



TUGAS AKHIR - MO234801

ANALISA KELELAHAN PADA PROSES *ABOVE WATER TIE-IN*

SHABRINA RA'FATUL JANNAH
NRP 5020211067

Dosen Pembimbing
Yoyok Setyo Hadiwidodo, ST, M.T, Ph.D.
NIP 19711105199512001
Dr.Eng. Yeyes Mulyadi, ST, M.Sc.
NIP 197312072001121001

Program Studi Sarjana Teknik Kelautan
Departemen Teknik Kelautan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2025



TUGAS AKHIR - MO234801

ANALISA KELELAHAN PADA PROSES *ABOVE WATER TIE-IN*

SHABRINA RA'FATUL JANNAH
NRP 5020211067

Dosen Pembimbing
Yoyok Setyo Hadiwidodo, ST, M.T., Ph.D.
NIP 19711105199512001
Dr.Eng. Yeyes Mulyadi, ST, M.Sc.
NIP 197312072001121001

Program Studi Sarjana Teknik Kelautan
Departemen Teknik Kelautan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2025



FINAL PROJECT - MO234801

FATIGUE ANALYSIS ON ABOVE WATER TIE-IN

SHABRINA RA'FATUL JANNAH
NRP 5020211067

Dosen Pembimbing
Yoyok Setyo Hadiwidodo, ST, M.T., Ph.D.
NIP 19711105199512001
Dr.Eng. Yeyes Mulyadi, ST, M.Sc.
NIP 197312072001121001

Undergraduate Study Program of Ocean Engineering
Department of Ocean Engineering
Faculty of Marine Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2025

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA KELELAHAN PADA PROSES *ABOVE WATER TIE-IN*

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar Sarjana Teknik di
Program Studi Teknik Kelautan
Departemen Teknik Kelautan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh : **SHABRINA RA'FATUL JANNAH**
NRP. 5020211067

Disetujui oleh Tim Penguji Proposal Tugas Akhir:

1. Yoyok Setyo Hadiwidodo, S.T., M.Eng, Ph.D. (Pembimbing I)
2. Dr.Eng. Yeyes Mulyadi, S.T., M.Sc. (Pembimbing II)
3. Prof. Herman Pratikno, S.T., M.T., Ph.D. (Penguji I)
4. Ferdita Syalsabila, S.T., M.T. (Penguji II)



APPROVAL SHEET

FATIGUE ANALYSIS ON ABOVE WATER TIE-IN

FINAL PROJECT

Submitted to fulfill one of the requirements
for obtaining a degree in Ocean Engineering at
Undergraduate Study Program of Ocean Engineering

Department of Ocean Engineering

Faculty of Marine Technology

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

By: **SHABRINA RA'FATUL JANNAH**

NRP. 5020211067

Approved by Final Project Examiner Team:

1. Yoyok Setyo Hadiwidodo, S.T., M.Eng, PhD (Advisor I)
2. Dr.Eng Yeyes Mulyadi, S.T., M.T. (Advisor II)
3. Prof. Herman Pratikno, S.T., M.T., Ph.D. (Examiner I)
4. Ferdita Syalsabila, S.T., M.T. (Examiner II)



JULY, 2025

PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama mahasiswa / NRP : Shabrina Ra'fatul Jannah / 5020211067

Departemen : Teknik Kelautan

Dosen pembimbing / NIP : 1. Yoyok Setyo Hadiwidodo, S.T., M.T., Ph.D

197111051995121001

2. Dr. Eng. Yeyes Mulyadi, S.T., M.Sc.

197312072001121001

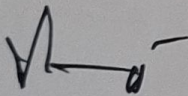
dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul "Analisa Kelelahan pada proses *Above Water Tie-In*" adalah hasil karya sendiri, bersifat orisinal, dan ditulis dengan mengikuti kaidah penulisan ilmiah.

Bilamana di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Surabaya, 25 Juli 2025

Mengetahui

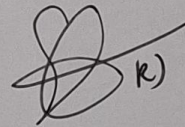
Dosen Pembimbing



Yoyok Setyo Hadiwidodo, S.T., M.T., Ph.D

NIP. 197111051995121001

Mahasiswa,



Shabrina Ra'fatul Jannah

NRP.5020211067

STATEMENT OF ORIGINALITY

The undersigned below:

Name of student / NRP : Shabrina Ra'fatul Jannah / 5020211067
Departemen : Ocean Engineering
Advisor / NIP : 1. Yoyok Setyo Hadiwidodo, S.T., M.T., Ph.D
197111051995121001
2. Dr. Eng. Yeyes Mulyadi, S.T., M.Sc.
197312072001121001

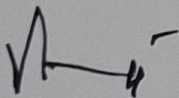
Hereby declare that the Final Project with the title of "Fatigue Analysis on Above Water Tie-In" is the result of my own work, is original, and is written by following the rules of scientific writing.

If in the future there is a discrepancy with this statement, then I am willing to accept sanctions in accordance with the provisions that apply at Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Surabaya, 25 July 2025

Acknowledged

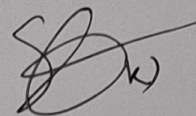
Advisor



Yoyok Setyo Hadiwidodo, S.T., M.T., Ph.D

NIP. 197111051995121001 _____

Student,



Shabrina Ra'fatul Jannah

NRP.5020211067

ABSTRAK

ANALISA KELELAHAN PADA PROSES *ABOVE WATER TIE-IN*

Nama / NRP : Shabrina Ra'fatul Jannah / 5020211067
Departemen : Teknik Kelautan FTK - ITS
Dosen Pembimbing : Yoyok Setyo Hadiwidodo, S.T., M.T., Ph.D.
Dr.Eng. Yeyes Mulyadi, ST, M.Sc.

ABSTRAK

Seiring dengan meningkatnya permintaan energi global, instalasi pipa lepas pantai menjadi krusial untuk transportasi minyak dan gas. Metode *Above Water Tie-In* (AWTI) merupakan solusi yang efisien secara biaya untuk operasi penyambungan pipa di perairan dangkal. Namun, metode ini menghadirkan tantangan teknis yang signifikan, termasuk risiko tegangan berlebih, tekuk lokal (*local buckling*), kerusakan lapisan beton (*concrete crushing*), dan terutama kerusakan akibat kelelahan (*fatigue damage*) yang disebabkan oleh pembebanan siklik dari lingkungan laut. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis komprehensif terhadap integritas struktural dan umur kelelahan pipa berdiameter 20 inci selama proses instalasi AWTI. Analisis ini mencakup evaluasi tegangan, regangan, potensi *local buckling*, *concrete crushing*, serta penentuan waktu tunggu operasional (*holding time*) yang aman, dengan mengacu secara ketat pada standar DNVGL-ST-F101. Sembilan skenario operasional dianalisis, yang merupakan kombinasi dari variasi tahapan instalasi (*lifting* dan *lowering-shifting*), kondisi internal pipa (*empty* dan *flooded*), serta kondisi pasang surut air laut. Kerusakan kelelahan dievaluasi menggunakan metode *rainflow counting* untuk identifikasi siklus tegangan dan aturan akumulasi kerusakan linier Palmgren-Miner. Hasil analisis menunjukkan bahwa skenario *lowering-shifting* dengan pipa dalam kondisi kosong merupakan kondisi pembebanan paling kritis, yang menghasilkan tegangan maksimum sebesar 311.915 kPa (99,59% dari SMYS) dan regangan maksimum 0,163%. Verifikasi terhadap tekuk lokal menghasilkan nilai *Unity Check* (UC) tertinggi sebesar 0,998, yang menunjukkan margin keselamatan yang tipis. Meskipun demikian, seluruh kriteria integritas struktural dasar telah terpenuhi. Analisis kelelahan menghasilkan umur kelelahan paling kritis selama 85,98 jam dan yang terpanjang selama 6.550,63 jam, di mana semua skenario yang dianalisis berhasil melampaui kriteria waktu tunggu operasional minimum industri selama 72 jam. Berdasarkan temuan ini, disimpulkan bahwa proses instalasi pipa menggunakan metode AWTI untuk studi kasus ini dinyatakan aman dan layak secara teknis.

Kata kunci : *Above Water Tie-In*, DNVGL-ST-F101, Analisis Kelelahan

ABSTRACT

FATIGUE ANALYSIS ON ABOVE WATER TIE-IN

Name./ NRP : Shabrina Ra'fatul Jannah / 5020211067
Department : Ocean Engineering
Advisor : Yoyok Setyo Hadiwidodo, S.T., M.T., Ph.D.
Dr.Eng. Yeyes Mulyadi, ST, M.Sc.

ABSTRACT

With the increasing global energy demand, offshore pipeline installation has become crucial for oil and gas transportation. The Above Water Tie-In (AWTI) method is a cost-efficient solution for shallow water pipeline connection operations. However, this method presents significant technical challenges, including the risks of overstress, local buckling, concrete crushing, and especially fatigue damage caused by cyclic loading from the marine environment. This study aims to conduct a comprehensive analysis of the structural integrity and fatigue life of a 20-inch diameter pipeline during the AWTI installation process. The analysis includes evaluation of stress, strain, potential local buckling, concrete crushing, and determination of safe holding time, strictly referring to the DNVGL-ST-F101 standard. Nine operational scenarios were applied, which are a combination of various installation stages (height and shear), internal conditions of the pipeline (empty and flooded), and tidal conditions. Fatigue damage was evaluated using the stress cycle freezing rainflow calculation method and the Palmgren-Miner linear damage accumulation rule. The analysis results show that the lowering-shifting scenario with the pipe in an empty condition is the most critical loading condition, which produces a maximum stress of 311,915 kPa (99.59% of SMYS) and a maximum strain of 0.163%. Verification of local buckling produces the highest Unity Check (UC) value of 0.998, indicating a thin safety margin. Nevertheless, all basic structural integrity has been met. Fatigue analysis produces the most critical fatigue life of 85.98 hours and the longest fatigue life of 6,550.63 hours, where all solved scenarios successfully exceed the industry minimum operational waiting time criteria of 72 hours. Based on these findings, it is concluded that the pipe installation process using the AWTI method for this case study is declared safe and technically feasible..

