-35.80	391.50	275.77	70.44	OK	271.54	69.36	OK
56	-36.74	391.50	270.99	69.22	OK	264.51	67.56	OK

57	-37.70	391.50	258.95	66.14	OK	254.33	64.96	OK
58	-38.63	391.50	257.15	65.68	OK	251.37	64.21	OK
59	-39.57	391.50	256.99	65.64	OK	250.11	63.89	OK
60	-40.51	391.50	252.25	64.43	OK	243.35	62.16	OK
61	-41.46	391.50	249.55	63.74	OK	241.42	61.67	OK
62	-42.41	391.50	244.80	62.53	OK	235.57	60.17	OK
63	-43.35	391.50	237.56	60.68	OK	232.56	59.40	OK
64	-44.30	391.50	227.97	58.23	OK	221.07	56.47	OK
65	-45.24	391.50	219.85	56.16	OK	213.87	54.63	OK
66	-46.20	391.50	212.74	54.34	OK	207.89	53.10	OK
67	-47.16	391.50	208.50	53.26	OK	204.50	52.23	OK
68	-48.11	391.50	199.02	50.84	OK	196.05	50.08	OK
69	-49.05	391.50	193.45	49.41	OK	189.97	48.52	OK
70	-50.00	391.50	186.27	47.58	OK	183.27	46.81	OK
71	-50.95	391.50	178.29	45.54	OK	176.70	45.13	OK
72	-51.90	391.50	170.72	43.61	OK	167.83	42.87	OK
73	-52.85	391.50	162.99	41.63	OK	159.67	40.78	OK
74	-53.79	391.50	154.87	39.56	OK	152.00	38.83	OK
75	-54.74	391.50	148.82	38.01	OK	145.61	37.19	OK
76	-55.68	391.50	142.56	36.41	OK	139.74	35.69	OK
77	-56.62	391.50	135.30	34.56	OK	133.06	33.99	OK
78	-57.56	391.50	130.14	33.24	OK	127.76	32.63	OK
79	-58.49	391.50	123.75	31.61	OK	121.49	31.03	OK
80	-59.42	391.50	118.32	30.22	OK	115.69	29.55	OK
81	-60.34	391.50	115.61	29.53	OK	113.80	29.07	OK
82	-61.25	391.50	114.50	29.25	OK	113.28	28.94	OK
83	-62.15	391.50	115.17	29.42	OK	113.85	29.08	OK
84	-63.05	391.50	113.54	29.00	OK	110.97	28.35	OK
85	-63.96	391.50	110.14	28.13	OK	107.64	27.49	OK
86	-64.86	391.50	108.79	27.79	OK	107.02	27.34	OK
87	-65.76	391.50	111.03	28.36	OK	109.07	27.86	OK
88	-66.66	391.50	110.80	28.30	OK	108.58	27.74	OK
89	-67.56	391.50	107.68	27.50	OK	104.80	26.77	OK
90	-68.46	391.50	103.27	26.38	OK	99.74	25.48	OK
91	-69.35	391.50	101.01	25.80	OK	97.73	24.96	OK
92	-70.25	391.50	102.83	26.27	OK	98.25	25.10	OK
93	-71.15	391.50	100.85	25.76	OK	95.27	24.34	OK
94	-72.05	391.50	101.61	25.95	OK	96.44	24.63	OK
95	-72.94	391.50	98.67	25.20	OK	93.87	23.98	OK
96	-73.84	391.50	101.31	25.88	OK	96.39	24.62	OK
97	-74.74	391.50	101.34	25.89	OK	97.01	24.78	OK
98	-75.65	391.50	101.12	25.83	OK	96.53	24.66	OK
99	-76.60	391.50	102.33	26.14	OK	97.38	24.87	OK
100	-76.70	391.50	104.65	26.73	OK	99.82	25.50	OK

✚ **Maximum Von Mises Stress pada Proses Lowering Pembebanan 45**

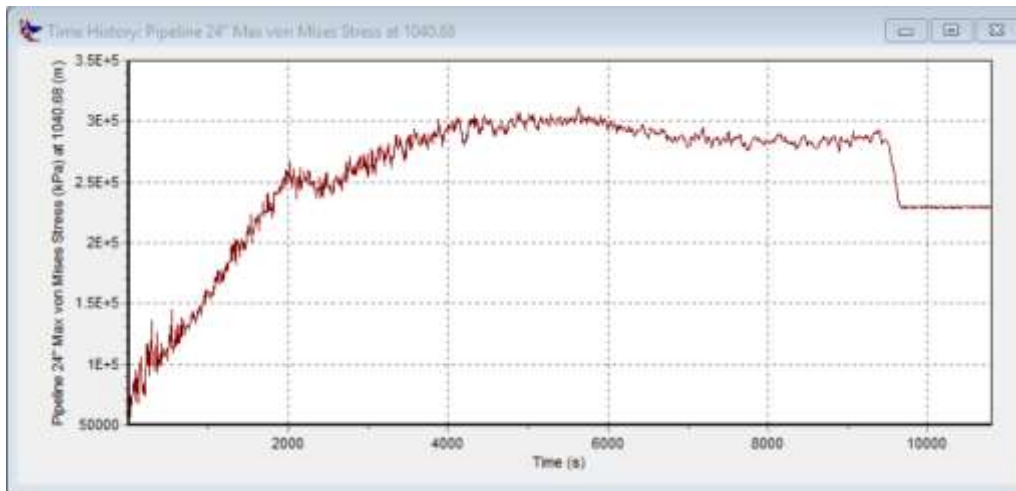


Gambar Output *Max. Von Mises Stress* Pipa Bagian Haluan (*Overbend*) Pembebanan 45° Sepanjang Waktu Pembebanan (10800s)

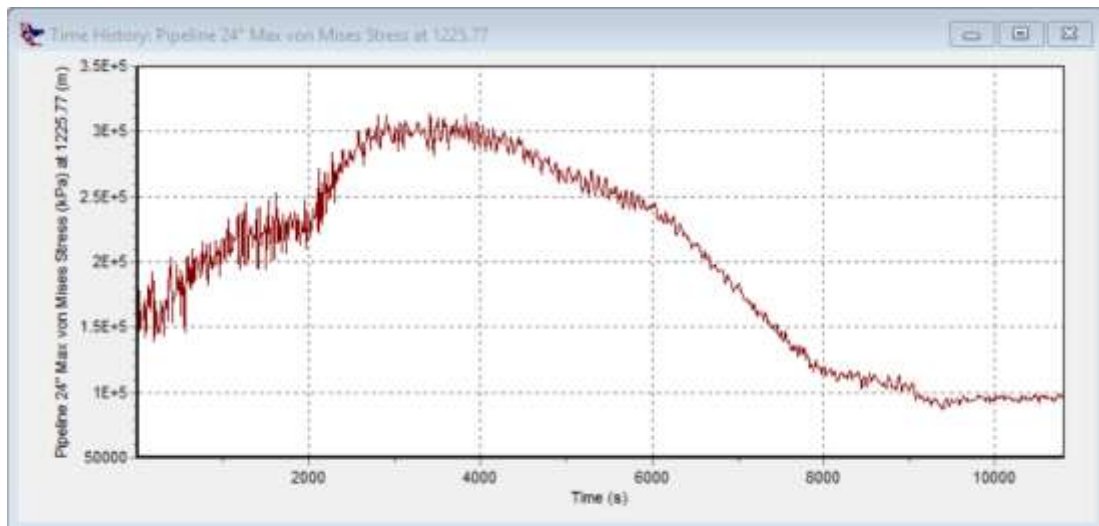


Gambar Output *Max. Von Mises Stress* Pipa Bagian Haluan (*Sagbend*) Pembebanan 45° Sepanjang Waktu Pembebanan (10800s)

... *Maximum Von Mises Stress* pada Proses *Lowering* Pembebanan 45°



Gambar Output *Max. Von Mises Stress* Pipa Bagian Buritan (*Overbend*) Pembebanan 45° Sepanjang Waktu Pembebanan (10800s)



Gambar Output *Max. Von Mises Stress* Pipa Bagian Buritan (*Sagbend*) Pembebanan 45° Sepanjang Waktu Pembebanan (10800s)

Tabel Maximum Von Mises Stress pada Proses Lowering Pembebanan 45°

Tabel Lowering Quartering Seas (Overbend)

No	Lifted Pipeline Position	0.87 SMYS Steel (Mpa)	Max. Von Mises Stress					
			Pipeline (Bow Side)			Pipeline (Stern Side)		
			MPa	%SMSYS	CHECK	MPa	%SMSYS	CHECK
1	2.53	391.50	61.81	15.79	OK	65.06	16.62	OK
2	2.17	391.50	83.55	21.34	OK	83.08	21.22	OK
3	1.80	391.50	84.05	21.47	OK	96.13	24.55	OK
4	1.48	391.50	94.45	24.12	OK	111.39	28.45	OK
5	1.16	391.50	104.43	26.67	OK	131.76	33.66	OK
6	0.85	391.50	115.52	29.51	OK	130.25	33.27	OK
7	0.49	391.50	127.16	32.48	OK	136.67	34.91	OK
8	0.17	391.50	136.61	34.89	OK	146.18	37.34	OK
9	-0.14	391.50	151.58	38.72	OK	143.23	36.58	OK
10	-0.42	391.50	162.92	41.61	OK	161.48	41.25	OK
11	-0.69	391.50	172.80	44.14	OK	176.92	45.19	OK
12	-1.00	391.50	187.39	47.86	OK	172.46	44.05	OK
13	-1.29	391.50	199.26	50.90	OK	189.71	48.46	OK
14	-1.62	391.50	205.69	52.54	OK	194.65	49.72	OK
15	-1.92	391.50	230.06	58.76	OK	199.18	50.88	OK
16	-2.17	391.50	234.26	59.84	OK	221.70	56.63	OK
17	-2.44	391.50	235.96	60.27	OK	235.69	60.20	OK
18	-2.81	391.50	241.46	61.68	OK	235.78	60.23	OK
19	-3.10	391.50	250.77	64.05	OK	243.77	62.26	OK
20	-3.36	391.50	261.33	66.75	OK	258.68	66.07	OK
21	-3.64	391.50	260.22	66.47	OK	259.16	66.20	OK
22	-4.71	391.50	267.43	68.31	OK	239.71	61.23	OK
23	-5.72	391.50	280.10	71.55	OK	240.57	61.45	OK
24	-6.61	391.50	277.52	70.89	OK	242.91	62.05	OK
25	-7.57	391.50	277.07	70.77	OK	244.34	62.41	OK
26	-8.59	391.50	272.40	69.58	OK	248.21	63.40	OK
27	-9.62	391.50	274.15	70.03	OK	239.54	61.19	OK
28	-10.56	391.50	289.77	74.02	OK	238.53	60.93	OK
29	-11.47	391.50	287.57	73.45	OK	248.06	63.36	OK
30	-12.43	391.50	285.02	72.80	OK	258.49	66.03	OK
31	-13.38	391.50	290.04	74.09	OK	263.71	67.36	OK
32	-14.31	391.50	293.03	74.85	OK	265.73	67.88	OK
33	-15.26	391.50	286.77	73.25	OK	279.99	71.52	OK
34	-16.22	391.50	280.46	71.64	OK	280.97	71.77	OK
35	-17.18	391.50	296.01	75.61	OK	282.18	72.08	OK
36	-18.11	391.50	295.23	75.41	OK	284.26	72.61	OK
37	-19.01	391.50	294.01	75.10	OK	290.33	74.16	OK
38	-19.97	391.50	294.47	75.22	OK	291.41	74.43	OK
39	-20.91	391.50	302.17	77.18	OK	290.38	74.17	OK
40	-21.84	391.50	305.40	78.01	OK	295.44	75.46	OK
41	-22.78	391.50	304.88	77.87	OK	301.37	76.98	OK
42	-23.67	391.50	307.64	78.58	OK	301.12	76.91	OK
43	-24.60	391.50	307.88	78.64	OK	301.97	77.13	OK
44	-25.56	391.50	308.21	78.73	OK	303.15	77.43	OK
45	-26.51	391.50	301.24	76.94	OK	311.59	79.59	OK
46	-27.42	391.50	305.35	78.00	OK	310.51	79.31	OK
47	-28.34	391.50	306.32	78.24	OK	314.73	80.39	OK
48	-29.28	391.50	311.64	79.60	OK	310.68	79.36	OK
49	-30.21	391.50	307.21	78.47	OK	315.17	80.50	OK
50	-31.14	391.50	313.55	80.09	OK	308.20	78.72	OK
51	-32.06	391.50	308.82	78.88	OK	314.72	80.39	OK
52	-33.00	391.50	315.63	80.62	OK	308.72	78.86	OK
53	-33.93	391.50	315.69	80.63	OK	309.77	79.12	OK
54	-34.87	391.50	313.28	80.02	OK	307.76	78.61	OK
55	-35.80	391.50	309.65	79.09	OK	308.97	78.92	OK
56	-36.74	391.50	306.72	78.35	OK	307.77	78.61	OK

57	-37.70	391.50	306.23	78.22	OK	308.68	78.85	OK
58	-38.63	391.50	308.11	78.70	OK	306.82	78.37	OK
59	-39.57	391.50	304.52	77.78	OK	307.10	78.44	OK
60	-40.51	391.50	302.77	77.33	OK	302.50	77.27	OK
61	-41.46	391.50	303.88	77.62	OK	297.30	75.94	OK
62	-42.41	391.50	304.36	77.74	OK	294.63	75.26	OK
63	-43.35	391.50	305.17	77.95	OK	295.34	75.44	OK
64	-44.30	391.50	299.55	76.51	OK	297.50	75.99	OK
65	-45.24	391.50	298.77	76.31	OK	296.97	75.85	OK
66	-46.20	391.50	298.92	76.35	OK	292.75	74.78	OK
67	-47.16	391.50	298.41	76.22	OK	289.30	73.90	OK
68	-48.11	391.50	298.43	76.23	OK	287.45	73.42	OK
69	-49.05	391.50	297.80	76.07	OK	287.71	73.49	OK
70	-50.00	391.50	296.46	75.73	OK	286.99	73.31	OK
71	-50.95	391.50	298.52	76.25	OK	285.17	72.84	OK
72	-51.90	391.50	298.83	76.33	OK	282.43	72.14	OK
73	-52.85	391.50	295.38	75.45	OK	283.03	72.29	OK
74	-53.79	391.50	292.72	74.77	OK	282.18	72.08	OK
75	-54.74	391.50	294.12	75.13	OK	281.52	71.91	OK
76	-55.68	391.50	292.81	74.79	OK	285.39	72.90	OK
77	-56.62	391.50	290.43	74.18	OK	286.43	73.16	OK
78	-57.56	391.50	290.63	74.24	OK	287.13	73.34	OK
79	-58.49	391.50	290.05	74.09	OK	288.74	73.75	OK
80	-59.42	391.50	292.06	74.60	OK	285.57	72.94	OK
81	-60.34	391.50	291.04	74.34	OK	281.54	71.91	OK
82	-61.25	391.50	291.97	74.58	OK	279.58	71.41	OK
83	-62.15	391.50	292.46	74.70	OK	279.83	71.48	OK
84	-63.05	391.50	293.90	75.07	OK	278.80	71.21	OK
85	-63.96	391.50	292.98	74.83	OK	280.42	71.63	OK
86	-64.86	391.50	292.09	74.61	OK	281.56	71.92	OK
87	-65.76	391.50	290.71	74.25	OK	283.25	72.35	OK
88	-66.66	391.50	290.42	74.18	OK	283.88	72.51	OK
89	-67.56	391.50	289.62	73.98	OK	284.95	72.78	OK
90	-68.46	391.50	288.43	73.67	OK	285.87	73.02	OK
91	-69.35	391.50	286.10	73.08	OK	288.25	73.63	OK
92	-70.25	391.50	289.74	74.01	OK	288.20	73.61	OK
93	-71.15	391.50	288.35	73.65	OK	284.69	72.72	OK
94	-72.05	391.50	288.61	73.72	OK	287.00	73.31	OK
95	-72.94	391.50	282.86	72.25	OK	284.67	72.71	OK
96	-73.84	391.50	248.55	63.49	OK	255.26	65.20	OK
97	-74.74	391.50	225.19	57.52	OK	230.25	58.81	OK
98	-75.65	391.50	225.48	57.59	OK	230.75	58.94	OK
99	-76.60	391.50	225.18	57.52	OK	230.25	58.81	OK
100	-76.70	391.50	225.18	57.52	OK	230.25	58.81	OK