Keyword : Above Water Tie-In, DNVGL-ST-F101, Fatigue Analysis

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat-Nya, sehingga Laporan Tugas Akhir yang berjudul "Analisa Kelelahan pada Proses Above Water Tie-In" ini dapat terselesaikan. Laporan ini disusun sebagai syarat kelulusan Program Sarjana Teknik Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Penyelesaian laporan ini tidak terlepas dari bimbingan dan dukungan berbagai pihak. Untuk itu, penulis mengucapkan terima kasih yang tulus kepada:

1. Bapak Yoyok Setyo Hadiwidodo, ST, M.T., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing I, atas segala waktu, bimbingan, arahan, dan motivasi yang tak ternilai selama proses pengerjaan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr.Eng. Yeyes Mulyadi, ST, M.Sc., selaku Dosen Pembimbing II, atas masukan, diskusi, dan wawasan yang sangat membantu dalam memperkaya analisis dan penyempurnaan laporan ini.
3. Kepala Departemen Teknik Kelautan, beserta seluruh jajaran Dosen dan Staf Kependidikan di Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, ITS, yang telah memberikan ilmu pengetahuan dan fasilitas akademik selama masa perkuliahan.
4. Keluarga tercinta, terutama kedua orang tua, yang senantiasa memberikan dukungan moral, material, dan doa yang tiada henti.
5. Seluruh sahabat dan rekan-rekan mahasiswa Departemen Teknik Kelautan yang telah memberikan semangat, bantuan, dan menjadi teman diskusi yang membangun, terutama kepada sahabat penulis, Maulida Alfu Chusniyyah, yang membantu penulis di kala sehat maupun sakit, yang setia mendengarkan keluh kesah penulis.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih memiliki kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan. Semoga laporan ini dapat bermanfaat dan menambah khazanah ilmu pengetahuan.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	iii
APPROVAL SHEET	iv
PERNYATAAN ORISINALITAS	v
STATEMENT OF ORIGINALITY	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	4
1.5 Batasan Masalah	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Tinjauan Pustaka	6
2.2 Dasar Teori	7
2.2.1 <i>Offshore Pipeline</i>	7
2.2.2 <i>Metode Above Water Tie-In</i>	7
2.2.3 Beban pada Pipa	11
2.2.4 Beban Lingkungan	13
2.2.5 <i>Teori Spektrum Kerapatan Gelombang (JONSWAP)</i>	15
2.2.6 <i>Response Amplitude Operator</i>	16
2.2.7 Gaya dan Tegangan pada Pipa	18
2.2.8 <i>Local Buckling</i>	25
2.2.9 Analisis Kelelahan pada Pipa dengan Metode <i>Cummulative Damage</i>	27
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	33
3.1 Metode Penelitian	33
3.2 Prosedur Penelitian	35
3.3 Jadwal Pengerjaan Penelitian	39
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN	41

4.1	Perhitungan Variasi Kedalaman	41
4.2	Pemodelan <i>Pipelaying Barge</i> pada <i>Software</i> MOSES	42
4.3	Analisis Respons Gerakan <i>Pipelaying Barge</i>	42
4.4	Analisis Proses <i>Above Water Tie-In</i> Menggunakan <i>Software</i> OrcaFlex	48
4.4.1	Pemasangan <i>Buoyancy Tank</i>	52
4.4.2	Proses <i>Above Water Tie-In</i>	52
4.5	Analisis Tegangan saat Proses AWTI pada Kondisi Dinamis.....	58
4.6	Analisis Regangan saat Proses AWTI pada Kondisi Dinamis	59
4.7	Analisis <i>Local Buckling</i> saat Proses AWTI.....	61
4.8	Analisis <i>Concrete Crushing</i> saat proses AWTI.....	63
4.9	Analisis Kelelahan pada Proses AWTI.....	64
4.9.1	Analisis Fatigue Damage.....	65
4.9.2	Analisis Barge Holding Time	67
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		69
5.1	Kesimpulan	69
5.2	Saran	70
DAFTAR PUSTAKA.....		71
LAMPIRAN		Error! Bookmark not defined.
UCAPAN TERIMA KASIH		228
BIODATA PENULIS.....		229

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Peta Lokasi Area Pipa (Sumber : PT. XYZ).....	3
Gambar 2. 1 <i>Offshore Pipeline</i> (Cai J, et al., 2017)	7
Gambar 2. 2 <i>Tie-In Vessel</i> (Knight, 2021).....	9
Gambar 2. 3 Macam-macam Bentuk <i>Buoy</i> (http://www.doowin-dooflex.com/Products&Solutions)	10
Gambar 2. 4 Skema Proses <i>Lifting</i> pada <i>Above Water Tie-In</i> (Achnita, 2015).....	10
Gambar 2. 5 Grafik <i>Region of Validaty of Wave Theories</i> (Chao, R., et al., 2019)	14
Gambar 2. 6 DOF dari Struktur Terapung (Djatkiko, 2012).....	18
Gambar 2. 7 Batang <i>Tubular</i> yang Terkena Beban Aksial (Gere dan Timoshenko, 2009)	20
Gambar 2. 8 Gaya pada Daerah <i>Sagbend</i> dan <i>Overbend</i> (Herdiyanti, 2013).....	25
Gambar 2. 9 <i>S-N Curves in Seawater with Cathodic Protection</i> (DNV-RP-C203).....	30
Gambar 2. 10 Deskripsi dan Profil Siklus Beban yang Terjadi (ASTM, 2011).....	30
Gambar 3. 1 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir.....	33
Gambar 3. 2 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir (lanjutan)	34
Gambar 4. 1 <i>Pipelaying Barge</i> EN3000 pada MOSES	42
Gambar 4. 2 Grafik RAO pada <i>Heading</i> 0°	43
Gambar 4. 3 Grafik RAO pada <i>Heading</i> 45°	43
Gambar 4. 4 Grafik RAO pada <i>Heading</i> 90°	44
Gambar 4. 5 Grafik RAO pada <i>Heading</i> 135°	44
Gambar 4. 6 Grafik RAO pada <i>Heading</i> 180°	45
Gambar 4. 7 Grafik RAO pada <i>Heading</i> 225°	45
Gambar 4. 8 Grafik RAO pada <i>Heading</i> 270°	46
Gambar 4. 9 Grafik RAO pada <i>Heading</i> 315°	47
Gambar 4. 10 Grafik RAO Arah Pembebanan 0° Milik Perusahaan PT. XYZ	48
Gambar 4. 11 Ilustrasi 2D Peletakkan <i>Davit Lifting</i>	49
Gambar 4. 12 Ilustrasi 3D Peletakkan <i>Davit Lifting</i>	49
Gambar 4. 13 Ilustrasi <i>Bouyancy Tank</i> pada <i>Software OrcaFlex</i>	50
Gambar 4. 14 Pemodelan AWTI Tampak Samping.....	50
Gambar 4. 15 Pemodelan AWTI Tampak Atas.....	51
Gambar 4. 16 Pemodelan AWTI Tampak 3D	51
Gambar 4. 17 Pemodelan <i>Lifting</i> dan Titik Kritisnya	53

Gambar 4. 18 Ilustrasi <i>Stage 1</i> pada Tahap <i>Lifting</i>	54
Gambar 4. 19 Ilustrasi <i>Stage 2</i> pada Tahap <i>Lifting</i>	54
Gambar 4. 20 Ilustrasi <i>Stage 3</i> pada Tahap <i>Lifting</i>	54
Gambar 4. 21 Ilustrasi <i>Stage 4</i> pada Tahap <i>Lifting</i>	54
Gambar 4. 22 Ilustrasi <i>Stage 5</i> pada Tahap <i>Lifting</i>	55
Gambar 4. 23 Ilustrasi <i>Stage 6</i> pada Tahap <i>Lifting</i>	55
Gambar 4. 24 Ilustrasi <i>Stage 7</i> pada Tahap <i>Lifting</i>	55
Gambar 4. 25 Ilustrasi <i>Stage 8</i> pada Tahap <i>Lifting</i>	55
Gambar 4. 26 Pemodelan <i>Lowering-Shifting</i> Tampak Atas saat Pipa Masih Berada di <i>Deck</i>	55
Gambar 4. 27 Pemodelan <i>Lowering-Shifting</i> Tampak Atas saat Pipa Berada di <i>Seabed</i>	56
Gambar 4. 28 Pemodelan <i>Lowering-Shifting</i> Tampak Samping saat Pipa Masih Berada di <i>Deck</i>	56
Gambar 4. 29 Pemodelan <i>Lowering-Shifting</i> Tampak Samping saat Pipa Berada di <i>Seabed</i>	56
Gambar 4. 30 Ilustrasi <i>Stage 1</i> pada Tahap <i>Lowering-Shifting</i>	57
Gambar 4. 31 Ilustrasi <i>Stage 2</i> pada Tahap <i>Lowering-Shifting</i>	57
Gambar 4. 32 Ilustrasi <i>Stage 3</i> pada Tahap <i>Lowering-Shifting</i>	57
Gambar 4. 33 Ilustrasi <i>Stage 4</i> pada Tahap <i>Lowering-Shifting</i>	58
Gambar 4. 34 Grafik <i>Case 4</i> dengan Arah Pembebanan 90° pada <i>Stage 3</i>	59
Gambar 4. 35 Grafik <i>Case 8</i> Arah Pembebanan 270° pada <i>Stage 2</i>	61
Gambar 4. 36 Lokasi Node 17 dan Node 27	64
Gambar 4. 37 Lokasi Node 170	65
Gambar 4. 38 Lokasi Node 78	65
Gambar 4. 39 Jumlah Siklus dalam Rentang Setiap Tegangan	66

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Simplified Laying Criteria for Strain	23
Tabel 2. 2 <i>S-N Curves in Seawater with Cathodic Protection</i> (DNV-RP-C203).....	29
Tabel 2. 3 Faktor Kelelahan Pipa yang Diizinkan.....	32
Tabel 3. 1 Data Pipa (PT. XYZ).....	35
Tabel 3. 2 Data <i>Coating</i> Pipa (PT. XYZ).....	35
Tabel 3. 3 Data Kedalaman Lokasi (PT. XYZ).....	36
Tabel 3. 4 Data Gelombang dan Arus pada Lokasi (PT. XYZ)	36
Tabel 3. 5 Data <i>Barge</i> (PT. XYZ)	36
Tabel 3. 6 Data <i>Mooring Chain</i> (PT. XYZ)	36
Tabel 3. 7 Jadwal Pengerjaan Penelitian	39
Tabel 4. 1 Pembagian <i>Case</i>	41
Tabel 4. 2 Data Pasang Surut (Sumber: PT. XYZ)	41
Tabel 4. 3 Peletakkan Tali Tambat pada <i>Software</i> OrcaFlex	48
Tabel 4. 4 Peletakkan <i>Davit Lifting</i> pada <i>Software</i> OrcaFlex	49
Tabel 4. 5 Input Data <i>Buoyancy Tank</i> pada <i>Software</i> OrcaFlex.....	50
Tabel 4. 6 Validasi Modelling AWTI.....	52
Tabel 4. 7 Titik <i>Arch Length</i> Peletakan <i>Buoyancy Tank</i>	52
Tabel 4. 8 Pembagian <i>Stage</i> pada Tahap <i>Lifting</i>	53
Tabel 4. 9 Pembagian <i>Stage</i> pada Tahap <i>Lowering</i>	57
Tabel 4. 10 Nilai <i>Max Von Mises</i> Tertinggi pada Setiap <i>Case</i> Daerah <i>Overbend</i>	58
Tabel 4. 11 Nilai <i>Max Von Mises</i> Tertinggi pada Setiap <i>Case</i> Daerah <i>Sagbend</i>	58
Tabel 4. 12 Nilai <i>Max Von Strain</i> Tertinggi pada Setiap <i>Case</i> Daerah <i>Overbend</i>	60
Tabel 4. 13 Nilai <i>Max Von Strain</i> Tertinggi pada Setiap <i>Case</i> Daerah <i>Sagbend</i>	60
Tabel 4. 14 Contoh Perhitungan Local Buckling	61
Tabel 4. 15 Contoh Perhitungan Local Buckling	62
Tabel 4. 16 Nilai <i>Local Buckling</i> Tertinggi pada Setiap <i>Case</i> Daerah <i>Overbend</i>	62
Tabel 4. 17 Nilai <i>Local Buckling</i> Tertinggi pada Setiap <i>Case</i> Daerah <i>Sagbend</i>	62
Tabel 4. 18 Nilai <i>Concrete Crushing</i> Tertinggi pada Setiap <i>Case</i> Daerah <i>Overbend</i>	63
Tabel 4. 19 Nilai <i>Concrete Crushing</i> Tertinggi pada Setiap <i>Case</i> Daerah <i>Sagbend</i>	63
Tabel 4. 20 Perhitungan Fatigue Damage	67
Tabel 4. 21 Maximum Holding Time untuk Case 1	67

Tabel 4. 22 Maximum Holding Time untuk Case 2	67
Tabel 4. 23 Maximum Holding Time untuk Case 3	68
Tabel 4. 24 Maximum Holding Time untuk Case 4 - 6.....	68
Tabel 4. 25 Maximum Holding Time untuk Case 7 - 9.....	68

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di era modern ini, permintaan energi terus meningkat, seiring dengan pertumbuhan populasi. Pada pertengahan tahun 2023, Indonesia memiliki populasi sebesar 278,69 juta jiwa, yang mengindikasikan peningkatan sebesar 1,05% dibandingkan dengan tahun sebelumnya (*year-on-year*), yang mencapai 275,77 juta jiwa (BPS, 2023). Lonjakan jumlah penduduk ini telah mendorong konsumsi energi di Indonesia mencapai 123 juta TOE per tahun, dengan peningkatan yang diantisipasi setiap tahunnya. Sektor dengan konsumsi energi tertinggi adalah transportasi (44,2%), diikuti oleh sektor industri (33,5%) dan rumah tangga (16,3%) (SUHARYATI et al., 2023). Sementara itu, proyeksi menunjukkan adanya peningkatan sebesar 40,2% pada energi primer dunia hingga tahun 2040 (IEA, 2023). Masyarakat masih sangat bergantung pada sumber daya konvensional seperti batu bara, minyak bumi, dan gas alam untuk memenuhi kebutuhan energi. Eksplorasi sumber daya minyak dan gas konvensional sedang berlangsung, namun ketersediaannya terbatas. Diperkirakan, batu bara hanya dapat dieksploitasi selama 61 tahun lagi, gas alam selama 34 tahun lagi, dan minyak bumi selama 19 tahun lagi (BPS, 2022). Apabila sumber daya dalam negeri menipis, Indonesia mungkin akan beralih ke impor minyak dan gas yang mahal.

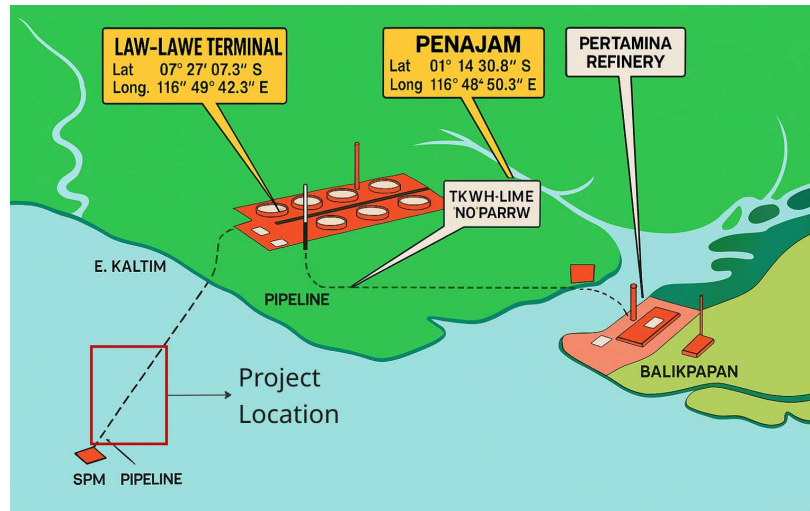
Minyak dan gas merupakan komoditas penting di Indonesia dan tetap menjadi sumber utama energi di berbagai sektor. Oleh karena itu, pemerintah menargetkan produksi minyak sebesar 1 juta barel per hari (BOPD) pada tahun 2030. Untuk mencapai tujuan tersebut, diperlukan kegiatan eksplorasi untuk menemukan cadangan baru dan mempertahankan produksi di lapangan yang sudah ada. Dalam beberapa dekade terakhir, pemanfaatan pipa bawah laut sebagai metode transportasi utama untuk sumber daya minyak dan gas lepas pantai telah meningkat secara signifikan seiring dengan kemajuan teknologi. Namun, pada bawah laut terdapat dinamika aliran yang rumit, gerusan dasar laut di sekitar pipa bawah laut sering terjadi, yang mengakibatkan pipa terekspos dan terputus (Zhang et al., 2024). Struktur lepas pantai akan selalu mengalami pembebanan akibat lingkungan seperti akibat angin, gelombang dan arus. Gaya hidrodinamik akibat gelombang merupakan pertimbangan utama dalam analisa kelelahan (*fatigue*) karena tegangan yang timbul akibat beban ini merupakan tegangan siklik yang terjadi

terus menerus meskipun tegangan yang terjadi lebih kecil dari tegangan pada kondisi ekstrim (Tawekal et al., 2006).

Dengan adanya beberapa potensi bahaya pada jalur pipa, serta tingginya biaya yang harus dikeluarkan untuk konstruksi dan pemeliharaan, maka diperlukan banyak pertimbangan dalam memilih metode instalasi pipa (Gyarino et al., 2022). Beberapa metode yang umumnya di pakai di Indonesia seperti *S-Lay*, *J-Lay*, *Reeling* dan *Towing*. Faktor-faktor yang mempengaruhi metode seperti kondisi lingkungan laut berupa gelombang dan arus, juga kedalaman laut (Ibrahim, 2016). Ketika semua pipa telah terpasang pada *seabed* dan perlu diadakannya sambungan antara dua pipa, maka perlu dilakukannya proses *tie-in* penyambungan dua pipa (Gergassi, 2017). Dalam memilih dan mendesain sistem *tie-in* pada pipa banyak pertimbangan yang harus diambil beberapa diantaranya adalah, rute bawah laut, waktu dan kendala instalasi, dan identifikasi nilai kritis di awal proyek karena perubahan kecil dapat menimbulkan biaya yang tinggi pada proyek (Andersen, 2015).