Tabel Maximum Von Mises Stress pada Proses Lowering Pembebanan 45°

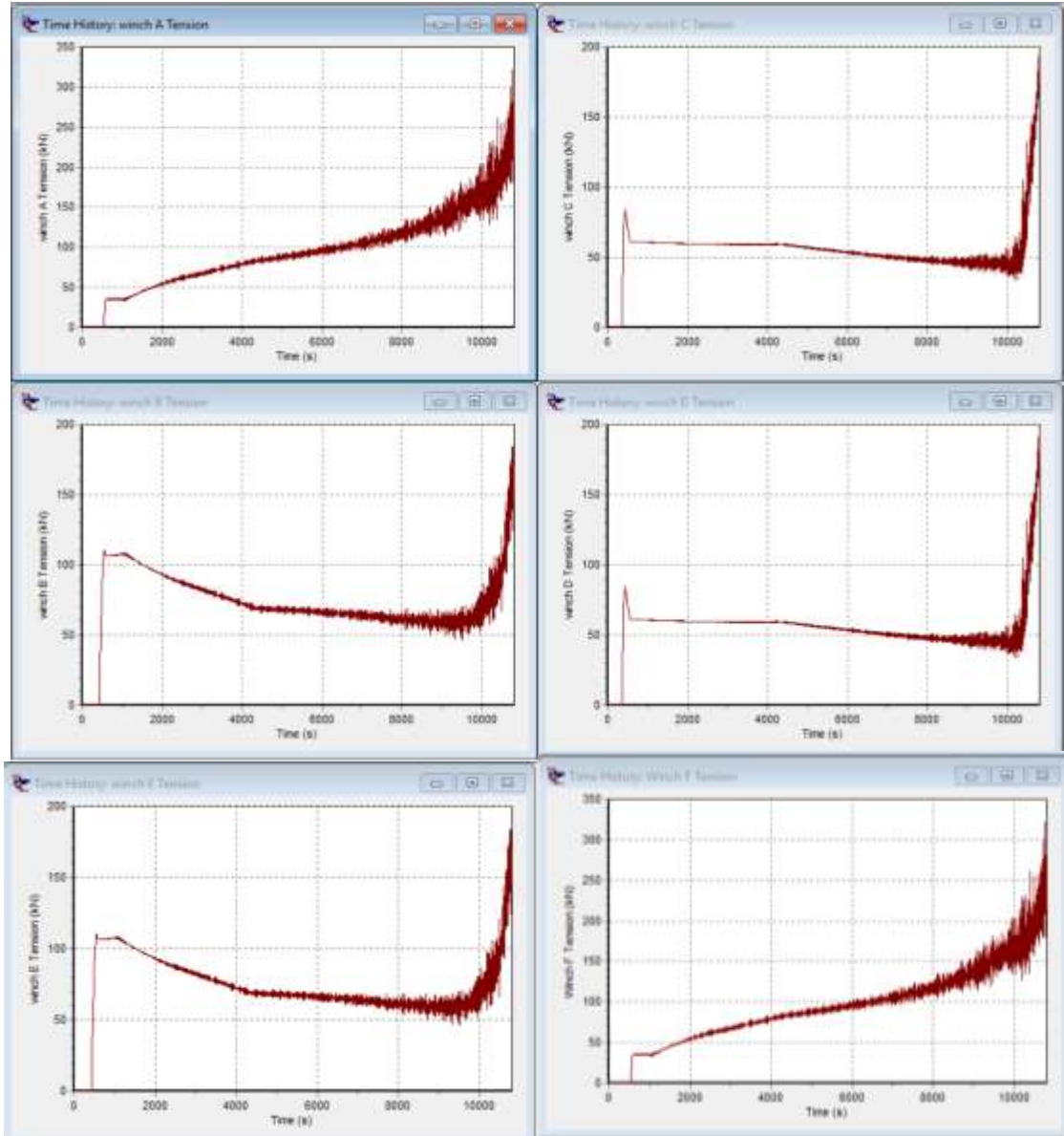
Tabel Lowering Quartering Seas (Sagbend)

No	Lifted Pipeline Position	0.87 SMYS Steel (Mpa)	Max. Von Mises Stress					
			Pipeline (Bow Side)			Pipeline (Stern Side)		
			MPa	%SMSYS	CHECK	MPa	%SMSYS	CHECK
1	2.53	391.50	158.93	40.60	OK	149.76	38.25	OK
2	2.17	391.50	163.53	41.77	OK	184.82	47.21	OK
3	1.80	391.50	177.72	45.39	OK	165.75	42.34	OK
4	1.48	391.50	179.51	45.85	OK	187.21	47.82	OK
5	1.16	391.50	191.72	48.97	OK	197.72	50.50	OK
6	0.85	391.50	199.70	51.01	OK	206.45	52.73	OK
7	0.49	391.50	205.27	52.43	OK	228.01	58.24	OK
8	0.17	391.50	216.76	55.37	OK	209.93	53.62	OK
9	-0.14	391.50	228.74	58.43	OK	199.58	50.98	OK
10	-0.42	391.50	216.89	55.40	OK	204.92	52.34	OK
11	-0.69	391.50	221.40	56.55	OK	217.07	55.44	OK
12	-1.00	391.50	226.12	57.76	OK	208.49	53.25	OK
13	-1.29	391.50	238.48	60.91	OK	218.71	55.87	OK
14	-1.62	391.50	227.46	58.10	OK	230.25	58.81	OK
15	-1.92	391.50	220.52	56.33	OK	226.12	57.76	OK
16	-2.17	391.50	231.70	59.18	OK	222.62	56.86	OK
17	-2.44	391.50	226.60	57.88	OK	218.77	55.88	OK
18	-2.81	391.50	224.50	57.34	OK	223.29	57.03	OK
19	-3.10	391.50	249.03	63.61	OK	245.08	62.60	OK
20	-3.36	391.50	229.68	58.67	OK	225.85	57.69	OK
21	-3.64	391.50	257.29	65.72	OK	218.59	55.83	OK
22	-4.71	391.50	270.31	69.05	OK	259.24	66.22	OK
23	-5.72	391.50	264.99	67.69	OK	270.09	68.99	OK
24	-6.61	391.50	263.25	67.24	OK	276.14	70.53	OK
25	-7.57	391.50	267.99	68.45	OK	281.84	71.99	OK
26	-8.59	391.50	272.86	69.70	OK	279.64	71.43	OK
27	-9.62	391.50	288.63	73.72	OK	308.30	78.75	OK
28	-10.56	391.50	295.59	75.50	OK	294.43	75.20	OK
29	-11.47	391.50	290.31	74.15	OK	301.91	77.12	OK
30	-12.43	391.50	269.66	68.88	OK	289.73	74.01	OK
31	-13.38	391.50	268.06	68.47	OK	292.59	74.74	OK
32	-14.31	391.50	279.02	71.27	OK	296.53	75.74	OK
33	-15.26	391.50	289.51	73.95	OK	294.64	75.26	OK
34	-16.22	391.50	297.85	76.08	OK	301.48	77.01	OK
35	-17.18	391.50	297.96	76.11	OK	293.43	74.95	OK
36	-18.11	391.50	286.44	73.16	OK	297.68	76.04	OK
37	-19.01	391.50	272.80	69.68	OK	290.59	74.22	OK
38	-19.97	391.50	286.61	73.21	OK	301.75	77.08	OK
39	-20.91	391.50	304.30	77.73	OK	304.08	77.67	OK
40	-21.84	391.50	301.75	77.07	OK	299.99	76.63	OK
41	-22.78	391.50	285.08	72.82	OK	298.91	76.35	OK
42	-23.67	391.50	276.79	70.70	OK	291.26	74.40	OK
43	-24.60	391.50	283.31	72.37	OK	289.62	73.98	OK
44	-25.56	391.50	282.38	72.13	OK	286.57	73.20	OK
45	-26.51	391.50	282.08	72.05	OK	292.37	74.68	OK
46	-27.42	391.50	295.00	75.35	OK	297.37	75.96	OK
47	-28.34	391.50	302.09	77.16	OK	296.21	75.66	OK
48	-29.28	391.50	296.41	75.71	OK	287.40	73.41	OK
49	-30.21	391.50	276.51	70.63	OK	278.33	71.09	OK
50	-31.14	391.50	269.42	68.82	OK	273.76	69.93	OK
51	-32.06	391.50	271.28	69.29	OK	272.98	69.73	OK
52	-33.00	391.50	282.11	72.06	OK	277.81	70.96	OK
53	-33.93	391.50	274.54	70.12	OK	269.18	68.76	OK
54	-34.87	391.50	259.60	66.31	OK	265.51	67.82	OK
55	-35.80	391.50	250.89	64.08	OK	256.71	65.57	OK
56	-36.74	391.50	254.46	65.00	OK	252.52	64.50	OK

57	-37.70	391.50	263.05	67.19	OK	254.58	65.03	OK
58	-38.63	391.50	268.03	68.46	OK	254.47	65.00	OK
59	-39.57	391.50	261.94	66.91	OK	249.43	63.71	OK
60	-40.51	391.50	250.00	63.86	OK	240.87	61.53	OK
61	-41.46	391.50	243.51	62.20	OK	232.18	59.30	OK
62	-42.41	391.50	237.78	60.74	OK	227.18	58.03	OK
63	-43.35	391.50	230.72	58.93	OK	225.70	57.65	OK
64	-44.30	391.50	226.12	57.76	OK	221.98	56.70	OK
65	-45.24	391.50	224.19	57.26	OK	218.46	55.80	OK
66	-46.20	391.50	219.19	55.99	OK	210.76	53.84	OK
67	-47.16	391.50	210.52	53.77	OK	201.99	51.59	OK
68	-48.11	391.50	201.04	51.35	OK	194.13	49.59	OK
69	-49.05	391.50	192.15	49.08	OK	187.09	47.79	OK
70	-50.00	391.50	183.61	46.90	OK	178.22	45.52	OK
71	-50.95	391.50	175.89	44.93	OK	170.76	43.62	OK
72	-51.90	391.50	166.09	42.42	OK	166.19	42.45	OK
73	-52.85	391.50	158.31	40.44	OK	162.52	41.51	OK
74	-53.79	391.50	154.46	39.45	OK	153.84	39.30	OK
75	-54.74	391.50	152.05	38.84	OK	146.58	37.44	OK
76	-55.68	391.50	142.10	36.30	OK	138.06	35.26	OK
77	-56.62	391.50	134.02	34.23	OK	132.00	33.72	OK
78	-57.56	391.50	128.82	32.90	OK	126.51	32.31	OK
79	-58.49	391.50	126.33	32.27	OK	121.07	30.93	OK
80	-59.42	391.50	120.76	30.84	OK	113.64	29.03	OK
81	-60.34	391.50	111.29	28.43	OK	111.67	28.52	OK
82	-61.25	391.50	106.18	27.12	OK	112.70	28.79	OK
83	-62.15	391.50	107.45	27.45	OK	117.70	30.06	OK
84	-63.05	391.50	111.71	28.53	OK	117.06	29.90	OK
85	-63.96	391.50	110.21	28.15	OK	112.07	28.63	OK
86	-64.86	391.50	108.06	27.60	OK	107.74	27.52	OK
87	-65.76	391.50	104.24	26.63	OK	108.20	27.64	OK
88	-66.66	391.50	106.09	27.10	OK	107.77	27.53	OK
89	-67.56	391.50	107.17	27.37	OK	106.85	27.29	OK
90	-68.46	391.50	107.20	27.38	OK	102.28	26.13	OK
91	-69.35	391.50	104.31	26.64	OK	98.72	25.21	OK
92	-70.25	391.50	100.80	25.75	OK	99.09	25.31	OK
93	-71.15	391.50	101.58	25.95	OK	97.40	24.88	OK
94	-72.05	391.50	97.11	24.80	OK	94.43	24.12	OK
95	-72.94	391.50	98.42	25.14	OK	94.44	24.12	OK
96	-73.84	391.50	99.48	25.41	OK	93.24	23.82	OK
97	-74.74	391.50	98.31	25.11	OK	93.97	24.00	OK
98	-75.65	391.50	100.10	25.57	OK	95.22	24.32	OK
99	-76.60	391.50	99.54	25.43	OK	93.29	23.83	OK
100	-76.70	391.50	99.54	25.43	OK	93.29	23.83	OK

✚ *Output Winch Tension (Davit Lift)*

Proses Lifting dengan Pembebanan 90°



Gambar Output *Tension* pada Winch untuk Pembebanan 90° Proses *Lifting*

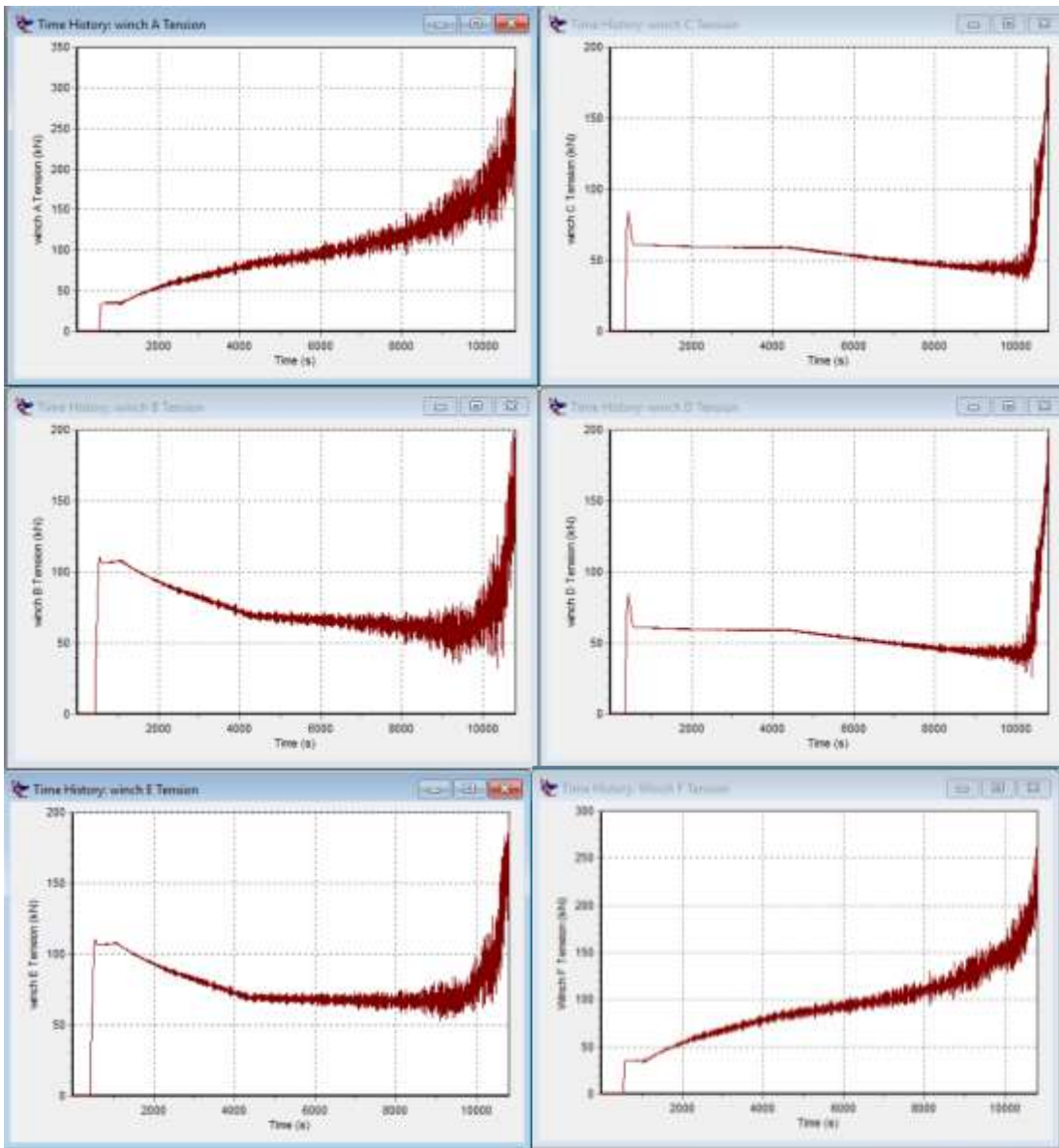
Tabel Output Davit Tension Proses Lifting dengan Pembebanan 90°

Tabel Output Davit (Lifting, Beam Seas)