Tie-in dilakukan berdasarkan kedalaman laut, pada kedalaman lebih dari 50 m dapat dilakukan di bawah air. Tetapi pada kedalaman kurang dari 50 m akan dilakukan di atas air dengan cara menaikkan dua buah segmen pipa yang akan disambungkan menuju atas *barge* untuk dilakukan pengelasan. Metode ini disebut *Above Water Tie-In* yang dirasa relatif lebih ekonomis dibandingkan dengan metode pengelasan bawah air (Ibrahim, 2016). *Barge* ditambatkan tepat pada titik temu antara dua pipa yang akan disambungkan, kemudian dua segmen pipa akan diangkat ke atas air oleh *davit* yang terdapat pada *barge*, lalu pipa akan dipotong dan disambungkan dengan proses pengelasan. Setelah dua segmen pipa telah tersambung, pipa diturunkan kembali ke *seabed* (Achnita & Rildova, 2014).

Analisis proses *tie-in* dengan metode *Above Water Tie-In* dilakukan untuk memeriksa tegangan pipa yang terjadi selama proses *Lifting* dan *lowering*. Tegangan yang terjadi pada pipa dapat menyebabkan *bending* hingga *buckling* pada pipa. Analisis ini dilakukan untuk mengestimasi *bending stress* yang terjadi agar memenuhi *codes* DNVGL-ST-F101. Beban siklik akibat arus laut dan pergerakan kapal pemasang yang diterima pipa dalam kondisi diam dapat menyebabkan kelelahan. Sehingga perlunya diperhitungkan analisa kelelahan yang mengacu pada *codes* DNVGL-ST-F101 untuk mempertimbangkan waktu *holding barge*. Kelelahan pada pipa dapat menyebabkan *crack* dan terjadinya *rupture* yang dapat menyebabkan banyak kerugian pada proyek (Ardiansyah, 2019).



Gambar 1. 1 Peta Lokasi Area Pipa (Sumber : PT. XYZ)

Pada Tugas Akhir ini akan dilakukan analisis tegangan dan regangan maksimal yang dapat diterima pipa pada saat proses *Above Water Tie-In* dilaksanakan. Lalu melakukan pengecekan apakah pipa mengalami *local buckling* dan *concrete crushing*. Selanjutnya dilakukan perhitungan *stress cycles* agar dapat dilakukakannya *fatigue analysis*. Studi kasus yang digunakan dalam Tugas Akhir ini adalah proyek instalasi untuk pengikatan diffuser ke pipa 20 inch pada fasilitas Lawe-Lawe.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang akan dikaji pada Tugas Akhir ini adalah:

1. Bagaimana distribusi tegangan dan regangan yang dapat diterima oleh pipa saat proses *Lifting* dan *lowering* berdasarkan DNVGL-ST-F101?
2. Bagaimana keadaan pipa setelah dilakukan cek *local buckling* dan *concrete crushing* berdasarkan DNVGL-ST-F101?
3. Bagaimana umur kelelahan pipa pada saat proses instalasi menggunakan metode *Above Water Tie-In* berdasarkan DNV OS-101?

1.3 Tujuan

Dari rumusan masalah di atas, tujuan yang ingin dicapai penulis pada Tugas Akhir ini adalah:

1. Mengetahui distribusi tegangan dan regangan yang dapat diterima oleh pipa saat proses *Lifting* dan *lowering* berdasarkan DNVGL-ST-F101.

2. Mengetahui keadaan pipa setelah dilakukan cek *local buckling* dan *concrete crushing* berdasarkan DNVGL-ST-F101.
3. Mengetahui umur kelelahan pipa pada saat proses instalasi menggunakan metode *Above Water Tie-In* berdasarkan DNVGL-ST-F101.

1.4 Manfaat

Manfaat yang diharapkan penulis dari pengerjaan Tugas Akhir ini adalah:

1. Menambah pengetahuan mengenai proses penyambungan pipa dengan metode *Above Water Tie-In*.
2. Menambah referensi bagi para pembaca yang ingin melakukan penelitian dengan topik serupa.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah pada Tugas Akhir ini adalah:

1. Pemodelan proses *Above Water Tie-In* menggunakan *software* OrcaFlex.
2. Analisis kelelahan menggunakan *software* OrcaFlex dan diolah menggunakan Microsoft Excel.
3. Kondisi *seabed* dianggap rata.
4. Pengecekan kondisi pipa setelah mengalami *local buckling* dan *concrete crushing* menggunakan DNVGL-ST-F101.
5. Arah pembebanan RAO dilakukan dari 0° hingga 315° dengan interval 45°.
6. Beban lingkungan mencakup beban gelombang dan beban arus
7. Analisis dinamis dan kelelahan menggunakan 4 arah beban lingkungan yakni 0°, 90°, 180° dan 270°.
8. Penentuan kondisi pasang surut hanya berdasarkan data perusahaan, tidak berdasarkan hitungan manual.
9. Dikarenakan ukuran pipa sebesar 20 inch dan kapasitas maksimum kapal 60 inch, maka tidak diperlukan analisis stabilitas kapal secara mendalam.
10. Jumlah *davit Lifting* yang digunakan adalah 6.

11. Hanya menganalisis proses *Lifting* dan *lowering*, sedangkan tidak menganalisis proses *tie-in* untuk analisis dinamis.
12. Analisis kelelahan tidak dilakukan dalam kondisi badai, hanya dalam kondisi *tie-in*.
13. Analisis kelelahan yang digunakan adalah secara deterministik tanpa pertimbangan probabilitas arah gelombang.
14. Tidak membahas biaya operasi dan sistem mitigasi bila terdapat kegagalan dalam proyek.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka

Hanafi (2023) dengan judul Analisis Tegangan dan Regangan Pipa Bawah Laut pada saat Proses *Above Water Tie-In* membahas mengenai tegangan dan regangan yang terjadi serta dilakukannya pengecekan *local buckling check* dan *concrete crushing check* untuk mengetahui apakah pipa terjadi *local buckling* dan *concrete crushing*. Analisis yang dilakukan adalah analisis dinamis pada pipa untuk mengetahui pengaruh dari beban lingkungan yang terjadi. Namun pada penelitian hanya membahas tegangan dan regangan yang terjadi dan akibatnya apabila melebihi dari tegangan yang diijinkan. Pada penelitian tersebut belum membahas mengenai analisis kelelahan pada pipa saat proses *Above Water Tie-In* berlangsung.

Ardiansyah (2019) dengan judul Analisis Kelelahan pada *Pipeline* saat Instalasi dengan Varius *Radius Curvature of Stringer* dan Kedalaman laut membahas mengenai perhitungan tegangan dan regangan pada instalasi pipa dengan metode S-Lay. Perhitungan pada Tugas Akhir tersebut mempertimbangkan mengenai variasi *radius curvature of stringer* terhadap kelelahan pipa dan menentukan *barge holding time* yang diizinkan selama instalasi agar pipa tidak mengalami kelelahan berlebihan. Namun pada Tugas Akhir tersebut tidak membahas mengenai analisis kelelahan pada pipa saat proses *Above Water Tie-In*.

Ramadhan (2017) dengan judul Analisa Kelelahan Pipa pada saat Instalasi di Berbagai Sudut Stringer dan Ukuran Pipa membahas mengenai pengaruh sudut stringer dan ukuran pipa terhadap umur kelelahan pipa saat proses instalasi menggunakan metode S-Lay. Namun pada Tugas Akhir tersebut tidak membahas mengenai analisis kelelahan pipa saat proses instalasi menggunakan metode *Above Water Tie-In*

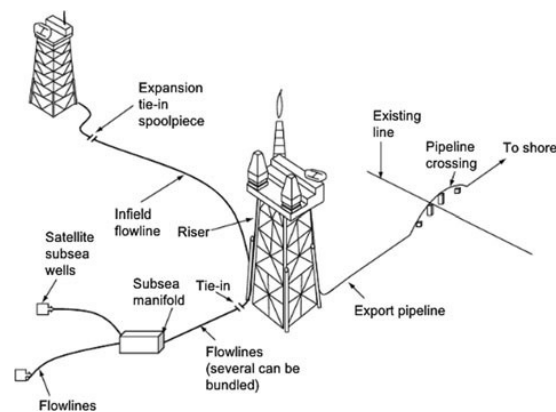
Dalam Tugas Akhir ini, penulis akan membahas mengenai tegangan dan regangan yang terjadi pada pipa selama proses *Above Water Tie-In* berdasarkan *codes* DNVGL-ST-F101. Penulis juga akan menganalisis mengenai *holding time* untuk mendapatkan waktu ijin *barge* sehingga pipa tidak mengalami kelelahan berdasarkan *codes* DNVGL-ST-F101 pada saat instalasi. Penulis melakukan pemodelan *Above Water Tie-In* menggunakan *software* OrcaFlex untuk mendapatkan tegangan dan regangan yang diijinkan serta analisis kelelahan pada pipa.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Offshore Pipeline

Saat ini, jaringan pipa lepas pantai memiliki peran penting dalam pengembangan industri minyak dan gas minyak dan gas di berbagai belahan dunia. Pipa lepas pantai berfungsi sebagai alat transportasi minyak dan gas ke pantai. Industri yang sangat penting ini diletakkan di dasar laut dengan berbagai metode baik metode tertanam dalam parit (*buried method*) atau diletakkan di dasar laut yang tidak rata (*unburied method*). Konstruksi pipa yang tidak terkubur adalah metode yang paling umum karena cepat dan lebih ekonomis (Bakhtiary et al., 2009). Oleh karena itu, memahami perilaku mereka dalam kondisi lepas pantai, penting untuk desain yang tepat dalam kondisi lingkungan laut (Seth et al., 2021).

Eksplorasi cadangan minyak dan gas alam lepas pantai melibatkan beberapa tahap, termasuk produksi dari reservoir, pemisahan produk sampingan, dan transportasi ke darat. Minyak dan gas yang mungkin berasal dari jarak 100 mil dari daratan, harus diangkut melalui jaringan pipa ke titik-titik pengiriman di daratan. Beberapa aspek yang perlu dipertimbangkan dalam pembuatan *offshore pipeline* antara lain adalah pemilihan diameter pipa, pemilihan tebal dinding pipa, pemilihan material pipa, pemilihan peninjauan rute pipa dan pemilihan rute pipa (ROTHFARB B et al., 1970). Aspek-aspek tersebut dipertimbangkan agar mendapatkan rancangan yang optimal baik dari segi teknik maupun ekonomis.