No	Water Depth	Davit Capacity (kN)	Tension (kN)					
			Davit 1	Davit 2	Davit 3	Davit 4	Davit 5	Davit 6
1	-76.69	498.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	-76.69	498.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	-76.69	498.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	-75.94	498.20	0.00	22.60	84.70	84.69	22.60	0.00
5	-74.97	498.20	14.93	109.45	62.49	62.49	109.44	14.94
6	-74.05	498.20	38.66	105.28	60.96	60.96	105.27	38.69
7	-73.06	498.20	34.69	106.98	61.31	61.31	106.98	34.72
8	-72.08	498.20	37.40	106.14	60.88	60.88	106.14	37.41
9	-71.09	498.20	35.17	107.67	60.81	60.81	107.66	35.17
10	-70.10	498.20	36.94	106.00	59.53	59.53	106.01	36.92
11	-69.31	498.20	42.07	106.91	61.23	61.23	106.91	42.06
12	-68.54	498.20	37.95	103.20	60.39	60.39	103.20	37.96
13	-67.77	498.20	43.68	101.75	60.32	60.32	101.75	43.68
14	-67.00	498.20	46.13	99.87	60.03	60.03	99.87	46.11
15	-66.23	498.20	49.12	97.66	60.25	60.25	97.66	49.12
16	-65.46	498.20	49.92	96.78	59.97	59.97	96.77	49.93
17	-64.69	498.20	52.84	94.85	59.91	59.91	94.86	52.83
18	-63.92	498.20	57.63	93.55	59.71	59.71	93.55	57.63
19	-63.15	498.20	53.84	90.29	59.90	59.90	90.29	53.84
20	-62.38	498.20	60.52	91.62	59.61	59.61	91.63	60.52
21	-61.61	498.20	56.93	87.76	59.73	59.73	87.76	56.93
22	-60.85	498.20	62.64	89.34	59.40	59.40	89.34	62.64
23	-60.08	498.20	61.41	85.00	59.75	59.75	85.00	61.41
24	-59.31	498.20	68.33	87.07	59.26	59.26	87.06	68.33
25	-58.54	498.20	62.51	81.91	59.77	59.77	81.91	62.51
26	-57.77	498.20	70.10	85.75	59.26	59.26	85.75	70.10
27	-57.00	498.20	65.26	80.59	59.61	59.61	80.59	65.26
28	-56.23	498.20	71.49	82.64	59.04	59.04	82.64	71.49
29	-55.46	498.20	68.88	77.78	59.79	59.79	77.78	68.88
30	-54.70	498.20	75.33	80.87	59.03	59.03	80.87	75.33
31	-53.93	498.20	70.43	75.19	59.74	59.74	75.19	70.43
32	-53.16	498.20	77.45	79.32	59.18	59.18	79.32	77.45
33	-52.39	498.20	72.93	74.25	59.59	59.60	74.25	72.93
34	-51.62	498.20	79.87	76.32	59.25	59.25	76.33	79.87
35	-50.85	498.20	76.26	71.89	59.53	59.53	71.89	76.26
36	-50.09	498.20	82.58	74.16	59.23	59.23	74.16	82.58
37	-49.32	498.20	76.77	69.43	59.68	59.68	69.43	76.77
38	-48.55	498.20	85.22	72.50	59.29	59.29	72.50	85.22
39	-47.78	498.20	80.11	67.72	59.78	59.78	67.72	80.11
40	-47.02	498.20	88.44	69.22	58.98	58.98	69.22	88.44
41	-46.24	498.20	82.67	66.12	59.63	59.63	66.12	82.67
42	-45.46	498.20	89.85	69.22	58.39	58.39	69.22	89.86
43	-44.68	498.20	83.75	65.72	58.76	58.76	65.72	83.76
44	-43.90	498.20	90.99	68.70	58.05	58.05	68.69	90.99
45	-43.13	498.20	85.55	65.41	57.07	57.07	65.41	85.55
46	-42.35	498.20	94.11	68.25	57.92	57.92	68.25	94.11
47	-41.57	498.20	87.28	65.91	56.33	56.34	65.90	87.28
48	-40.79	498.20	92.48	67.39	57.00	57.01	67.39	92.48
49	-40.01	498.20	90.10	65.14	55.53	55.53	65.14	90.10
50	-39.23	498.20	96.60	67.00	56.44	56.44	67.00	96.60
51	-38.45	498.20	89.71	63.87	54.85	54.85	63.87	89.71
52	-37.67	498.20	98.12	68.14	55.76	55.76	68.14	98.12
53	-36.89	498.20	91.61	62.21	53.19	53.19	62.21	91.61
54	-36.10	498.20	102.40	68.02	56.02	56.02	68.02	102.40

55	-35.33	498.20	90.45	62.27	52.83	52.83	62.27	90.45
56	-34.55	498.20	101.04	67.15	54.70	54.70	67.15	101.04
57	-33.78	498.20	95.18	62.59	52.62	52.62	62.59	95.18
58	-33.00	498.20	106.64	65.32	53.80	53.80	65.32	106.64
59	-32.21	498.20	95.33	62.31	51.71	51.71	62.31	95.33
60	-31.43	498.20	105.49	65.37	53.15	53.15	65.37	105.49
61	-30.65	498.20	98.35	62.05	51.10	51.10	62.05	98.35
62	-29.88	498.20	109.81	65.42	52.37	52.37	65.42	109.81
63	-29.09	498.20	99.90	58.85	50.79	50.79	58.85	99.90
64	-28.30	498.20	110.82	65.42	51.58	51.58	65.42	110.82
65	-27.51	498.20	100.03	59.18	49.59	49.59	59.18	100.03
66	-26.73	498.20	116.41	66.16	51.70	51.70	66.16	116.41
67	-25.95	498.20	105.48	57.17	49.39	49.39	57.17	105.48
68	-25.17	498.20	115.68	64.27	50.71	50.71	64.27	115.68
69	-24.38	498.20	105.78	57.00	48.66	48.66	57.00	105.78
70	-23.58	498.20	120.21	63.02	50.18	50.18	63.02	120.21
71	-22.79	498.20	109.16	56.79	48.04	48.04	56.79	109.16
72	-21.99	498.20	121.94	62.49	49.81	49.81	62.49	121.94
73	-21.19	498.20	108.22	55.90	46.20	46.20	55.90	108.22
74	-20.40	498.20	134.26	62.75	50.70	50.70	62.75	134.26
75	-19.61	498.20	106.81	54.20	45.90	45.90	54.20	106.81
76	-18.81	498.20	132.55	60.75	49.62	49.62	60.75	132.55
77	-18.00	498.20	113.94	53.61	46.55	46.55	53.61	113.94
78	-17.19	498.20	131.26	59.81	48.00	48.00	59.81	131.26
79	-16.38	498.20	121.69	53.55	45.22	45.22	53.55	121.69
80	-15.55	498.20	144.46	58.66	50.10	50.10	58.66	144.46
81	-14.72	498.20	114.18	50.80	42.43	42.43	50.80	114.18
82	-13.90	498.20	151.15	61.55	51.05	51.05	61.55	151.15
83	-13.09	498.20	123.32	52.49	43.91	43.91	52.50	123.32
84	-12.28	498.20	147.74	58.13	48.55	48.55	58.13	147.74
85	-11.44	498.20	131.19	49.40	43.64	43.64	49.40	131.19
86	-10.61	498.20	154.46	60.50	49.53	49.53	60.50	154.46
87	-9.74	498.20	138.38	50.90	44.50	44.50	50.91	138.38
88	-8.87	498.20	160.06	56.09	48.39	48.39	56.09	160.06
89	-8.02	498.20	143.42	49.30	43.16	43.16	49.30	143.42
90	-7.12	498.20	173.32	60.12	49.92	49.92	60.13	173.33
91	-6.20	498.20	139.65	50.32	41.79	41.79	50.32	139.65
92	-5.29	498.20	176.08	68.08	48.93	48.93	68.08	176.08
93	-4.37	498.20	149.00	56.70	38.17	38.17	56.71	149.01
94	-3.38	498.20	182.00	73.43	50.44	50.44	73.44	182.00
95	-2.42	498.20	160.69	60.56	39.19	39.19	60.56	160.69
96	-1.37	498.20	195.41	86.72	56.41	56.41	86.72	195.42
97	-0.36	498.20	155.05	66.65	37.62	37.62	66.66	155.05
98	0.63	498.20	252.75	106.20	111.49	111.49	106.21	252.76
99	1.89	498.20	159.19	71.05	58.48	58.48	71.06	159.19
100	2.86	498.20	217.35	127.02	125.44	125.45	127.03	217.35

Davit Tension pada Proses Lifting Arah Pembebanan 45°



Gambar Output *Tension* pada *Winch* untuk Pembebanan 90° Proses *Lifting*

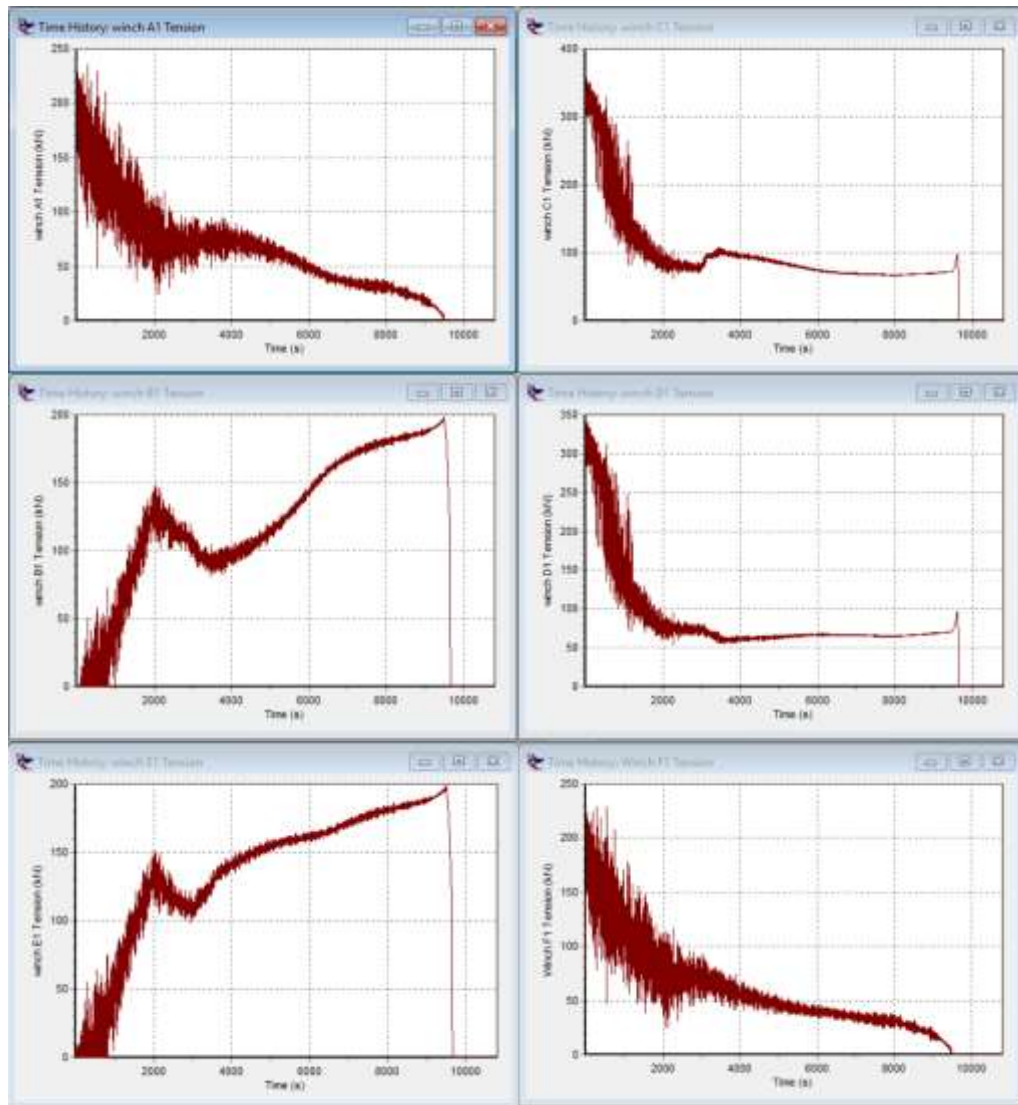
Tabel Output Davit Tension Proses Lifting dengan Pembebanan 45°

Tabel Davit (Lifting, Quartering Seas)

No	Lifted Pipeline Position	Davit Capacity (kN)	Tension (kN)					
			Davit 1	Davit 2	Davit 3	Davit 4	Davit 5	Davit 6
1	-76.69	498.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	-76.69	498.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	-76.69	498.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	-75.94	498.20	0.00	0.00	84.33	84.34	0.00	0.00
5	-74.97	498.20	0.00	103.78	65.36	65.33	103.81	0.00
6	-74.05	498.20	37.63	110.80	60.94	60.89	111.56	38.59
7	-73.06	498.20	31.00	105.82	61.40	61.39	105.60	32.03
8	-72.08	498.20	37.31	107.69	60.82	60.77	107.89	37.73
9	-71.09	498.20	33.91	106.60	60.96	60.99	106.25	33.52
10	-70.10	498.20	37.45	108.19	59.55	59.54	108.31	38.02
11	-69.31	498.20	36.08	106.08	61.32	61.34	105.72	35.40
12	-68.54	498.20	43.47	103.81	60.47	60.31	104.11	40.06
13	-67.77	498.20	40.53	101.87	60.35	60.52	101.84	43.11
14	-67.00	498.20	45.21	100.43	60.09	60.07	100.14	45.25
15	-66.23	498.20	49.37	98.22	60.27	60.26	98.51	47.47
16	-65.46	498.20	48.14	97.21	59.91	59.98	97.10	49.26
17	-64.69	498.20	53.71	95.57	60.06	59.83	95.49	51.48
18	-63.92	498.20	51.00	94.32	59.72	59.98	94.22	53.24
19	-63.15	498.20	57.47	92.60	59.95	59.58	92.83	55.02
20	-62.38	498.20	55.73	91.11	59.62	59.89	91.45	56.64
21	-61.61	498.20	61.67	89.72	59.76	59.50	88.37	61.59
22	-60.85	498.20	58.67	86.20	59.45	59.76	89.95	58.18
23	-60.08	498.20	65.56	88.74	59.78	59.23	87.46	64.20
24	-59.31	498.20	59.25	84.60	59.34	59.80	84.67	60.86
25	-58.54	498.20	67.70	86.90	59.71	59.28	86.83	65.44
26	-57.77	498.20	63.29	82.60	59.37	59.60	82.40	63.01
27	-57.00	498.20	69.92	84.93	59.60	59.23	84.62	70.17
28	-56.23	498.20	65.46	80.23	59.08	59.73	80.73	65.07
29	-55.46	498.20	74.13	82.55	59.76	58.96	82.80	71.27
30	-54.70	498.20	66.67	78.10	59.12	59.81	79.12	68.14
31	-53.93	498.20	76.17	80.48	59.65	59.13	80.40	75.14
32	-53.16	498.20	70.56	75.64	59.27	59.51	75.67	69.68
33	-52.39	498.20	78.69	78.97	59.56	59.27	78.76	78.03
34	-51.62	498.20	72.11	72.45	59.31	59.47	73.32	71.35
35	-50.85	498.20	81.79	76.52	59.56	59.14	77.39	80.57
36	-50.09	498.20	73.91	71.76	59.25	59.63	71.11	74.53
37	-49.32	498.20	84.23	73.27	59.70	59.21	75.16	81.73
38	-48.55	498.20	77.46	69.12	59.27	59.75	69.08	77.30
39	-47.78	498.20	87.83	72.93	59.77	59.14	72.56	85.41
40	-47.02	498.20	80.66	66.78	59.06	59.73	66.79	79.43
41	-46.24	498.20	89.90	70.49	59.65	58.57	71.43	87.79
42	-45.46	498.20	81.17	66.47	58.27	59.15	67.24	80.21
43	-44.68	498.20	92.02	69.79	58.78	58.28	71.15	89.59
44	-43.90	498.20	82.22	65.69	57.54	57.36	66.34	82.13
45	-43.13	498.20	92.39	70.53	58.04	57.93	71.21	90.79
46	-42.35	498.20	85.04	64.86	56.66	56.39	66.59	82.87
47	-41.57	498.20	94.90	69.14	57.51	57.56	70.78	93.40
48	-40.79	498.20	86.95	65.20	55.82	55.77	65.87	84.23
49	-40.01	498.20	95.37	68.85	56.57	56.43	70.14	94.90
50	-39.23	498.20	86.60	63.81	54.95	55.21	65.58	85.26
51	-38.45	498.20	101.33	70.06	55.82	55.53	70.50	92.68
52	-37.67	498.20	83.92	62.26	53.79	54.33	65.40	89.23
53	-36.89	498.20	108.07	70.07	55.88	55.78	69.60	98.21