Gambar 2. 1 *Offshore Pipeline* (Cai J, et al., 2017)

2.2.2 Metode Above Water Tie-In

Pada dasarnya, sistem perpipaan di laut tidak hanya ada satu jalur, namun ada banyak sambungan menuju beberapa jalur pipa, riser, ataupun menuju struktur lainnya. Ketika sebuah pipa utama sudah di instalasi di laut dan akan disambungkan dengan pipa yang berasal dari

lapangan minyak yang lain, maka diperlukannya kegiatan penyambungan dua pipa menjadi satu (Hanafi, 2023). Salah satunya dapat dilaksanakan dengan metode *Above Water Tie-In*.

Above Water Tie-In adalah sebuah proses penyambungan dua pipa bawah laut dengan cara mengangkat pipa bawah laut ke atas *barge* untuk dilakukannya penyambungan (*tie-in*) dengan pipa bawah laut lainnya di atas permukaan air laut. Di perairan dangkal yang mendekati garis pantai, kedua pipa akan diangkat menggunakan *davit Lifting* dengan bantuan *buoyancy tank*. Setelah dilakukannya penyambungan, pipa akan diturunkan kembali ke dasar lautan (*seabed*). Penurunan pipa ini disertai dengan Bergeraknya *barge* ke samping (proses *shifting*) untuk menghindari *overstress* pada pipa.

Setelah dilakukannya proses penyambungan, maka pipa yang telah disambung tersebut akan diinspeksi menggunakan metode *Non Destructive Test* (NDT) dengan tujuan untuk mengetahui apakah sambungan tersebut layak atau tidaknya dapat beroperasi di kemudian hari. Sambungan pada pipa tersebut dilapisi menggunakan *Heat Shrink Sleeve* (HSS) yang akan diinjeksikan dengan cairan *High Density Poly Urethane Foam* (HDPUF). Setelah dilakukannya kegiatan-kegiatan di atas, pipa dapat digelar kembali ke *seabed*.

Selama melakukan proses *Above Water Tie-In*, nilai tegangan dan regangan pipa yang terjadi tidak boleh melewati nilai tegangan dan regangan yang diijinkan mengacu pada standar codes DNVGL-ST-F101. *Above Water Tie-In* terbagi menjadi tiga tahapan. Berikut merupakan proses tahapan *Above Water Tie-In*:

- Pengangkatan Pipa (*Lifting*)
- Penyambungan Pipa (*tie-in*)
- Penurunan Pipa (*lowering-shifting*)

Tahapan tersebut akan dijelaskan lebih lanjut pada subbab 2.2.2.2 hingga 2.2.2.4.

2.2.2.1 **Komponen pada Proses *Above Water Tie-In***

Sebelum dilaksanakannya proses *Above Water Tie-In*, diperlukan beberapa komponen dalam menunjang metode ini. Beberapa komponen tersebut adalah:

1. *Tie-In Vessel*

Tie-In vessel merupakan *barge* yang akan digunakan dalam proses *Above Water Tie-In*. Kapal ini harus dilengkapi dengan *equipment* seperti *davit Lifting* yang berfungsi untuk mengangkat dan menurunkan pipa ke dasar laut, yang umumnya berjumlah

enam buah (Achnita & Rildova, 2014). Kapal juga harus dilengkapi dengan *welding station* untuk penyambungan pipa. Kapal ini juga harus memiliki panjang yang sesuai agar dapat memaksimalkan jarak antara titik pengangkatan kedua pipa. Gambar di bawah ini merupakan salah satu contoh *tie-in vessel*.



Gambar 2. 2 *Tie-In Vessel* (Knight, 2021)

2. *Accommodation Vessel*

Kapal ini adalah kapal utama untuk akomodasi sehari-hari dan kebutuhan lainnya yang diperlukan selama proses *tie-in* berlangsung. Kapal ini dilengkapi dengan *crane* untuk memudahkan mobilisasi barang-barang yang diperlukan. Secara umum, kapal ini memiliki empat *mooring* dengan dua talinya ditambatkan ke *tie-in vessel* dan dua tali sisa nya ditambatkan ke laut lepas. Kapal ini juga dilengkapi dengan alat pencahayaan jika proses *tie-in* perlu dilakukan di malam hari.

3. *Anchor Handling Tugboat*

Kapal ini berfungsi untuk memindahkan posisi *mooring* yang terdapat pada *tie-in vessel* agar dapat menjaga posisi *vessel* atau membantu pergerakan *vessel*. Kedua kapal di atas ditambatkan pada kapal ini.

4. *Peralatan Welding*

Pada proses penyambungan pipa diperlukan alat-alat *welding* meliputi, alat pengelasan pipa, peralatan *Non Destructive Test* (NDT), dan peralatan untuk pemasangan *field joint coating* (pelindung terhadap korosi).

5. Buoy

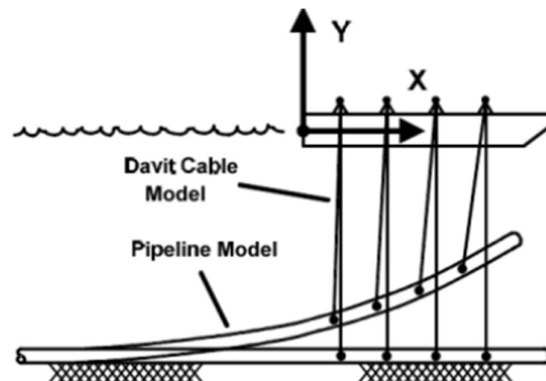
Buoy berfungsi dalam membantu *davit Lifting* untuk mengangkat pipa serta mengurangi tegangan yang terjadi dengan cara mengurangi efek *bending* pada pipa. *Buoy* memiliki kapasitas dan ukuran yang bermacam-macam seperti pada gambar di bawah ini.



Gambar 2. 3 Macam-macam Bentuk *Buoy* (<http://www.doowin-dooflex.com/Products&Solutions>)

2.2.2.2 Proses *Lifting*

Langkah yang dilakukan setelah menyiapkan semua peralatan dan alat-alat tersebut diposisikan dengan tepat, maka tahapan yang dilakukan adalah *Lifting* pipa atau pengangkatan pipa. *Diver* (penyelam) turun ke dasar laut untuk mengaitkan *winch* (tali pada *davit Lifting*) dengan pipa yang telah diperhitungkan posisinya. Setelah semua *winch* telah terpasang, maka *davit Lifting* akan perlahan menarik pipa dengan bertahap sesuai dengan analisis yang sudah dilakukan. Setelah pipa terangkat ke atas permukaan air, sekitar kurang dari dua meter dari *deck*, maka akan dipasang sebuah platform di bawah pipa untuk dilakukannya proses *tie-in*. Gambar di bawah ini merupakan skema proses *Lifting* pipa menggunakan 4 *davit Lifting*.



Gambar 2. 4 Skema Proses *Lifting* pada *Above Water Tie-In* (Achnita, 2015)

2.2.2.3 Proses *Tie-In*

Sebelum dilakukannya proses *tie-in*, ketika pipa sudah berada di atas permukaan air, akan dilakukannya pemotongan pipa agar pipa tidak bertabrakan dan panjangnya sesuai untuk dilakukan *tie-in*. Pemotongan pipa ini mencakup semua lapisan dari *concrete coating* hingga pipa itu sendiri. Tujuan dari pemotongan ini untuk memudahkan *tie-in*, namun jika panjangnya sudah dirasa sesuai, tidak perlu melakukan pemotongan dan langsung menuju langkah berikutnya.

Pipa yang sudah dipotong lalu dibersihkan ujungnya agar pengelasan dapat berjalan sempurna. Tahapan pengelasan seperti pada umumnya, yaitu dilas *root* dan *hot pass*, *filler* dan *capping* (Gergassin, 2017). Setelah proses pengelasan selesai, pipa akan dicek layak digunakan untuk operasi atau tidak dengan *Non Destructive Test* menggunakan metode sinar-X. Fungsi dari sinar-X ini untuk mendeteksi kecacatan yang terjadi saat pengelasan. Hasil dari sinar-X lalu ditampilkan pada komputer. Apabila proses pengelasan tidak ditemukannya ada cacat, maka dapat dilanjutkan langkah berikutnya. Namun apabila ditemukannya cacat, maka prosedur pengelasan harus diulang kembali.

2.2.2.4 Proses *Lowering-Shifting*

Langkah berikutnya adalah menurunkan dan menggelarkan pipa kembali ke *seabed*. Proses ini kurang lebih sama seperti proses *Lifting*, proses yang dilakukan harus sesuai dengan analisis yang telah dilakukan. Tetapi dengan adanya penambahan panjang pipa, maka kapal harus melakukan *shifting*. *Shifting* adalah pergeseran kapal menuju arah yang berlawanan dari pipa agar pipa tidak mengalami *overstress*. Proses *shifting* ini dilakukan dengan bantuan *Anchor Handling Tug Boat* (Hanafi, 2023). Pergeseran ini membutuhkan analisis yang lebih dalam dikarenakan terdapat beban arus dan beban gelombang yang mempengaruhi pergerakan kapal.

2.2.3 Beban pada Pipa

2.2.3.1 Beban saat Instalasi

Menurut Ibrahim (2016), salah satu beban pada pipa yang harus diperhatikan adalah beban saat instalasi. Beban saat instalasi ini mencakup *live load* dan *dead load*. *Live load* didefinisikan sebagai beban yang dapat dipindahkan dan bersifat sementara. Beban hidup atau *live load* hanya akan diterapkan pada area yang ditetapkan untuk tujuan penyimpanan baik sementara maupun jangka panjang. Selanjutnya, area yang dirancang untuk diletakkan selama pemindahan material dari perahu juga harus dianggap sebagai beban hidup. Beban hidup lainnya termasuk area terbuka seperti jalan setapak, platform akses, dan area dapur di tempat

tinggal, beban helikopter di *helipad*, dan lain-lain. Beban ini harus diterapkan sesuai dengan persyaratan dari operator platform (Kharade & Kapadiya, 2014).

Adapun yang selanjutnya yakni *dead load* yang merupakan beban dari pipa itu sendiri. Beban ini mencakup semua komponen yang terdapat pada pipa Struktur yang dibangun baik untuk pengeboran atau *wellhead* atau untuk platform tipe proses mendukung berbagai peralatan dan fasilitas. Ini adalah komponen tipe tetap dan bukan komponen struktural. Komponen-komponen tidak memiliki kekakuan untuk ditawarkan dalam integritas global struktur dan tidak boleh dimodelkan. Berat komponen tersebut harus dihitung dan diterapkan di lokasi yang tepat sesuai dengan rencana struktur. Komponen ini meliputi: peralatan mekanis, peralatan listrik, pipa yang menghubungkan setiap peralatan, *electrical cable trays*, dan komponen instrumentasi (Kharade & Kapadiya, 2014).

2.2.3.2 **Beban saat Operasi**

Saat memasuki fase operasional, pipa akan berfungsi secara terus-menerus dengan mengalirkan fluida tanpa henti selama 24 jam sehari. Aliran fluida yang berkecepatan tinggi ini menghasilkan tekanan yang signifikan di dalam pipa, yang dapat memengaruhi ketahanan serta keandalan strukturnya dalam jangka panjang (Hanafi, 2023). Oleh karena itu, diperlukan analisis teknis yang komprehensif untuk mengevaluasi daya tahan pipa terhadap tekanan dan beban dinamis akibat aliran fluida. Analisis ini menjadi krusial untuk memastikan bahwa pipa dapat beroperasi dengan aman dan efisien selama masa pakainya, yang umumnya berkisar sekitar 20 tahun.

2.2.3.3 **Beban Ekspansi Thermal**

Karena ladang minyak dan gas lepas pantai telah dieksploitasi di perairan yang lebih dalam, jaringan pipa bawah laut harus beroperasi pada suhu dan tekanan tinggi. Hal ini menyebabkan jaringan pipa bawah laut lebih rentan terhadap pergerakan baik dalam arah lateral maupun aksial karena beban yang dihasilkan oleh suhu dan tekanan tinggi (Ketkar & Patil, 2014). Ekspansi dan kontraksi termal terjadi saat pipa memanaskan dan mendingin. Sistem perpipaan harus memiliki fleksibilitas yang cukup untuk menangani ekspansi dan kontraksi termal. Beban sekunder didorong oleh ekspansi termal pipa dan struktur lambung, jangkar, dan penahan, karena semuanya terkait dengan kontinuitas sistem perpipaan. Tegangan ekspansi sekunder (SE) dihasilkan oleh beban termal dan perpindahan paksa yang disebabkan oleh perbedaan suhu dan deformasi termal lambung dan pembengkokan (kendur dan tertekuk) (Hwang et al., 2020).

2.2.4 Beban Lingkungan

Menurut DNVGL-ST-F101 (2017) pada sub bab 3.3.2 mengenai kondisi lingkungan menyatakan bahwa, fenomena lingkungan yang dapat mengganggu fungsi sistem yang tepat atau menyebabkan penurunan keandalan dan keamanan sistem harus dipertimbangkan. Fenomena lingkungan yang harus dipertimbangkan meliputi angin, pasang surut, gelombang, gelombang internal dan efek lain yang disebabkan oleh perbedaan kepadatan air, arus, es, gempa bumi, kondisi tektonik, proses geomorfologi, suhu dan pertumbuhan laut (pengotoran).

2.2.4.1 Beban Gelombang

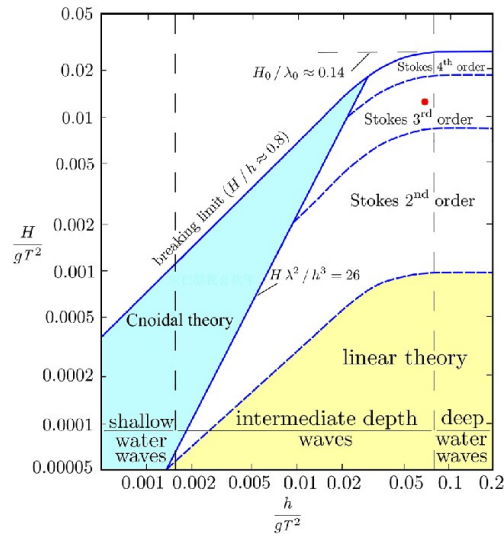
Berdasarkan DNVGL-ST-F101 (2017) sub bab 4.3.3 mengenai *Hydrodynamic Loads* menyatakan bahwa teori gelombang yang diterapkan harus mampu menggambarkan kinematika gelombang pada kedalaman air tertentu yang dimaksud, termasuk hidrodinamika zona selancar jika berlaku. Kesesuaian teori yang dipilih harus ditunjukkan dan didokumentasikan..

Penentuan teori gelombang yang tepat dapat dilakukan dengan menggunakan grafik validitas yang dikenal sebagai *Region of Validity of Wave Theories*. Grafik ini dibuat berdasarkan parameter-parameter utama gelombang, yaitu tinggi gelombang (H), periode gelombang (T), serta kedalaman air (d).

Untuk menentukan wilayah validitas teori gelombang, pendekatan matematis yang dikembangkan oleh Mousseli pada tahun 1981 digunakan. Dalam pendekatan ini, hubungan antara parameter-parameter gelombang dinyatakan dalam bentuk rasio sebagai berikut:

$$\frac{H}{gT^2} \text{ dan } \frac{d}{gT^2} \dots\dots\dots(2. 1)$$

Selanjutnya, hasil perhitungan dari formulasi tersebut dibandingkan dengan grafik yang menunjukkan daerah aplikasi teori gelombang, sebagaimana diperlihatkan dalam Gambar 2.1. Dengan mencocokkan nilai hasil formulasi dengan grafik tersebut, teori gelombang yang sesuai untuk kondisi tertentu dapat ditentukan dengan lebih akurat.



Gambar 2. 5 Grafik *Region of Validity of Wave Theories* (Chao, R., et al., 2019)

2.2.4.2 Beban Arus

Berdasarkan DNVGL-ST-F101 (2017) sub bab 3.3.4 mengenai data lingkungan, semua sumber arus yang relevan harus dipertimbangkan. Ini dapat mencakup arus pasang surut, arus yang disebabkan angin, arus badai, arus yang disebabkan kepadatan, atau fenomena lain yang mungkin terjadi. Untuk wilayah dekat pantai, arus sepanjang pantai akibat pecahnya gelombang harus dipertimbangkan. Variasi besaran sehubungan dengan arah dan kedalaman air harus dipertimbangkan jika relevan.

Beban arus merupakan salah satu faktor lingkungan yang berkontribusi terhadap gaya yang bekerja pada struktur lepas pantai. Dalam hal ini, arus yang disebabkan oleh pasang surut cenderung mengalami penurunan kecepatan seiring dengan bertambahnya kedalaman. Pola penurunan ini mengikuti fungsi non-linier, yang berarti perubahan kecepatan tidak terjadi secara proporsional terhadap kedalaman.

Sementara itu, arus yang timbul akibat pengaruh angin menunjukkan karakteristik serupa, namun memiliki pola perubahan yang berbeda. Kecepatan arus yang dihasilkan oleh angin berkurang dengan kedalaman secara linier, yang berarti perubahan kecepatannya lebih teratur dibandingkan dengan arus pasang surut.

Untuk menggambarkan hubungan antara kecepatan arus dan kedalaman secara lebih sistematis, terdapat formulasi matematis yang telah dikembangkan oleh Dawson (1983), yang dapat digunakan sebagai dasar dalam menganalisis pengaruh arus terhadap struktur lepas pantai.

$$U_T = U_{OT} \left(\frac{y}{h} \right)^{1/7} \dots\dots\dots (2. 2)$$

$$U_W = U_{OW} \left(\frac{y}{h} \right) \dots\dots\dots (2. 3)$$

Dimana:

U_T = Kecepatan arus pasang surut (m/detik)

U_{OT} = Kecepatan arus pasang surut di permukaan (m/detik)

U_W = Kecepatan arus akibat angin (m/detik)

U_{OW} = Kecepatan arus akibat angin di permukaan (m/detik)

y = Jarak dari dasar laut (m)

h = Kedalaman laut (m)

2.2.5 Teori *Spektrum* Kerapatan Gelombang (JONSWAP)

Para ahli telah mengembangkan berbagai model spektrum gelombang untuk menganalisis karakteristik gelombang laut. Salah satu model yang paling sering digunakan karena kesederhanaannya adalah model Pierson-Moskowitz (1964). Model ini merepresentasikan spektrum gelombang berbentuk tunggal, di mana distribusi energinya ditentukan berdasarkan tinggi gelombang signifikan atau kecepatan angin.

Selain model Pierson-Moskowitz, terdapat beberapa model spektrum yang menggunakan lebih dari satu parameter untuk menggambarkan karakteristik gelombang secara lebih kompleks. Contohnya adalah model ISSC (1964), Scott (1965), dan Bretschneider (1969), yang masing-masing mempertimbangkan lebih banyak faktor dalam menentukan spektrum energi gelombang.