54	-36.10	498.20	87.53	60.93	52.96	52.37	65.48	87.39
55	-35.33	498.20	104.22	66.80	55.31	55.26	69.40	102.75
56	-34.55	498.20	92.97	62.52	53.05	52.47	63.13	86.44
57	-33.78	498.20	104.82	68.56	53.69	53.77	70.73	104.27
58	-33.00	498.20	93.91	60.92	51.83	51.80	64.37	89.47
59	-32.21	498.20	108.51	67.79	53.29	53.03	70.41	102.53
60	-31.43	498.20	100.07	61.40	51.63	51.37	63.46	92.50
61	-30.65	498.20	111.83	68.31	52.12	51.87	70.47	105.74
62	-29.88	498.20	95.18	61.02	50.41	50.10	63.59	92.85
63	-29.09	498.20	114.94	67.29	52.12	51.55	68.99	103.16
64	-28.30	498.20	101.97	56.84	49.74	49.38	62.56	96.39
65	-27.51	498.20	120.54	69.15	51.45	50.94	70.29	107.97
66	-26.73	498.20	95.01	58.11	48.94	48.42	61.95	96.90
67	-25.95	498.20	120.68	66.34	50.41	50.54	72.26	110.18
68	-25.17	498.20	103.44	59.00	48.28	47.69	61.18	99.29
69	-24.38	498.20	122.46	65.81	50.36	49.62	71.43	113.30
70	-23.58	498.20	105.46	58.25	47.39	46.93	63.18	102.35
71	-22.79	498.20	126.78	65.98	49.64	48.91	69.38	113.16
72	-21.99	498.20	105.93	53.51	46.87	46.49	63.37	105.42
73	-21.19	498.20	139.18	70.02	49.14	49.04	68.84	116.53
74	-20.40	498.20	105.16	50.53	45.93	44.84	58.08	103.47
75	-19.61	498.20	130.00	67.01	49.33	48.76	74.06	124.27
76	-18.81	498.20	117.36	56.63	46.06	45.02	59.53	103.38
77	-18.00	498.20	135.75	62.64	47.76	47.02	72.39	127.43
78	-17.19	498.20	117.80	53.56	45.77	45.09	58.54	111.35
79	-16.38	498.20	141.17	66.92	47.88	46.77	70.61	124.26
80	-15.55	498.20	112.65	44.65	43.38	43.46	61.42	113.69
81	-14.72	498.20	158.69	71.19	49.04	48.42	76.52	135.97
82	-13.90	498.20	129.51	49.10	42.81	41.35	57.51	111.99
83	-13.09	498.20	158.58	63.86	47.54	45.83	72.38	145.48
84	-12.28	498.20	123.53	48.30	43.13	42.79	56.14	115.16
85	-11.44	498.20	167.40	67.71	47.95	47.49	74.13	141.74
86	-10.61	498.20	136.49	52.38	43.00	41.36	63.05	127.01
87	-9.74	498.20	175.77	63.70	47.22	46.53	70.77	151.43
88	-8.87	498.20	139.50	48.81	43.27	41.67	62.70	127.03
89	-8.02	498.20	175.74	67.90	48.53	47.48	73.15	151.57
90	-7.12	498.20	148.63	46.83	41.97	40.60	63.27	139.36
91	-6.20	498.20	189.31	71.00	47.26	46.74	86.50	158.70
92	-5.29	498.20	161.81	54.45	39.60	40.63	62.81	142.71
93	-4.37	498.20	185.94	77.32	50.40	49.19	90.95	167.16
94	-3.38	498.20	168.51	63.30	39.80	37.51	72.90	142.15
95	-2.42	498.20	207.17	92.36	56.18	48.22	99.36	169.50
96	-1.37	498.20	164.53	67.48	41.53	40.15	84.94	158.53
97	-0.36	498.20	257.39	123.20	115.00	116.80	130.11	194.64
98	0.63	498.20	170.99	73.74	66.54	60.15	90.27	173.54
99	1.89	498.20	270.24	161.23	142.79	176.37	172.03	246.55
100	2.86	498.20	216.47	127.26	184.42	130.51	136.79	198.67

Output Davit Tension Proses Lowering dengan Pembebanan 90°



Gambar Output *Tension* pada *Winch* untuk Pembebanan 90° Proses *Lowering*

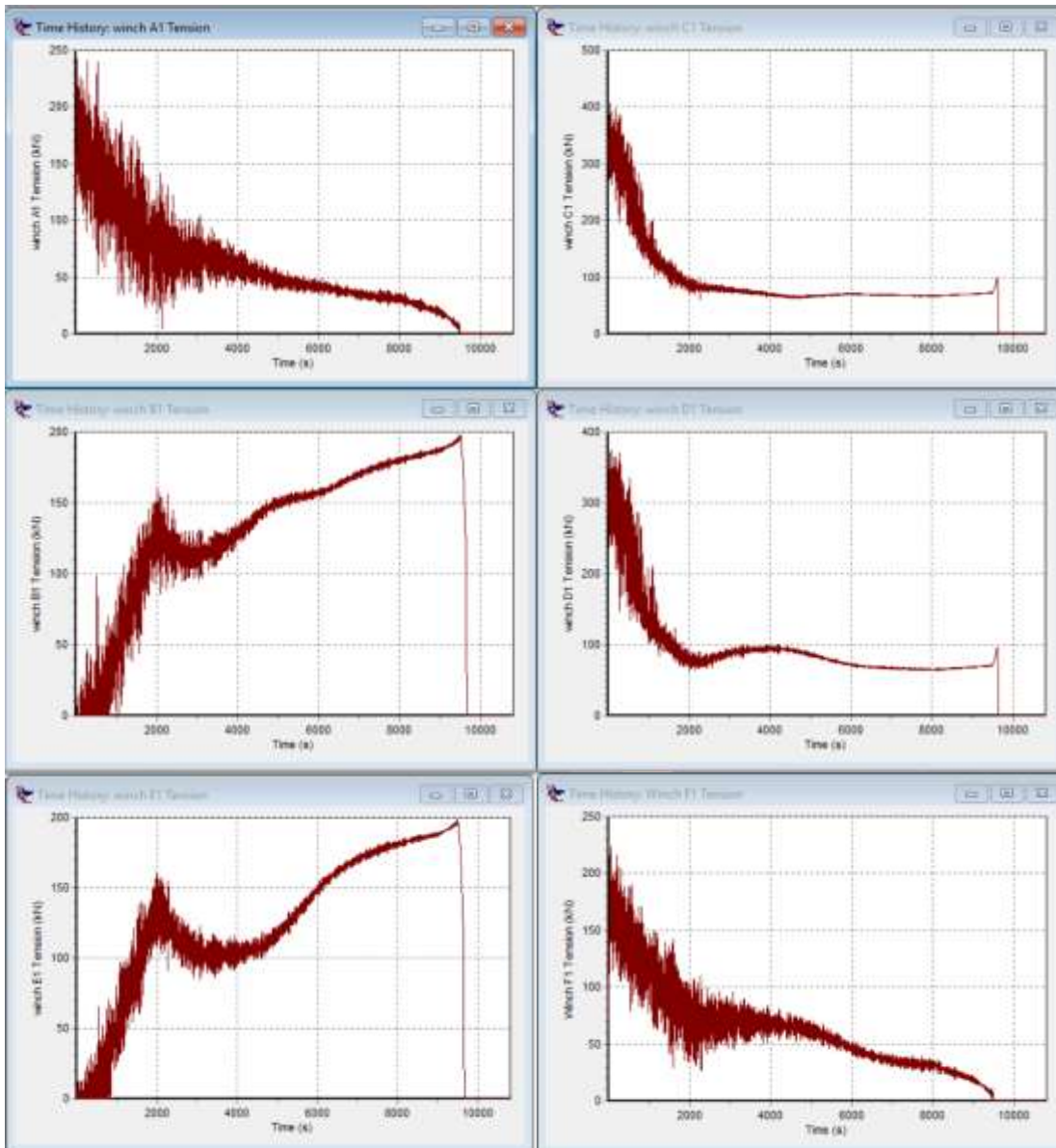
Tabel Output Davit Tension Proses Lowering dengan Pembebanan 90°

Tabel Davit (Lowering, Beam Seas)

No	Lifted Pipeline Position	Davit Capacity (kN)	Tension (kN)					
			Davit 1	Davit 2	Davit 3	Davit 4	Davit 5	Davit 6
1	2.53	498.20	78.54	0.00	293.51	267.73	0.00	63.29
2	2.17	498.20	220.68	8.85	368.32	339.38	22.36	187.46
3	1.80	498.20	102.06	0.00	236.87	177.67	0.00	108.25
4	1.48	498.20	170.45	23.27	341.94	327.41	23.87	195.42
5	1.16	498.20	114.89	0.00	229.45	151.34	0.00	108.55
6	0.85	498.20	172.34	25.12	305.96	314.63	32.58	166.01
7	0.49	498.20	90.79	0.00	142.88	155.16	0.00	100.61
8	0.17	498.20	182.78	61.09	260.21	250.12	50.83	157.03
9	-0.14	498.20	83.09	0.00	135.65	123.96	18.78	85.12
10	-0.42	498.20	167.83	83.22	184.04	183.66	75.82	140.27
11	-0.69	498.20	67.39	15.77	122.11	108.16	35.78	79.72
12	-1.00	498.20	155.18	98.23	158.31	144.77	93.63	132.13
13	-1.29	498.20	56.45	41.67	114.30	93.67	51.40	73.11
14	-1.62	498.20	134.24	106.85	128.83	125.54	111.26	123.22
15	-1.92	498.20	38.24	65.02	92.21	91.27	76.72	62.58
16	-2.17	498.20	140.87	136.91	119.72	107.54	122.18	114.67
17	-2.44	498.20	35.40	69.43	89.44	84.15	91.97	50.79
18	-2.81	498.20	133.39	140.20	104.38	100.16	154.16	117.68
19	-3.10	498.20	32.00	95.68	67.81	52.38	91.93	31.58
20	-3.36	498.20	103.95	149.91	99.49	88.29	159.59	117.88
21	-3.64	498.20	27.50	111.68	72.35	55.83	96.70	31.99
22	-4.71	498.20	108.84	148.15	93.74	87.51	144.76	85.12
23	-5.72	498.20	32.42	102.18	74.70	70.28	103.28	49.38
24	-6.61	498.20	87.43	136.76	86.94	89.15	138.36	90.87
25	-7.57	498.20	48.03	102.95	80.08	72.86	101.68	37.73
26	-8.59	498.20	108.72	125.42	86.43	84.00	135.03	86.69
27	-9.62	498.20	32.07	96.47	74.59	71.83	101.14	46.95
28	-10.56	498.20	109.94	130.39	84.30	91.49	119.20	89.34
29	-11.47	498.20	48.63	104.64	75.63	72.17	90.21	41.26
30	-12.43	498.20	85.30	119.13	85.53	90.56	127.18	96.50
31	-13.38	498.20	60.86	104.81	77.87	77.27	95.04	37.41
32	-14.31	498.20	81.15	120.37	84.23	91.00	120.02	83.49
33	-15.26	498.20	47.63	103.15	79.43	83.10	102.22	61.35
34	-16.22	498.20	83.46	123.41	84.40	89.70	109.40	76.05
35	-17.18	498.20	45.08	104.50	77.81	82.64	101.01	61.73
36	-18.11	498.20	74.56	123.24	84.76	88.91	114.19	71.76
37	-19.01	498.20	46.49	107.16	77.84	84.10	99.70	54.44
38	-19.97	498.20	78.22	124.19	81.86	88.99	118.23	77.05
39	-20.91	498.20	53.12	109.32	76.17	84.06	100.56	55.92
40	-21.84	498.20	70.33	125.02	81.04	90.49	119.91	70.59
41	-22.78	498.20	54.70	116.80	74.82	84.35	103.97	54.50
42	-23.67	498.20	64.40	127.09	78.99	88.44	117.36	68.04
43	-24.60	498.20	48.56	122.22	74.72	85.18	110.49	57.52
44	-25.56	498.20	66.65	134.87	77.31	86.59	119.28	66.64
45	-26.51	498.20	45.46	122.40	73.30	83.50	112.42	54.79
46	-27.42	498.20	66.80	134.75	76.27	86.76	126.60	67.26
47	-28.34	498.20	44.57	128.18	71.81	83.52	110.59	50.42
48	-29.28	498.20	60.88	141.66	75.64	85.04	127.86	65.86
49	-30.21	498.20	41.31	133.74	70.30	81.86	115.92	50.24
50	-31.14	498.20	58.50	147.48	74.49	84.12	128.41	61.85
51	-32.06	498.20	31.73	136.71	70.86	76.91	123.93	51.74
52	-33.00	498.20	65.02	149.45	73.93	84.51	132.96	61.62
53	-33.93	498.20	38.20	139.10	69.94	74.52	124.33	45.30
54	-34.87	498.20	53.35	154.00	73.97	83.23	141.77	63.33

55	-35.80	498.20	38.19	144.60	70.17	75.78	127.13	40.03
56	-36.74	498.20	49.14	155.48	72.13	78.46	143.64	59.73
57	-37.70	498.20	36.38	148.03	69.71	73.28	132.84	43.94
58	-38.63	498.20	50.72	156.92	72.35	76.58	147.88	52.65
59	-39.57	498.20	38.46	153.26	69.43	72.02	138.61	43.70
60	-40.51	498.20	45.01	160.24	72.29	73.60	153.52	49.39
61	-41.46	498.20	36.28	155.57	69.87	69.74	146.98	41.59
62	-42.41	498.20	43.47	162.28	71.43	71.38	155.58	47.13
63	-43.35	498.20	33.31	158.43	69.74	68.21	153.83	38.28
64	-44.30	498.20	42.30	164.93	71.01	70.22	163.10	44.11
65	-45.24	498.20	35.84	161.28	69.12	67.40	156.63	36.88
66	-46.20	498.20	40.15	166.38	70.83	69.21	165.69	41.80
67	-47.16	498.20	34.71	164.24	68.53	67.10	163.27	34.17
68	-48.11	498.20	38.10	168.89	69.84	68.45	169.39	39.40
69	-49.05	498.20	33.66	166.44	68.37	66.33	166.83	33.26
70	-50.00	498.20	37.23	171.42	69.11	68.06	170.56	37.84
71	-50.95	498.20	31.71	169.16	67.99	65.85	173.54	32.47
72	-51.90	498.20	36.55	175.27	68.92	67.96	171.80	36.22
73	-52.85	498.20	30.12	172.03	67.78	65.48	178.22	29.19
74	-53.79	498.20	34.71	175.66	68.74	66.58	172.55	36.69
75	-54.74	498.20	30.01	175.00	67.10	65.31	178.42	30.45
76	-55.68	498.20	33.94	178.76	68.13	66.38	176.40	34.82
77	-56.62	498.20	29.36	175.68	66.96	65.22	180.72	28.97
78	-57.56	498.20	34.75	179.35	67.70	66.15	177.10	34.43
79	-58.49	498.20	28.92	178.15	66.59	64.42	181.47	28.05
80	-59.42	498.20	34.40	182.27	67.83	66.22	179.55	34.00
81	-60.34	498.20	27.10	178.00	66.20	64.38	185.16	25.31
82	-61.25	498.20	32.06	182.87	67.99	65.98	181.62	30.23
83	-62.15	498.20	24.22	180.29	67.38	65.16	186.50	21.75
84	-63.05	498.20	29.74	184.87	68.84	67.38	181.34	30.69
85	-63.96	498.20	21.24	181.84	68.00	65.38	186.17	22.41
86	-64.86	498.20	27.61	186.05	69.31	67.34	183.89	26.42
87	-65.76	498.20	20.20	182.82	68.35	66.75	188.36	17.81
88	-66.66	498.20	23.51	186.67	69.62	68.48	185.23	24.48
89	-67.56	498.20	18.12	185.61	69.95	67.03	188.77	16.83
90	-68.46	498.20	21.49	188.64	70.83	69.34	185.89	23.18
91	-69.35	498.20	13.10	186.65	70.12	67.99	191.03	11.92
92	-70.25	498.20	18.74	191.72	71.74	70.00	188.68	19.08
93	-71.15	498.20	6.81	189.36	70.97	69.06	194.27	7.14
94	-72.05	498.20	13.02	197.50	73.53	72.19	192.22	11.76
95	-72.94	498.20	0.00	152.25	72.01	70.21	198.75	0.00
96	-73.84	498.20	0.00	196.70	97.98	96.79	150.77	0.00
97	-74.74	498.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
98	-75.65	498.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
99	-76.60	498.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
100	-76.70	498.20	0.00	0.00	0.00	123.53	34.36	112.38

Output Davit Tension Proses Lowering dengan Pembebanan 45°



Gambar Output *Tension* pada Winch untuk Pembebanan 45° Proses *Lowering*

Tabel Output Davit Tension Proses Lowering dengan Pembebanan 45°

Tabel Davit (Lowering, Quartering Seas)