Untuk model spektrum yang lebih kompleks, Ochi dan Hubble (1976) mengembangkan model dengan enam parameter yang mampu menggambarkan dua puncak dalam spektrum energi gelombang. Sementara itu, Hasselman et al. (1973) menciptakan model spektrum dengan lima parameter. Namun, dalam praktiknya, tiga dari lima parameter tersebut sering dianggap konstan untuk menyederhanakan perhitungan.

Setiap jenis spektrum gelombang memiliki karakteristik tersendiri yang ditentukan oleh sejumlah parameter spesifik. Parameter-parameter ini membentuk ciri khas masing-masing spektrum dan mempengaruhi distribusi energi gelombangnya. Dengan mempertimbangkan

kondisi perairan di Indonesia, yang didominasi oleh wilayah kepulauan dan banyaknya perairan tertutup, spektrum JONSWAP (Joint North Sea Wave Project) diperkirakan menjadi model yang paling sesuai dalam merepresentasikan distribusi energi gelombang di perairan Indonesia. Hal ini disebabkan oleh kesamaan karakteristik lingkungan antara lokasi penelitian JONSWAP di Laut Utara dengan kondisi perairan tertutup yang banyak ditemukan di Indonesia (Darisman, 2024).

$$S_{\zeta}(\omega) = \bar{\alpha} g^2 \omega^{-5} \exp \left(-1.25 \left[\frac{\omega}{\omega_p} \right]^{-4} \right) \left(\gamma^{\left[\exp \left(-(\omega - \omega_p)^2 / (2\sigma^2 \omega_p^2) \right) \right]} \right) \dots \dots \dots (2.4)$$

Dimana:

- $\bar{\alpha}$ = $0.076(X_0)^{-0.22}$ atau 0.0081 jika X tidak diketahui
- X_0 = gX/U_w^2
- X = Panjang *fetch*
- U_w = Kecepatan angin
- γ = Parameter ketinggian
- σ = Parameter bentuk / *shape parameter*, bernilai 0.07
- ω_p = $2\pi(g/U_w) (X_0)^{-0.33}$

2.2.6 Response Amplitude Operator

Response Amplitude Operator (RAO) yang juga dikenal sebagai *Transfer Function* merupakan fungsi yang menggambarkan respons suatu struktur lepas pantai (*offshore*) akibat gaya gelombang pada frekuensi tertentu. Istilah *Transfer Function* digunakan karena RAO berfungsi sebagai media yang mengubah beban gelombang menjadi suatu bentuk respons struktur.

RAO didefinisikan dalam bentuk frekuensi sebagaimana dinyatakan oleh (Chakrabarti, 2005) dengan rumusan:

$$RAO = \frac{Response_{(\omega)}}{\zeta_{(\omega)}} \dots \dots \dots (2.5)$$

Dimana:

- Response = Amplitudo respons struktur (m/ft)
- ζ = Amplitudo gelombang (m/ft)

ω = Frekuensi sudut (*angular frequency*) dalam rad/s

RAO dapat diinterpretasikan sebagai rasio respons struktur terhadap setiap amplitudo gelombang pada frekuensi tertentu, yang sering dinotasikan sebagai $S/\zeta(\omega)$. Dalam proses perhitungannya, gelombang sering diasumsikan sebagai gelombang reguler. Frekuensi gelombang yang digunakan dalam analisis dimasukkan ke dalam rentang (*range*) frekuensi yang telah ditentukan untuk menentukan spektrum gelombang yang sesuai. Model ini memungkinkan evaluasi dampak gelombang terhadap struktur offshore sehingga dapat digunakan dalam desain dan analisis ketahanan struktur di lingkungan laut.

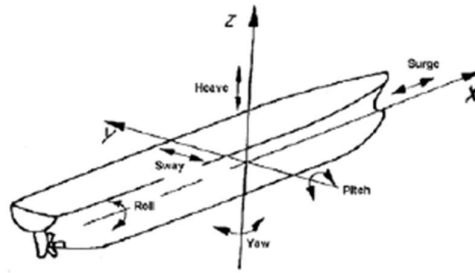
RAO pada bangunan apung untuk gerakan rotasi didefinisikan sebagai rasio antara amplitudo rotasi struktur (dalam satuan radian) terhadap kemiringan gelombang. Kemiringan gelombang sendiri diperoleh dengan mengalikan bilangan gelombang dengan amplitudo gelombang (Ardiansyah, 2019).

Dalam konteks analisis dinamika bangunan apung, nilai RAO ini menggambarkan sejauh mana struktur mengalami rotasi sebagai respons terhadap perubahan gelombang laut. Semakin besar nilai RAO, semakin besar pula efek rotasi yang dialami oleh bangunan akibat interaksi dengan gelombang. Oleh karena itu, pemahaman terhadap parameter ini sangat penting dalam perancangan dan evaluasi kestabilan bangunan apung di lingkungan maritim.

2.2.6.1 **Respon Struktur Terapung terhadap Beban Gelombang**

Struktur terapung yang mengalami interaksi dengan beban gelombang akan memberikan respons secara dinamis sesuai dengan karakteristik gaya yang bekerja padanya. Respons dinamis ini terbagi ke dalam enam jenis pergerakan, yang terdiri dari tiga gerakan lateral serta tiga gerakan rotasional, masing-masing terjadi dalam tiga sumbu utama pergerakan (Ibrahim, 2016)

Gerakan lateral mencakup pergeseran dalam arah maju-mundur (*surge*), samping kiri-kanan (*sway*), dan naik-turun (*heave*). Sementara itu, gerakan rotasional meliputi perubahan orientasi dalam bentuk gerakan menggeleng (*yaw*), mengangguk (*pitch*), dan memiring (*roll*). Keenam jenis gerakan ini sangat berpengaruh terhadap stabilitas dan kinerja struktur terapung.



Gambar 2. 6 DOF dari Struktur Terapung (Djarmiko, 2012)

- a. *Surging* : Gerakan osilasi lateral pada sumbu-x
- b. *Swaying* : Gerakan osilasi lateral pada sumbu-y
- c. *Heaving* : Gerakan osilasi lateral pada sumbu-z
- d. *Rolling* : Gerakan osilasi rotasional terhadap sumbu-x
- e. *Pitching* : Gerakan osilasi rotasional terhadap sumbu-y
- f. *Yawing* : Gerakan osilasi rotasional terhadap sumbu-z

2.2.7 Gaya dan Tegangan pada Pipa

2.2.7.1 Gaya Hidrodinamis Pipa

Pipa bawah laut mengalami pengaruh gaya hidrodinamis yang ditimbulkan oleh gelombang dan arus laut. Untuk menganalisis stabilitas hidrodinamisnya, digunakan persamaan Morison, yang menghubungkan berbagai komponen gaya, yaitu gaya angkat, gaya inersia, dan gaya hambat (*drag*), yang bergantung pada kecepatan serta percepatan partikel air di sekitarnya. Dalam kondisi nyata, variasi gaya yang bekerja pada pipa bawah laut sangat kompleks karena dipengaruhi oleh berbagai faktor lingkungan (Wicaksono, 2018). Meskipun demikian, pendekatan analitis sederhana dapat digunakan untuk menggambarkan perubahan gaya tersebut dengan metode pendekatan yang telah dikembangkan, seperti yang dijelaskan oleh Braestrup et al., (2009). Gaya hidrodinamika ini dapat dihitung dengan persamaan Morison di bawah ini:

$$F_h = \frac{1}{2} \times \rho_w \times C_d \times d \times u |u| + \rho_w \times C_M \times A \times \ddot{x} \dots \dots \dots (2. 6)$$

Dimana:

F_h = Gaya hidrodinamis

ρ_w = Densitas fluida

C_d = Koefisien *drag*

C_M = Koefisien inersia

- d = Diameter silinder
- A = Luas penampang silinder
- α = Percepatan fluida

2.2.7.2 **Effective Axial Force**

Selama proses pemasangan pipa bawah laut, terjadi tegangan longitudinal sepanjang sumbu pipa akibat berbagai jenis tegangan lain yang bekerja pada struktur pipa. Tegangan-tegangan tersebut mencakup tegangan lentur (*bending stress*), tegangan termal (*thermal stress*), tegangan lingkaran (*hoop stress*), serta tegangan akibat gaya pada ujung pipa (*end cap force-induced stress*).

Menurut standar DNVGL-ST-F101, tegangan aksial yang diperoleh dari kombinasi berbagai faktor ini kemudian dikalikan dengan faktor pembebanan yang telah ditentukan untuk memastikan keamanan dan kestabilan struktur pipa. Dengan mempertimbangkan seluruh gaya yang bekerja, kombinasi tegangan total yang terjadi pada pipa dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$S_{SD} = S_F \cdot \gamma_F \cdot \gamma_C + S_E \cdot \gamma_F \cdot \gamma_C + S_A \cdot \gamma_A \cdot \gamma_C \dots\dots\dots (2. 7)$$

Dimana:

- S_{SD} = *Effective axial force* (kN)
- S_F = *Functional axial force* (kN)
- S_E = *Functional environmental force* (kN)
- S_I = *Functional interference force* (kN)
- S_A = *Functional accidental force* (kN)
- γ_F = *Functional load*
- γ_C = *Condition load effect factor*
- γ_E = *Environmental load*
- γ_A = *Accidental load*

2.2.7.3 **Tegangan Normal**

Tegangan normal adalah tegangan yang bekerja pada suatu bidang dalam arah tegak lurus terhadapnya. Tegangan ini dapat berupa tegangan tarik (*tensile stress*), yang menyebabkan pemanjangan atau peregangan material, maupun tegangan tekan (*compressive stress*), yang

berusaha memampatkannya (Sakyanary, 2020). Dalam mekanika material, tegangan normal umumnya disimbolkan dengan σ dan timbul sebagai respons terhadap gaya eksternal yang bekerja tegak lurus terhadap permukaan benda (Popov, 1984). Konsep ini penting dalam analisis kekuatan material karena menentukan bagaimana suatu struktur atau komponen dapat menahan beban tanpa mengalami kegagalan. Tegangan normal dapat didefinisikan sebagai berikut.

$$\sigma = \frac{F}{A} \dots \dots \dots (2.8)$$

Batang tubular dengan luas penampang dan panjang mengalami pembebanan aksial akibat gaya tarik. Beban ini bekerja sepanjang sumbu batang, menyebabkan batang mengalami perubahan panjang. Gaya tarik tersebut meregangkan batang, menghasilkan deformasi yang bergantung pada sifat material, besarnya gaya, serta dimensi batang. Secara matematis, perubahan panjang yang terjadi dapat dihitung menggunakan hubungan antara tegangan, regangan, dan modulus elastisitas material. Perubahan panjang batang tubular ditulis menggunakan persamaan di bawah ini.