No	Lifted Pipeline Position	Davit Capacity (kN)	Tension (kN)					
			Davit 1	Davit 2	Davit 3	Davit 4	Davit 5	Davit 6
1	2.53	498.20	78.54	0.00	293.51	267.73	0.00	63.29
2	2.17	498.20	220.68	8.85	368.32	339.38	22.36	187.46
3	1.80	498.20	102.06	0.00	236.87	177.67	0.00	108.25
4	1.48	498.20	170.45	23.27	341.94	327.41	23.87	195.42
5	1.16	498.20	114.89	0.00	229.45	151.34	0.00	108.55
6	0.85	498.20	172.34	25.12	305.96	314.63	32.58	166.01
7	0.49	498.20	90.79	0.00	142.88	155.16	0.00	100.61
8	0.17	498.20	182.78	61.09	260.21	250.12	50.83	157.03
9	-0.14	498.20	83.09	0.00	135.65	123.96	18.78	85.12
10	-0.42	498.20	167.83	83.22	184.04	183.66	75.82	140.27
11	-0.69	498.20	67.39	15.77	122.11	108.16	35.78	79.72
12	-1.00	498.20	155.18	98.23	158.31	144.77	93.63	132.13
13	-1.29	498.20	56.45	41.67	114.30	93.67	51.40	73.11
14	-1.62	498.20	134.24	106.85	128.83	125.54	111.26	123.22
15	-1.92	498.20	38.24	65.02	92.21	91.27	76.72	62.58
16	-2.17	498.20	140.87	136.91	119.72	107.54	122.18	114.67
17	-2.44	498.20	35.40	69.43	89.44	84.15	91.97	50.79
18	-2.81	498.20	133.39	140.20	104.38	100.16	154.16	117.68
19	-3.10	498.20	32.00	95.68	67.81	52.38	91.93	31.58
20	-3.36	498.20	103.95	149.91	99.49	88.29	159.59	117.88
21	-3.64	498.20	27.50	111.68	72.35	55.83	96.70	31.99
22	-4.71	498.20	108.84	148.15	93.74	87.51	144.76	85.12
23	-5.72	498.20	32.42	102.18	74.70	70.28	103.28	49.38
24	-6.61	498.20	87.43	136.76	86.94	89.15	138.36	90.87
25	-7.57	498.20	48.03	102.95	80.08	72.86	101.68	37.73
26	-8.59	498.20	108.72	125.42	86.43	84.00	135.03	86.69
27	-9.62	498.20	32.07	96.47	74.59	71.83	101.14	46.95
28	-10.56	498.20	109.94	130.39	84.30	91.49	119.20	89.34
29	-11.47	498.20	48.63	104.64	75.63	72.17	90.21	41.26
30	-12.43	498.20	85.30	119.13	85.53	90.56	127.18	96.50
31	-13.38	498.20	60.86	104.81	77.87	77.27	95.04	37.41
32	-14.31	498.20	81.15	120.37	84.23	91.00	120.02	83.49
33	-15.26	498.20	47.63	103.15	79.43	83.10	102.22	61.35
34	-16.22	498.20	83.46	123.41	84.40	89.70	109.40	76.05
35	-17.18	498.20	45.08	104.50	77.81	82.64	101.01	61.73
36	-18.11	498.20	74.56	123.24	84.76	88.91	114.19	71.76
37	-19.01	498.20	46.49	107.16	77.84	84.10	99.70	54.44
38	-19.97	498.20	78.22	124.19	81.86	88.99	118.23	77.05
39	-20.91	498.20	53.12	109.32	76.17	84.06	100.56	55.92
40	-21.84	498.20	70.33	125.02	81.04	90.49	119.91	70.59
41	-22.78	498.20	54.70	116.80	74.82	84.35	103.97	54.50
42	-23.67	498.20	64.40	127.09	78.99	88.44	117.36	68.04
43	-24.60	498.20	48.56	122.22	74.72	85.18	110.49	57.52
44	-25.56	498.20	66.65	134.87	77.31	86.59	119.28	66.64
45	-26.51	498.20	45.46	122.40	73.30	83.50	112.42	54.79
46	-27.42	498.20	66.80	134.75	76.27	86.76	126.60	67.26
47	-28.34	498.20	44.57	128.18	71.81	83.52	110.59	50.42
48	-29.28	498.20	60.88	141.66	75.64	85.04	127.86	65.86
49	-30.21	498.20	41.31	133.74	70.30	81.86	115.92	50.24
50	-31.14	498.20	58.50	147.48	74.49	84.12	128.41	61.85
51	-32.06	498.20	31.73	136.71	70.86	76.91	123.93	51.74
52	-33.00	498.20	65.02	149.45	73.93	84.51	132.96	61.62
53	-33.93	498.20	38.20	139.10	69.94	74.52	124.33	45.30
54	-34.87	498.20	53.35	154.00	73.97	83.23	141.77	63.33

55	-35.80	498.20	38.19	144.60	70.17	75.78	127.13	40.03
56	-36.74	498.20	49.14	155.48	72.13	78.46	143.64	59.73
57	-37.70	498.20	36.38	148.03	69.71	73.28	132.84	43.94
58	-38.63	498.20	50.72	156.92	72.35	76.58	147.88	52.65
59	-39.57	498.20	38.46	153.26	69.43	72.02	138.61	43.70
60	-40.51	498.20	45.01	160.24	72.29	73.60	153.52	49.39
61	-41.46	498.20	36.28	155.57	69.87	69.74	146.98	41.59
62	-42.41	498.20	43.47	162.28	71.43	71.38	155.58	47.13
63	-43.35	498.20	33.31	158.43	69.74	68.21	153.83	38.28
64	-44.30	498.20	42.30	164.93	71.01	70.22	163.10	44.11
65	-45.24	498.20	35.84	161.28	69.12	67.40	156.63	36.88
66	-46.20	498.20	40.15	166.38	70.83	69.21	165.69	41.80
67	-47.16	498.20	34.71	164.24	68.53	67.10	163.27	34.17
68	-48.11	498.20	38.10	168.89	69.84	68.45	169.39	39.40
69	-49.05	498.20	33.66	166.44	68.37	66.33	166.83	33.26
70	-50.00	498.20	37.23	171.42	69.11	68.06	170.56	37.84
71	-50.95	498.20	31.71	169.16	67.99	65.85	173.54	32.47
72	-51.90	498.20	36.55	175.27	68.92	67.96	171.80	36.22
73	-52.85	498.20	30.12	172.03	67.78	65.48	178.22	29.19
74	-53.79	498.20	34.71	175.66	68.74	66.58	172.55	36.69
75	-54.74	498.20	30.01	175.00	67.10	65.31	178.42	30.45
76	-55.68	498.20	33.94	178.76	68.13	66.38	176.40	34.82
77	-56.62	498.20	29.36	175.68	66.96	65.22	180.72	28.97
78	-57.56	498.20	34.75	179.35	67.70	66.15	177.10	34.43
79	-58.49	498.20	28.92	178.15	66.59	64.42	181.47	28.05
80	-59.42	498.20	34.40	182.27	67.83	66.22	179.55	34.00
81	-60.34	498.20	27.10	178.00	66.20	64.38	185.16	25.31
82	-61.25	498.20	32.06	182.87	67.99	65.98	181.62	30.23
83	-62.15	498.20	24.22	180.29	67.38	65.16	186.50	21.75
84	-63.05	498.20	29.74	184.87	68.84	67.38	181.34	30.69
85	-63.96	498.20	21.24	181.84	68.00	65.38	186.17	22.41
86	-64.86	498.20	27.61	186.05	69.31	67.34	183.89	26.42
87	-65.76	498.20	20.20	182.82	68.35	66.75	188.36	17.81
88	-66.66	498.20	23.51	186.67	69.62	68.48	185.23	24.48
89	-67.56	498.20	18.12	185.61	69.95	67.03	188.77	16.83
90	-68.46	498.20	21.49	188.64	70.83	69.34	185.89	23.18
91	-69.35	498.20	13.10	186.65	70.12	67.99	191.03	11.92
92	-70.25	498.20	18.74	191.72	71.74	70.00	188.68	19.08
93	-71.15	498.20	6.81	189.36	70.97	69.06	194.27	7.14
94	-72.05	498.20	13.02	197.50	73.53	72.19	192.22	11.76
95	-72.94	498.20	0.00	152.25	72.01	70.21	198.75	0.00
96	-73.84	498.20	0.00	196.70	97.98	96.79	150.77	0.00
97	-74.74	498.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
98	-75.65	498.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
99	-76.60	498.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
100	-76.70	498.20	0.00	0.00	0.00	123.53	34.36	112.38

 **Output Pipeline End Horizontal Movement**

Tabel Output Pipeline End Horizontal Movement Cutted Section

No	Lifted Pipeline Position	Pipeline Horizontal Position			
		Pembebanan 90°		Pembebanan 45°	
		Bow Side	Stern Side	Bow Side	Stern Side
1	-76.69	2.16	-1.83	2.16	-2.14
2	-76.69	2.12	-1.84	2.12	-2.14
3	-76.69	2.12	-1.84	2.12	-2.14
4	-75.94	2.12	-1.83	2.12	-2.14
5	-74.97	2.14	-1.81	2.14	-2.16
6	-74.05	2.16	-1.81	2.16	-2.18
7	-73.06	2.18	-1.83	2.18	-2.20
8	-72.08	2.21	-1.86	2.21	-2.23
9	-71.09	2.24	-1.89	2.24	-2.26
10	-70.10	2.29	-1.94	2.29	-2.30
11	-69.31	2.31	-1.96	2.31	-2.32
12	-68.54	2.33	-1.98	2.33	-2.35
13	-67.77	2.35	-2.00	2.35	-2.37
14	-67.00	2.38	-2.03	2.38	-2.40
15	-66.23	2.41	-2.06	2.41	-2.43
16	-65.46	2.45	-2.10	2.45	-2.46
17	-64.69	2.48	-2.13	2.48	-2.50
18	-63.92	2.52	-2.17	2.52	-2.54
19	-63.15	2.56	-2.21	2.57	-2.59
20	-62.38	2.61	-2.26	2.61	-2.63
21	-61.61	2.65	-2.30	2.66	-2.68
22	-60.85	2.70	-2.35	2.71	-2.73
23	-60.08	2.76	-2.41	2.76	-2.77
24	-59.31	2.81	-2.46	2.80	-2.82
25	-58.54	2.86	-2.50	2.85	-2.88
26	-57.77	2.91	-2.56	2.91	-2.94
27	-57.00	2.97	-2.62	2.98	-2.99
28	-56.23	3.03	-2.68	3.03	-3.05
29	-55.46	3.10	-2.75	3.09	-3.12
30	-54.70	3.16	-2.81	3.16	-3.19
31	-53.93	3.23	-2.87	3.23	-3.26
32	-53.16	3.30	-2.94	3.31	-3.33
33	-52.39	3.37	-3.02	3.39	-3.40
34	-51.62	3.46	-3.11	3.46	-3.46
35	-50.85	3.54	-3.19	3.53	-3.54
36	-50.09	3.63	-3.28	3.60	-3.63
37	-49.32	3.71	-3.36	3.69	-3.72
38	-48.55	3.79	-3.44	3.79	-3.81
39	-47.78	3.88	-3.53	3.89	-3.89
40	-47.02	3.99	-3.64	3.97	-3.98
41	-46.24	4.09	-3.74	4.05	-4.09
42	-45.46	4.18	-3.83	4.16	-4.20
43	-44.68	4.27	-3.92	4.28	-4.30
44	-43.90	4.39	-4.04	4.39	-4.38
45	-43.13	4.52	-4.17	4.47	-4.48
46	-42.35	4.63	-4.28	4.57	-4.62
47	-41.57	4.73	-4.38	4.69	-4.74
48	-40.79	4.85	-4.50	4.83	-4.84
49	-40.01	4.98	-4.63	4.94	-4.95
50	-39.23	5.10	-4.76	5.04	-5.09
51	-38.45	5.22	-4.87	5.18	-5.23
52	-37.67	5.34	-5.00	5.33	-5.36
53	-36.89	5.48	-5.13	5.46	-5.49
54	-36.10	5.62	-5.27	5.58	-5.63
55	-35.33	5.76	-5.41	5.73	-5.77

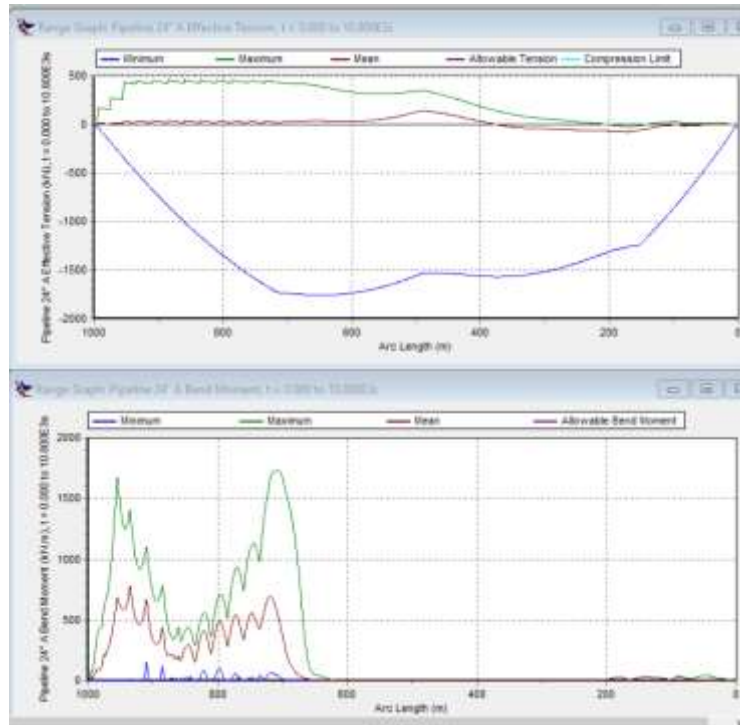
56	-34.55	5.90	-5.56	5.88	-5.88
57	-33.78	6.06	-5.72	6.01	-6.00
58	-33.00	6.22	-5.87	6.12	-6.15
59	-32.21	6.35	-6.01	6.25	-6.31
60	-31.43	6.50	-6.15	6.43	-6.45
61	-30.65	6.67	-6.32	6.58	-6.58
62	-29.88	6.83	-6.49	6.70	-6.74
63	-29.09	6.98	-6.64	6.84	-6.94
64	-28.30	7.13	-6.78	7.05	-7.10
65	-27.51	7.30	-6.96	7.25	-7.21
66	-26.73	7.51	-7.16	7.37	-7.34
67	-25.95	7.70	-7.35	7.47	-7.51
68	-25.17	7.86	-7.52	7.63	-7.72
69	-24.38	8.01	-7.67	7.84	-7.92
70	-23.58	8.18	-7.84	8.04	-8.10
71	-22.79	8.36	-8.02	8.23	-8.29
72	-21.99	8.54	-8.19	8.42	-8.47
73	-21.19	8.73	-8.38	8.61	-8.62
74	-20.40	8.93	-8.59	8.78	-8.77
75	-19.61	9.15	-8.81	8.93	-8.96
76	-18.81	9.35	-9.01	9.11	-9.17
77	-18.00	9.52	-9.17	9.32	-9.37
78	-17.19	9.71	-9.37	9.54	-9.54
79	-16.38	9.94	-9.60	9.70	-9.72
80	-15.55	10.14	-9.80	9.85	-9.96
81	-14.72	10.32	-9.97	10.07	-10.19
82	-13.90	10.50	-10.16	10.33	-10.38
83	-13.09	10.73	-10.38	10.57	-10.54
84	-12.28	10.96	-10.61	10.73	-10.74
85	-11.44	11.15	-10.80	10.91	-10.99
86	-10.61	11.34	-10.99	11.16	-11.21
87	-9.74	11.55	-11.21	11.42	-11.39
88	-8.87	11.78	-11.43	11.60	-11.57
89	-8.02	12.00	-11.65	11.77	-11.81
90	-7.12	12.21	-11.86	11.99	-12.06
91	-6.20	12.38	-12.03	12.22	-12.27
92	-5.29	12.57	-12.22	12.44	-12.46
93	-4.37	12.79	-12.44	12.65	-12.64
94	-3.38	12.99	-12.64	12.83	-12.84
95	-2.42	13.21	-12.86	13.03	-13.02
96	-1.37	13.45	-13.09	13.22	-13.19
97	-0.36	13.55	-13.23	13.30	-13.34
98	0.63	13.56	-13.24	13.33	-13.45
99	1.89	13.69	-13.36	13.45	-13.61
100	2.86	13.74	-13.43	13.56	-13.68

Tabel Output Pipeline End Horizontal Movement Spool Section

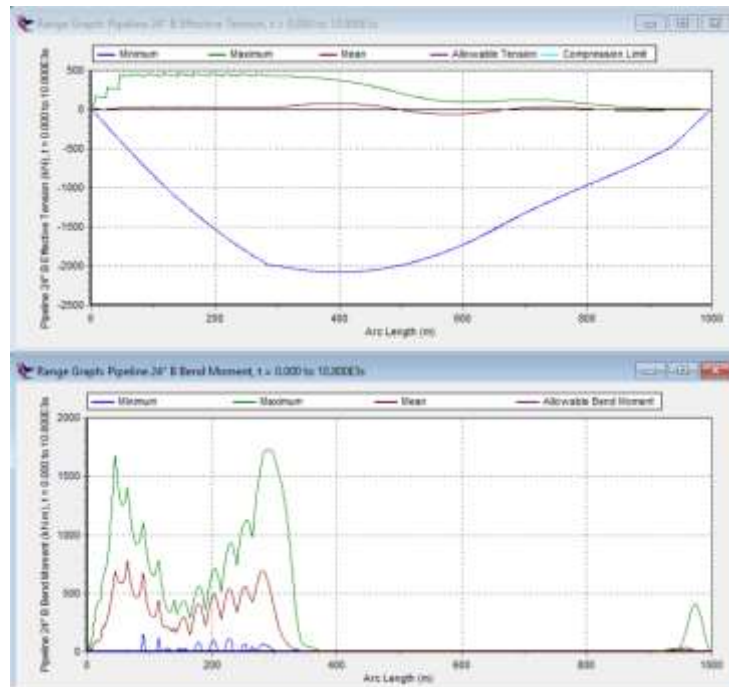
No	Lifted Pipeline Position	Pipeline Horizontal Position			
		Pembebanan 90°		Pembebanan 45°	
		Bow Side	Stern Side	Bow Side	Stern Side
1	-76.69	3202.117	-13802.42987	3202.111	-13802.42969
2	-76.69	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.43099
3	-76.69	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.43099
4	-75.94	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.43099
5	-74.97	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.43099
6	-74.05	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.43099
7	-73.06	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.43099
8	-72.08	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.43098
9	-71.09	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.43098
10	-70.10	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.43099
11	-69.31	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.431
12	-68.54	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.43099
13	-67.77	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.43098
14	-67.00	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.43098
15	-66.23	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.43098
16	-65.46	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.43099
17	-64.69	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.43099
18	-63.92	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.431
19	-63.15	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.431
20	-62.38	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.431
21	-61.61	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.431
22	-60.85	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.43099
23	-60.08	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.43099
24	-59.31	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.43099
25	-58.54	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.43099
26	-57.77	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.43099
27	-57.00	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.431
28	-56.23	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.431
29	-55.46	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.431
30	-54.70	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.43099
31	-53.93	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.43099
32	-53.16	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.43099
33	-52.39	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.431
34	-51.62	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.431
35	-50.85	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.43099
36	-50.09	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.43099
37	-49.32	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.43099
38	-48.55	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.431
39	-47.78	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.43099
40	-47.02	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.43099
41	-46.24	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.431
42	-45.46	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.43099
43	-44.68	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.43099
44	-43.90	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.43099
45	-43.13	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.431
46	-42.35	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.431
47	-41.57	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.431
48	-40.79	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.43099
49	-40.01	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.43099
50	-39.23	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.431
51	-38.45	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.431
52	-37.67	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.43099
53	-36.89	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.43098
54	-36.10	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.43099
55	-35.33	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.43099
56	-34.55	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.43099
57	-33.78	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.43099
58	-33.00	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.431

59	-32.21	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.431
60	-31.43	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.43101
61	-30.65	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.431
62	-29.88	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.431
63	-29.09	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.431
64	-28.30	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.431
65	-27.51	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.431
66	-26.73	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.431
67	-25.95	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.43099
68	-25.17	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.43099
69	-24.38	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.43098
70	-23.58	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.43098
71	-22.79	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.43098
72	-21.99	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.431
73	-21.19	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.431
74	-20.40	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.431
75	-19.61	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.43099
76	-18.81	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.43099
77	-18.00	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.43099
78	-17.19	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.43099
79	-16.38	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.43099
80	-15.55	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.43098
81	-14.72	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.43099
82	-13.90	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.43099
83	-13.09	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.43099
84	-12.28	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.43099
85	-11.44	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.431
86	-10.61	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.431
87	-9.74	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.43099
88	-8.87	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.43099
89	-8.02	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.43099
90	-7.12	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.431
91	-6.20	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.431
92	-5.29	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.431
93	-4.37	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.43099
94	-3.38	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.43099
95	-2.42	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.431
96	-1.37	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.43099
97	-0.36	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.43099
98	0.63	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.43099
99	1.89	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.43099
100	2.86	3202.118	-13802.43109	3202.112	-13802.43099

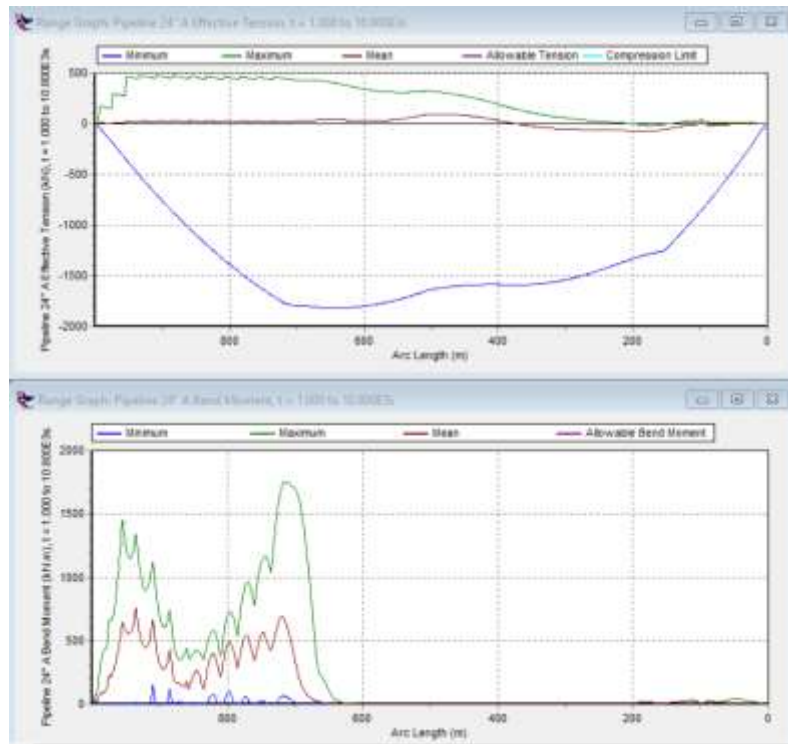
✚ *Output Effective Tension dan Bending Moment*



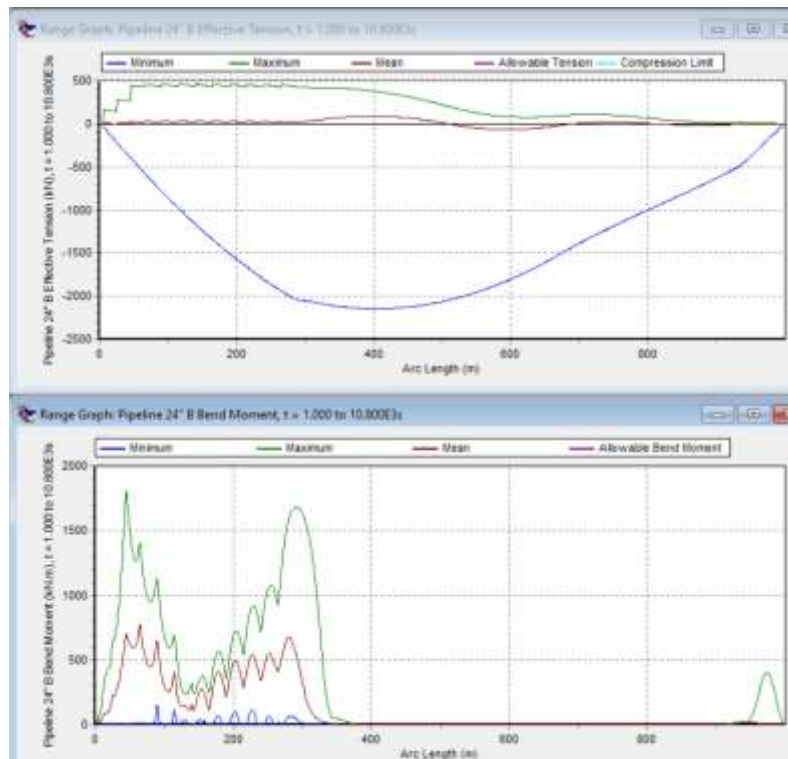
Gambar Output *Effective Tension dan Bending Moment (90°, Bow,Lifting)*



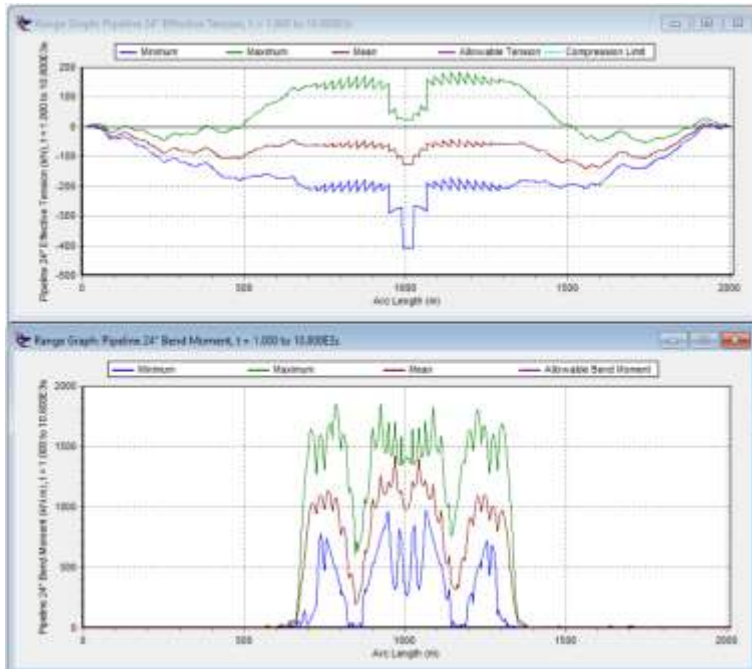
Gambar Output *Effective Tension dan Bending Moment (90°, Stern,Lifting)*



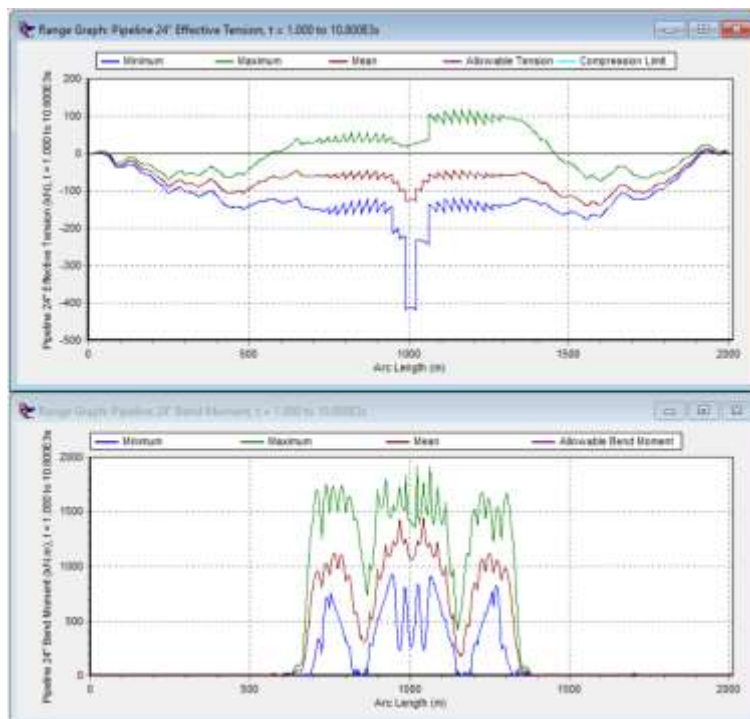
Gambar Output *Effective Tension* dan *Bending Moment* (45°, Bow, Lifting)



Gambar Output *Effective Tension* dan *Bending Moment* (45°, Stern, Lifting)



Gambar Output *Effective Tension* dan *Bending Moment* (45°, Bow, Lowering)



Gambar Output *Effective Tension* dan *Bending Moment* (45°, Stern, Lowering)

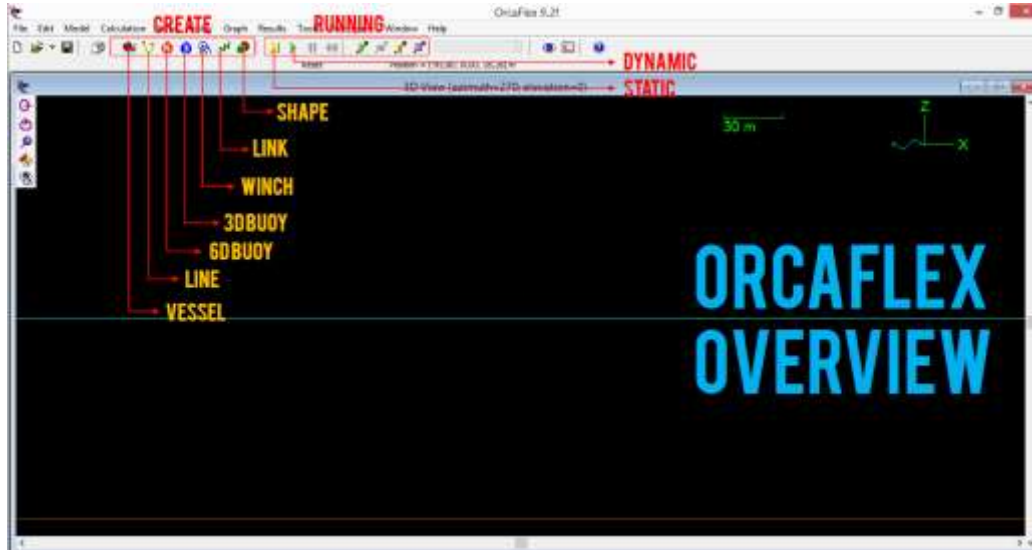
Tabel Rekapitulasi *Max. Axial Forces* dan *Max. Bending Moment* di Berbagai Kondisi dan Arah Pembebanan

Kondisi & Arah Pembebanan	<i>Max. Axial Forces (kN)</i>		<i>Max. Bending Moment (kN-m)</i>	
	<i>Overbend</i>	<i>Sagbend</i>	<i>Overbend</i>	<i>Sagbend</i>
<i>Lifting Bow Side (90°)</i>	246.06	413.79	1716.07	1668.24
<i>Lifting Stern Side (90°)</i>	416.60	405.93	1726.77	1678.43
<i>Lifting Bow Side (45°)</i>	404.72	390.91	1449.02	1725.58
<i>Lifting Stern Side (45°)</i>	421.45	409.10	1641.15	1658.92
<i>Lowering Bow Side (90°)</i>	180.93	164.16	1666.80	1709.59
<i>Lowering Stern Side (90°)</i>	229.53	155.85	1664.52	1711.73
<i>Lowering Bow Side (45°)</i>	177.48	152.88	1693.38	1628.95
<i>Lowering Stern Side (45°)</i>	216.64	141.75	1685.10	1648.45

Tutorial Pemodelan Orcaflex 9.2

Proses Above Water Tie-in pada Repair Pipeline

Overview Orcaflex



Model Introduction

Vessels

are used to model ships, floating platforms, barges etc. They are rigid bodies whose motions are prescribed by the user. The motion can be specified in a number of ways: directly by a time history motion data file or specifying Response Amplitude Operators (RAOs) for each of 6 degrees of freedom (surge, sway, heave, roll, pitch and yaw), or indirectly by giving first order wave load RAOs or second order wave drift QTFs; or a combination of the two. They can also be driven around the sea surface, at user specified velocities and headings, during the course of the simulation.

3D Buoys

are simple point bodies with just 3 degrees of freedom - the translational degrees of freedom (X,Y and Z). Unlike a vessel, whose response to waves is defined by the data, the motion of a buoy is calculated by OrcaFlex. 3D buoys are not allowed to rotate and are intended only for modelling objects that are small enough for rotations to be unimportant.

6D Buoys

are much more sophisticated than 3D buoys - they are rigid bodies with the full 6 degrees of freedom. That is, OrcaFlex calculates both their translational and rotational motion. Several different types of 6D Buoy are available, for modelling different sorts of marine object.

Tipe Analisis pada Software Orcaflex 9.2

Once the model has been built, OrcaFlex offers three types of analysis:

Modal Analysis

is only available for lines. It calculates and reports the undamped natural modes of a line.

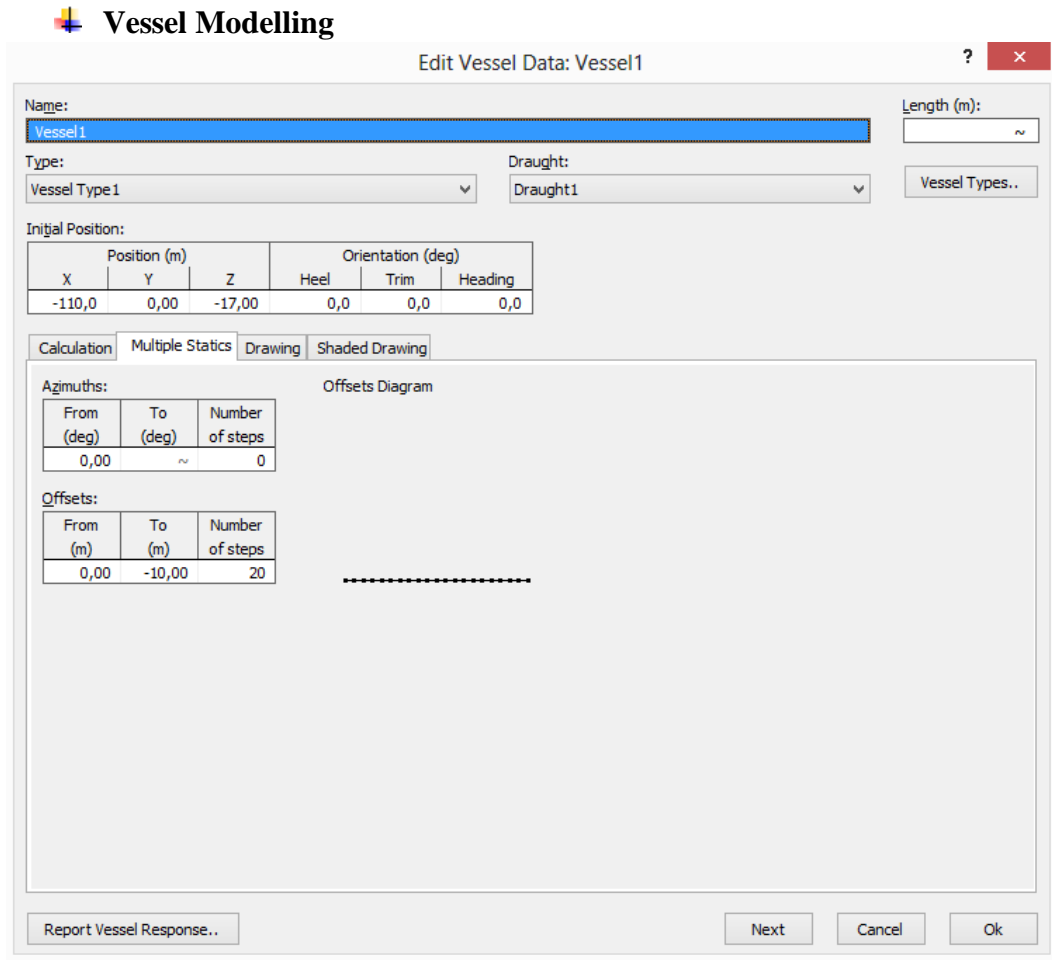
Static analysis

in which OrcaFlex calculates the static equilibrium position of the model; current drag loads can be included but not waves.

Dynamic analysis

in which OrcaFlex carries out a time simulation of the response of the system to waves, current and a range of user-defined inputs.

PEMODELAN STRUKTUR KAPAL



Langkah pemodelan :

1. Klik icon "New Vessel"
2. Klik 2 kali pada vessel → muncul dialog di samping
3. Atur initial position vessel (letak dan sarat air)
4. Klik "VesselTypes..."

Structure

Properties of Vessel Type Vessel Type 1

Vessel Type length (m): 252,440

Data for draught Draught1

Mass (t): 152,203

Moment of Inertia (t.m²):

x	y	z
39,83006	808,5605	808,5605

Centre of gravity (m):

x	y	z
-32,83	0,000	11,724

$I = \text{Mass} \times (\text{Radius of Gyration})^2$

1. Atur panjang vessel
2. Masukkan displacement vessel
3. Masukkan momen inersia
4. Masukkan titik COG

Conventions

masukkan conventions seperti aturan software yang digunakan sebelumnya

Properties of Vessel Type Vessel Type 1

Translational RAO amplitudes are amplitudes due to a wave of unit amplitude.

Displacement RAO rotational amplitudes are amplitudes in due to a wave of unit .

Waves are referred to by .

RAO Phases:

waves are	is	relative to wave
zero	degrees	crest

Directions are positive when:

surge is	sway is to	heave is	roll is starboard	pitch is bow	yaw is bow to
aft	starboard	up	up	up	port

Symmetry is .

Import Hydrodynamic Data...

Cancel Ok

Displacement RAOs

1. Masukkan COG pada "RAO Origin"
2. Masukkan RAO motion dari software MOSES

Displacement RAOs for draught Draught1

RAO origin (m): X: -122.83, Y: 0.000, Z: 11.724

Phase origin (m): X: --, Y: --

Selected direction (deg): 0.00

Periods: 23 Imported from H:\Flooring Analysis\ORCAFLEX model\MODEL 110\FUT orcaflex\vrso-L.txt (15/08/2015 16:11)

Period (s)	Surge		Sway		Heave		Roll		Pitch		Yaw	
	Ampl. (m)	Phase (deg)	Ampl. (m)	Phase (deg)	Ampl. (m)	Phase (deg)	Ampl. (deg)	Phase (deg)	Ampl. (deg)	Phase (deg)	Ampl. (deg)	Phase (deg)
2.7	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0
2.8	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0
3.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0
3.1	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0
3.3	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0
3.5	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.0010	83.0	0.000	0.0
3.7	0.000	0.0	0.000	0.0	0.0010	64.0	0.000	0.0	0.0010	-78.0	0.000	0.0
3.9	0.000	0.0	0.000	0.0	0.0010	45.0	0.000	0.0	0.0010	124.0	0.000	0.0
4.2	0.0010	-44.0	0.000	0.0	0.0040	-135.0	0.000	0.0	0.0020	88.0	0.000	0.0
4.5	0.0010	-38.0	0.000	0.0	0.0080	30.0	0.000	0.0	0.0020	0.0	0.000	0.0
4.8	0.0020	-69.0	0.000	0.0	0.0090	-147.0	0.000	0.0	0.0050	-39.0	0.000	0.0
5.2	0.0030	-78.0	0.000	0.0	0.0050	54.0	0.000	0.0	0.0020	133.0	0.000	0.0

3. IMPORT : Displacement RAOs (MOSES)

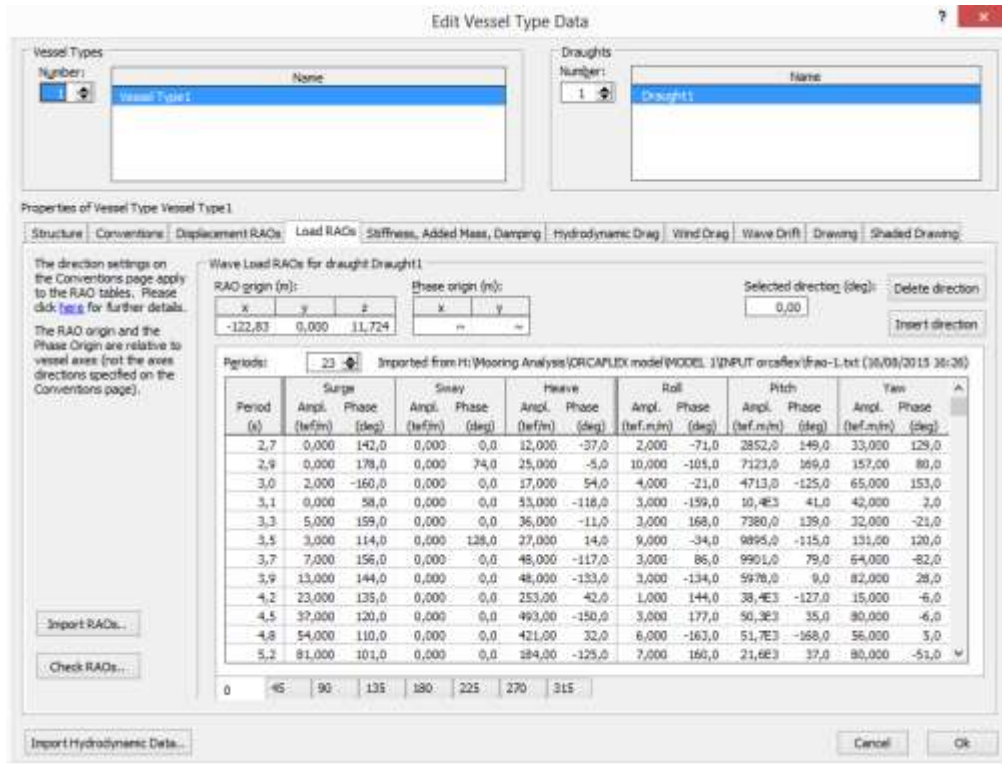
```

27 *** OrcaFlex Displacement RAO Start ***
28 Draught Draught1
29 Direction 0
30 N/A WP XA XP YA YP ZA ZP RXA RXP RYA RYP RZA RZP
31 Masukkan RAO dibaris ini
32 *** OrcaFlex Displacement RAO End ***
33 *** OrcaFlex Displacement RAO Start ***
34 Draught Draught1
35 Direction 45
36 N/A WP XA XP YA YP ZA ZP RXA RXP RYA RYP RZA RZP
37 Masukkan RAO dibaris ini
38 *** OrcaFlex Displacement RAO End ***

```

✚ Load RAOs

1. Masukkan COG pada “RAO origin”
2. Masukkan Load RAO (Panel Load) dari software sebelumnya



3. Import Data : Load RAOs (MOSES)

```

27 *** OrcaFlex Load RAO Start ***
28 Draught Draught1
29 Direction 0
30      N/A      WF      XA      XP      YA      YP      ZA      ZP      RYA      RYP      RZA      RZP
31      Masukkan LOAD RAO dibaris ini
32 *** OrcaFlex Load RAO End ***
33 *** OrcaFlex Load RAO Start ***
34 Draught Draught1
35 Direction 45
36      N/A      WF      XA      XP      YA      YP      ZA      ZP      RYA      RYP      RZA      RZP
37      Masukkan LOAD RAO dibaris ini
38 *** OrcaFlex Load RAO End ***

```

✚ Stiffness, Added Mass, Damping

1. Masukkan titik COG pada "reference origin"
2. Pada "equilibrium position" isikan 0 pada Z, nanti diisi kembali selisih dari Z analisa static

✚ Hydrostatic Stiffness & Import Data : Added Mass Damping (MOSES)

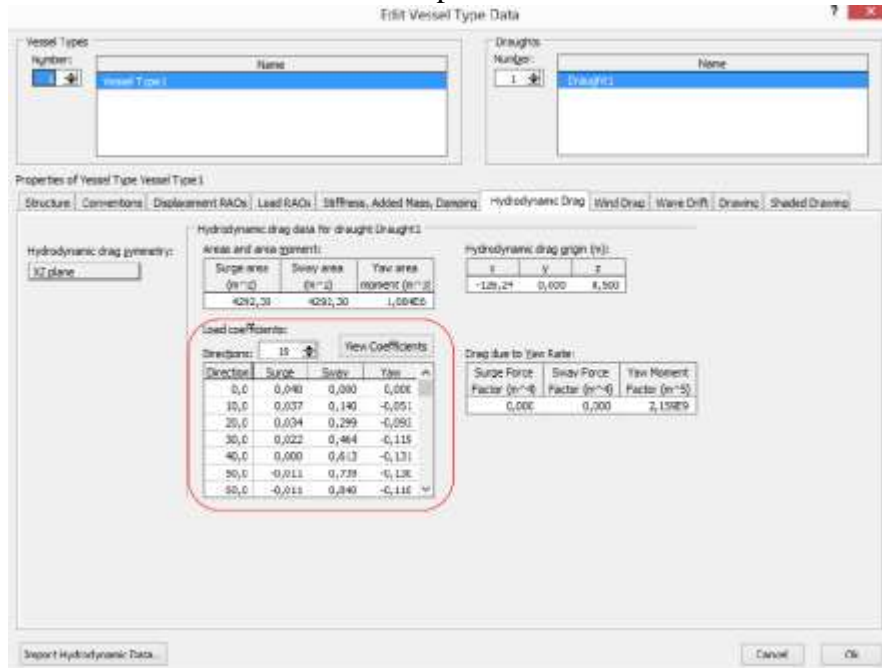
```

*****
$                               INSTRUCTION FOR INPUT ADDED MASS & DAMPING (ORCAFLEX)                               *
$-----*
$ 1. Masukkan besarnya displacement pada perintah 'Scaling Factor' *
$ 2. Matriks 6x6 added mass & damping didapatkan dari output MOSES, yaitu pada '.PPO' *
$   Isikan pada baris kosong setelah 'WP' dengan bergantian added mass dan damping *
$ 3. 'WP' bisa diganti dengan periode yang digunakan di MOSES sebelumnya *
$ 4. Import data ini pada Orcaflex : Stiffness, Added Mass, Damping *
$ 5. Masukkan titik tangkap kapal tercelup pada 'Reference Origin' *
$ 6. Stiffness dihitung dengan persamaan : *
$   33 = Rho x g x WPA *
$   35 = Rho x g x WPA x (LCF - LCB) *
$   44 = Rho x g x Displaced Volume x GMT *
$   55 = Rho x g x Displaced Volume x GML *
$-----*
34 * OrcaFlex Scaling Factor Start *
35 184595 → Ganti dengan displacement vessel
36 * OrcaFlex Scaling Factor End *
37 Frequency 0.1000 Period 62.8320
38 Added Mass
39 OrcaFlex Added Mass Matrix Start
40 Draught Draught1 → Ganti dengan frekuensi dan periode gelombang
41 WP 62.8320
42 Masukkan ADDED MASS dibaris ini
43 OrcaFlex Added Mass Matrix End
44 Damping
45 OrcaFlex Damping Matrix Start
46 Draught Draught1
47 WP 62.8320
48 Masukkan DAMPING dibaris ini
49 OrcaFlex Damping Matrix End

```


Hydrodynamic Drag

Load coefficient diambilkan dari prediction of wind and current loads on



Areas and Area Moment

The OCIMF standard method uses $L^2 \cdot D$ for the yaw area moment for current loads, and $L \cdot A_{sway}$ for the yaw area moment for wind loads, where L is the length between perpendiculars and D is the draught. For current loads (not wind loads) the OCIMF standard method uses $L \cdot D$ for both the surge and sway areas.

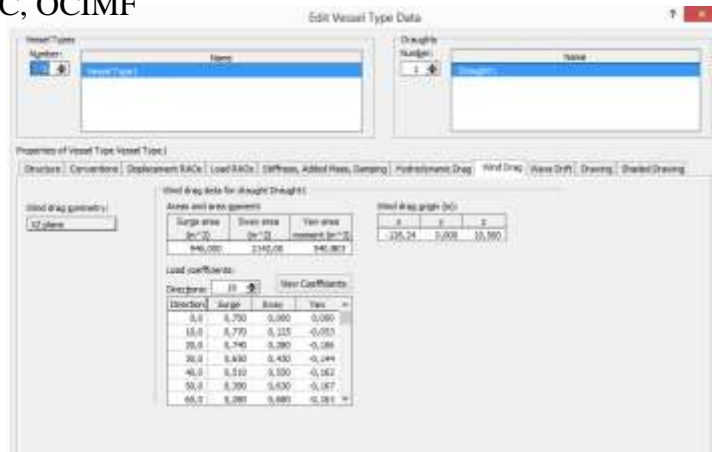
This strip theory argument therefore concludes that for a slender ship, with the hydrodynamic drag load origin at the centre, then we can estimate the yaw rate drag factors by:

$$\text{SurgeFactor} = \text{SwayFactor} = 0$$

$$\text{YawFactor} = (Cd \cdot D \cdot L^4) / 32$$

Wind Drag

Load coefficient diambilkan dari prediction of wind and current loads on VLCC, OCIMF



WAVE DRIFT

Wave drift force terlebih dahulu diolah menjadi dimensionless

$$QTF_{translation} = \frac{\text{wave drift force}}{\rho g l}$$

$$QTF_{rotation} = \frac{\text{wave drift force}}{\rho g l^2}$$

Edit Vessel Type Data

Vessel Types
Number: 1
Name: Vessel Type 1

Draughts
Number: 1
Name: Draught 1

Properties of Vessel Type Vessel Type 1

Structure | Conventions | Displacement RAOs | Load RAOs | Stiffness, Added Mass, Damping | Hydrodynamic Drag | Wind Drag | Wave Drift | Drawing | Shaded Drawing

The direction settings on the Conventions page apply to the QTF tables. Please click [here](#) for further details.
The QTF origin is relative to vessel axes (not the axes directions specified on the Conventions page).

QTFs for draught Draught1

Origin (m):
x: -122.83, y: 0.000

Selected direction (deg): 0.00

Periods: 21 Imported from ..\Mooring Analysis\ORCAFLEX model\MODEL 1\INPUT orcaflex\qtf-1.txt (18/08/2015 9:14)

Period (s)	Surge	Sway	Heave	Roll	Pitch	Yaw
0,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2,7	-0,0040	0,000	-0,0040	0,000	0,0030	0,000
2,9	-0,0040	0,000	-0,0040	0,000	0,0030	0,000
3,0	-0,0040	0,000	-0,0040	0,000	0,0030	0,000
3,1	-0,0040	0,000	-0,0050	0,000	0,0030	0,000
3,3	-0,0040	0,000	-0,0050	0,000	0,0030	0,000
3,5	-0,0040	0,000	-0,0050	0,000	0,0030	0,000
3,7	-0,0040	0,000	-0,0050	0,000	0,0030	0,000
3,9	-0,0050	0,000	-0,0050	0,000	0,0030	0,000
4,2	-0,0050	0,000	-0,0040	0,000	0,0030	0,000
4,5	-0,0050	0,000	-0,0040	0,000	0,0030	0,000
4,8	-0,0050	0,000	-0,0030	0,000	0,0030	0,000
5,2	-0,0050	0,000	-0,0020	0,000	0,0020	0,000
5,7	-0,0050	0,000	-0,0010	0,000	0,0020	0,000

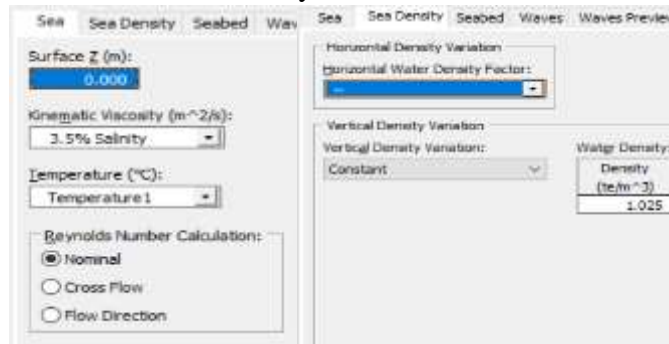
0 45 90 135 180 225 270 315

Import QTFs... Import Hydrodynamic Data... Cancel Ok

INPUT DATA LINGKUNGAN

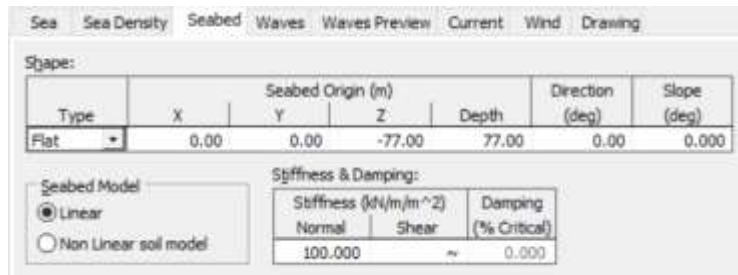
✚ Environmental Data : Sea & Sea Density

1. Masukkan koordinat surface
2. Masukkan kinematic velocity
3. Masukkan metode perhitungan reynold number
4. Masukkan seawater density



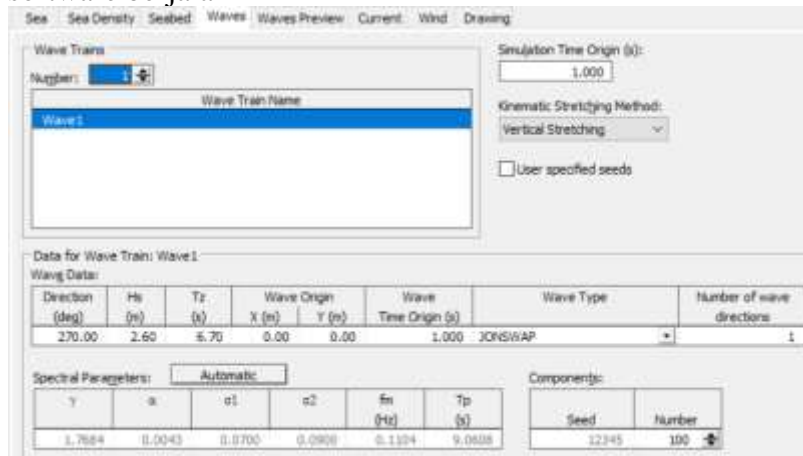
✚ Data Sebaed

inputkan data seabed, pada pemodelan kali ini seabed dianggap rata



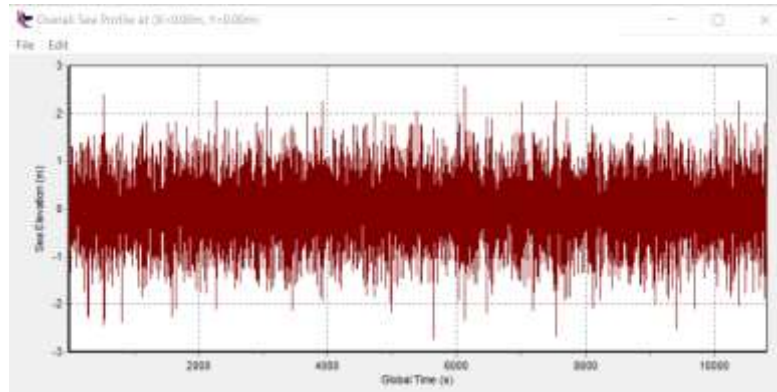
✚ Data Gelombang (Waves)

1. Masukkan heading wave, H_s , dan T
2. Pilih jenis spektra yang digunakan , pada pemodelan kali ini menggunakan JONSWAP
3. Masukkan “simulation time origin” sebagai waktu awalan running software berjalan



4. Untuk mengecek ubah “view wave profile for period” pada rentang respon tertinggi
5. Untuk analisis dinamis, dilakukan running selama 10800s (3 jam) sesuai dengan DNV OS-E301

Berikut adalah gambar Wave Profile pemodelan yang dilakukan :



✚ Data Arus (Current)

1. Masukkan speed sebagai 1 m/s
2. Masukkan kecepatan pada tiap kedalaman sebagai nilai di kolom “factor”

Sea Sea Density Seabed Waves Waves Preview Current Wind Drawing

Multiple sets of current data can be defined

Ramp during build-up

Horizontal Current Variation
Horizontal Variation Factor: [dropdown menu]

Vertical Current Variation
Current Method: Interpolated

Current Data:

Speed (m/s)	Direction (deg)
1.000	270.000

View Vertical Profile Graph
View Vertical Profile 3D View

Profile: 13

Number	Depth (m)	Factor	Rotation (deg)
1	0.000	2.250	0.000
2	6.000	2.170	0.000
3	12.000	2.010	0.000
4	18.000	1.840	0.000
5	24.000	1.780	0.000
6	30.000	1.700	0.000
7	36.000	1.630	0.000
8	42.000	1.570	0.000
9	48.000	1.530	0.000
10	54.000	1.310	0.000
11	57.500	1.150	0.000
12	76.000	0.960	0.000
13	76.500	0.900	0.000

PEMODELAN PIPELINE

✚ Input Data Pipeline

1. Masukkan data geometry & mass yang didapatkan dari data linepipe dan perhitungan berat pipa
2. Masukkan data structure dengan mengisi poisson ratio, bending stiffness dan axial stiffness yang didapatkan dari perhitungan

Bending stiffness didapatkan dengan persamaan :

$$bending\ stiffness = E \left(\frac{\pi}{64} \right) (OD^2 - ID^2)$$

Untuk *axial stiffness* didapatkan dengan persamaan :

$$Axial\ stiffness = E \left(\frac{\pi}{4} \right) (OD^2 - ID^2)$$

3. Masukkan data drag, lift dan added mass, pada kolom ini bisa diisi by default
4. Masukkan data stress dan friction

The screenshot shows a software interface for defining pipeline properties. It includes sections for Geometry & Mass, Structure, Drag, Lift & Added Mass, Stress, and Friction.

Geometry & Mass				Bulk Modulus		Mass per Unit Length	
Outer	Inner	x	y	(\$Pa)	(\$Pa)	(kg/m)	(kg/m)
0.610	0.569	0.000	0.000	Infinity	Infinity	0.720	

Structure		Axial Stiffness		Poisson Ratio	Torsional Stiffness
x	y	(N)	(N)		(N/m ²)
321.812E3	321.812E3	7.400E9		0.300	80.000

Drag, Lift & Added Mass				Lift Coefficient		Drag / Lift Diameters		Added Mass Coefficients	
Normal		Axial				(m)			
x	y	z		Normal	Axial	Normal	Axial	Normal	Axial
1.200			0.0000	0.000		0.482	0.038	1.000	0.070

Stress		Allowable Stress		Stress Loading Factors				Friction	
Outer	Inner	(\$Pa)		Tensile	Bending	Shear	Torsional	Normal	Axial
		291.500		1.000	1.000	1.000	1.000	0.600	0.600

✚ Input Panjang dan Posisi / koordinat Pipeline

1. Masukkan koordinat pipeline sesuai dengan layout konfigurasi yang telah ditentukan sebelumnya
2. Masukkan panjang pipeline sesuai dengan data

The screenshot shows a software interface for defining pipeline connections and sections. It includes sections for Connections, Connection Stiffness, and Sections.

End	Connect to Object	Object Relative Position (m)			Height above seabed (m)	End Orientation (deg)			Release at Start of Stage
		x	y	z		Azimuth	Declination	Gamma	
A	Anchored	3202.00	-12.300	0.360	0.000	0.00	0.00	0.00	0
B	Anchored	3.000	-12.300	0.360	0.000	0.00	0.00	0.00	0

End	Stiffness (N/m/deg)		Twisting
	x bending	y bending	
A	321.812E3	321.812E3	
B	321.812E3	321.812E3	

Line No.	Line Type	Section Length (m)	Expansion Factor	Target Segment Length (m)	Number of Segments	Cleat Check	Cumulative Values Length (m)	Segments
1	Line Type1	3200.00		1.000	2000		3200.00	2000

- Untuk proses lowering, gunakan “user specified starting shape” dengan memasukkan koordinat pipeline dari output pemodelan lifting dengan orcaflex yang dilakukan sebelumnya.

Structure Pre-bend Attachments Contents User Specified Starting Shape

Node Positions:

Node No.	Position (m)		
	X	Y	Z
1035	-33.430	-12.010	0.731
1036	-34.420	-12.009	0.575
1037	-35.408	-12.008	0.414
1038	-36.396	-12.007	0.248
1039	-37.382	-12.006	0.076
1040	-38.368	-12.005	-0.103
1041	-39.352	-12.004	-0.286
1042	-40.336	-12.002	-0.475
1043	-41.319	-12.001	-0.669
1044	-42.300	-11.999	-0.866
1045	-43.281	-11.997	-1.068
1046	-44.262	-11.995	-1.273

✚ Input data Buoyancy Tank

Pemodelan buoyancy tank dilakukan dengan shape “3D Buoy” dengan menginputkan posisi buoy sesuai dengan konfigurasi yang telah ditentukan dan meentukan ukuran/size buoy sesuai dengan hasil perhitungan ukuran buoy dan jumlah buoy lalu pilih “include in static analysis”.

Structure Pre-bend Attachments Contents User Specified Starting Shape

Node Positions:

Node No.	Position (m)		
	X	Y	Z
1035	-33.430	-12.010	0.731
1036	-34.420	-12.009	0.575
1037	-35.408	-12.008	0.414
1038	-36.396	-12.007	0.248
1039	-37.382	-12.006	0.076
1040	-38.368	-12.005	-0.103
1041	-39.352	-12.004	-0.286
1042	-40.336	-12.002	-0.475
1043	-41.319	-12.001	-0.669
1044	-42.300	-11.999	-0.866
1045	-43.281	-11.997	-1.068
1046	-44.262	-11.995	-1.273

✚ Pemodelan Davit Lift

Pemodelan davit lift dilakukan dengan menggunakan “winch”

1. Input “wire stiffness”
2. Masukkan payout rate pada tiap-tiap stages , untuk maximum payout rate refer ke DNV- Marine Lifting Operation

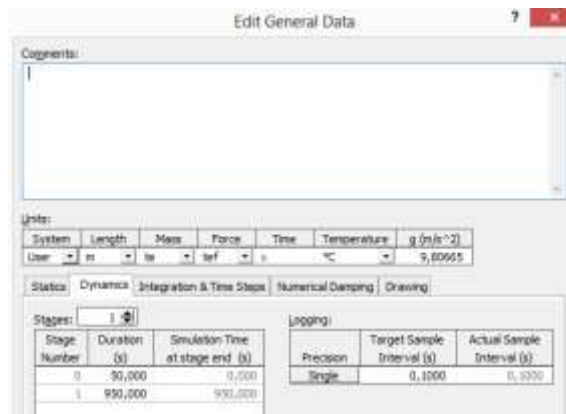
Stage	Stage Duration (s)	Simulation Time at stage end (s)	Mode	Value
Statics				
0	1.000	0.000	Specified Length	90.000
1	100.000	100.000	Specified Payout Rate	-0.100
2	100.000	200.000	Specified Payout	-6.500
3	100.000	300.000	Specified Payout	-7.700
4	100.000	400.000	Specified Payout	-7.700
5	100.000	500.000	Specified Payout	-7.700
6	100.000	600.000	Specified Payout	-7.700
7	100.000	700.000	Specified Payout	-7.700
8	100.000	800.000	Specified Payout	-7.700
9	100.000	900.000	Specified Payout	-7.700
10	100.000	1000.000	Specified Payout	-7.000
11	1.000	1001.000	Specified Payout	0.000

Note: Tensions and tension changes are in kN; lengths and payouts are in m; payout rates are in m/s; tension rates of change are in kN/s.

EDIT GENERAL DATA SEBELUM RUNNING

General Data perlu diatur untuk menentukan berapa lama simulasi akan dijalankan, menentukan berapa detail waktu sample yang akan di ambil dan menentukan berapa stages simulasi yang dilakukan.

1. pilih sistem unit (satuan) yang akan digunakan
2. atur waktu yang diperlukan untuk analisa dinamis
3. stage 0 → kondisi build up
4. stage 1 dan seterusnya → kondisi simulation time origin



✚ Hasil Pemodelan (RESULT)

1. Tekan F5 untuk mengeluarkan hasil pemodelan
2. Hasil bisa diakses dalam bentuk spreadsheet, grafik, time history dan data statistik.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BIODATA PENULIS



Ramadhani Satya Perdana, Lahir di Jombang pada tanggal 18 Januari 1997, merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis menempuh pendidikan formal di SD Plus Darul Ulum Jombang, SMPN 2 Jombang dan SMAN 2 Jombang. Setelah lulus SMA pada tahun 2015, Penulis melanjutkan jenjang pendidikannya di Departemen Teknik Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya melalui jalur SBMPTN dan terdaftar dengan NRP 04311540000082. Selama menjalani masa perkuliahan, penulis aktif di berbagai kegiatan non-akademis dengan mengikuti organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Kelautan (HIMATEKLA) dengan menjadi staff departemen Dalam Negeri pada periode 2016/2017 dan menjadi Ketua Himpunan Mahasiswa Teknik Kelautan pada periode 2017/2018. Selain itu penulis juga menjadi pengurus di Laboratorium Perancangan dan Konstruksi Bangunan Laut. Penulis juga berkesempatan untuk melaksanakan Kerja Praktik selama 2 bulan di BP Berau Ltd. divisi *Pipeline Engineering – TEP Project Management* dan juga melaksanakan magang di salah satu BUMN yaitu PT. Pertamina Trans Kontinental selama 6 bulan. Penulis tertarik pada bidang *Pipeline Engineering* sehingga untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini Penulis mengambil topik yang berhubungan dengan proses *repair pipeline* yaitu *Above Water Tie-in*.

Kontak Penulis :

Email : ramadhanisatya@gmail.com

Linked in : Ramadhani Satya Perdana