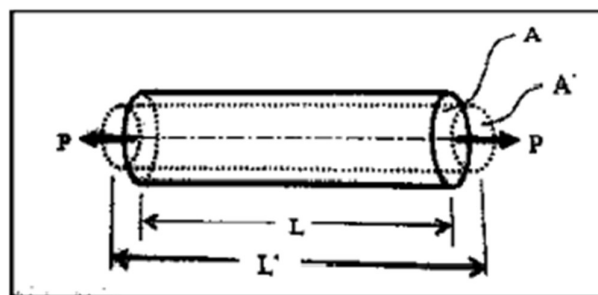
$$\Delta L = L' - L \dots \dots \dots (2.9)$$

Dimana:

ΔL = Pertambahan panjang (m)

L = Panjang awal batang (m)

L' = Panjang akhir batang (m)



Gambar 2. 7 Batang *Tubular* yang Terkena Beban Aksial (Gere dan Timoshenko, 2009)

Regangan aksial (ϵ) merupakan ukuran deformasi suatu batang akibat pembebanan aksial, yang didefinisikan sebagai perbandingan antara pertambahan panjang batang terhadap panjang awalnya. Regangan ini mencerminkan sejauh mana suatu material meregang atau memendek di bawah pengaruh gaya eksternal. Dalam analisis mekanika material, regangan aksial tidak memiliki satuan karena merupakan rasio antara dua besaran panjang. Nilai regangan yang

positif menunjukkan terjadinya pemanjangan akibat gaya tarik, sedangkan nilai negatif menunjukkan pemendekan akibat gaya tekan. Persamaan regangan aksial dituliskan dengan persamaan di bawah ini.

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} \dots \dots \dots (2. 10)$$

Ketika sebuah batang mengalami pertambahan panjang akibat pembebanan aksial, luas penampangnya juga mengalami penyusutan. Penyusutan ini menyebabkan jari-jari penampang batang tubular berkurang dari R menjadi R'. Fenomena ini disebut sebagai regangan radial (ε'), yang menggambarkan perubahan dimensi dalam arah tegak lurus terhadap sumbu batang. Regangan radial merupakan akibat langsung dari prinsip kekekalan volume pada material elastis, di mana peningkatan panjang sering kali diiringi dengan penyusutan penampang melintang. Secara matematis, regangan radial dapat dirumuskan sebagai perbandingan antara perubahan jari-jari terhadap jari-jari awal. Persamaan regangan radial dituliskan sebagai berikut.

$$\varepsilon' = \frac{R' - R}{R} \dots \dots \dots (2. 11)$$

Dimana:

ε' = Regangan radial (m)

R = Jari-jari awal (m)

R' = Jari-jari akhir (m)

Perbandingan antara regangan radial (ε') dan regangan aksial (ε) dikenal sebagai rasio Poisson (ν). Rasio ini menggambarkan bagaimana suatu material mengalami perubahan bentuk saat dikenai beban aksial, khususnya hubungan antara penyusutan lateral dan pemanjangan aksial. Nilai rasio Poisson merupakan parameter penting dalam mekanika material karena mencerminkan sifat elastis suatu bahan. Secara matematis, rasio Poisson dirumuskan sebagai:

$$\nu = \frac{\varepsilon'}{\varepsilon} \dots \dots \dots (2. 12)$$

Tanda negatif menunjukkan bahwa ketika suatu material mengalami regangan tarik dalam arah aksial (pemanjangan), maka terjadi penyusutan dalam arah lateral (radial), dan sebaliknya. Nilai rasio Poisson bervariasi tergantung pada jenis material, di mana sebagian besar material elastis memiliki nilai antara 0 dan 0,5. Rasio Poisson merupakan komponen yang penting dalam desain struktur dan analisis tegangan untuk memastikan bahwa perubahan bentuk material tetap dalam batas yang aman dan tidak menyebabkan kegagalan struktural.

2.2.7.4 Tegangan Geser

Tegangan geser (*shear stress*), disimbolkan dengan τ (tau), adalah tegangan yang timbul akibat adanya gaya yang bekerja sejajar dengan bidang suatu material (Popov, 1984). Berbeda dengan tegangan normal yang bekerja tegak lurus terhadap bidang, tegangan geser bekerja secara tangensial dan menyebabkan perubahan bentuk tanpa mengubah panjang sisi material dalam arah utama (x, y, atau z).

Dalam suatu elemen bahan, tegangan geser selalu disertai dengan regangan geser (*shear strain*), yang menunjukkan bagaimana material mengalami distorsi akibat gaya geser. Tegangan ini tidak memperpanjang atau memperpendek material secara langsung, melainkan mengubah bentuknya dengan menggeser lapisan-lapisan internal relatif terhadap satu sama lain. Fenomena ini umum terjadi pada berbagai struktur teknik, seperti sambungan baut, poros berputar, dan balok yang mengalami gaya transversal.

Secara matematis, tegangan geser dapat dinyatakan sebagai perbandingan antara gaya geser dengan luas bidang tempat gaya tersebut bekerja. Pemahaman tentang tegangan geser sangat penting dalam analisis kekuatan material dan desain struktur untuk memastikan komponen mampu menahan beban tanpa mengalami kegagalan akibat geseran. Persamaan tegangan geser dituliskan di bawah ini.

$$\tau = \frac{V}{A} \dots \dots \dots (2.13)$$

Dimana:

T = Tegangan geser (N/m²)

V = Gaya dengan arah sejajar bidang (N)

A = Luas penampang bidang (m²)

2.2.7.5 Tegangan *Equivalent* (Tegangan *Von Mises*)

Tegangan ekuivalen pada pipa merupakan hasil dari kombinasi dua jenis tegangan utama, yaitu tegangan melingkar (*hoop stress*) dan tegangan longitudinal (*longitudinal stress*) yang bekerja secara simultan pada dinding pipa (Bai & Yong, 2014). Tegangan ini digunakan untuk mengevaluasi respons mekanis pipa terhadap berbagai kondisi pembebanan, termasuk tekanan internal, gaya aksial, dan momen tekuk.

Hoop stress adalah tegangan yang bekerja dalam arah melingkar pipa akibat tekanan internal atau eksternal fluida, sedangkan *longitudinal stress* terjadi sepanjang sumbu pipa akibat beban aksial atau perubahan tekanan. Kombinasi dari kedua tegangan ini menghasilkan

tegangan ekuivalen, yang dapat dihitung menggunakan persamaan tertentu untuk menilai ketahanan material terhadap kegagalan. Berikut adalah persamaan dari tegangan *equivalent*.

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_h^2 + \sigma_l^2 - \sigma_h \sigma_l} \dots \dots \dots (2. 14)$$

Dimana:

σ_{eq} = *Equivalent stress* (kN/m²)

σ_1 = *Longitudinal stress* (kN/m²)

σ_h = *Hoop stress* (kN/m)

2.2.7.6 Allowable Stress Criteria

Berdasarkan DNVGL-ST-F101, untuk beban statis dan dinamis gabungan yang terdapat pada *sagbend*, terdapat kriteria tegangan yang diijinkan pada pipa yaitu,

$$\sigma_e < 0,87f_y \dots \dots \dots (2. 15)$$

Dengan keterangan σ_e adalah tegangan *Von Mises* dan f_y adalah *Specified Minimum Yield Strength*. SMYS adalah parameter mekanis yang memberikan jumlah tekanan yang diterapkan pada baja sebelum mulai berubah bentuk secara permanen (Sotoodeh, 2022).

2.2.7.7 Allowable Strain Criteria

Berdasarkan standar DNV OS-F101 pada *Section 13 Commentary (Informative) G 200 Coating*, analisis regangan pada pipa selama instalasi harus mempertimbangkan berbagai faktor pembebanan, terutama dalam kondisi statis. Pembebanan ini meliputi *bending*, gaya aksial, dan *roller loads*, yang dapat mempengaruhi deformasi pipa selama proses pemasangan. Namun, efek kekakuan (*stiffness*) pada *field joint* tidak diperhitungkan dalam perhitungan.

Dalam analisis regangan, terdapat kriteria tertentu yang harus dipenuhi sesuai dengan jenis pembebanan. Untuk beban statis, *strain* yang terjadi pada pipa harus memenuhi kriteria I, sedangkan untuk beban dinamis, strain harus sesuai dengan kriteria II. Selain itu, dalam daerah *overbend*, terdapat nilai batas regangan tertentu yang harus dipenuhi untuk memastikan keamanan dan keandalan pipa dalam menghadapi perubahan bentuk selama instalasi. Nilai-nilai spesifik mengenai batas regangan ini dapat ditemukan dalam Tabel 2.1

Tabel 2. 1 *Simplified Laying Criteria for Strain*

(Sumber: DNVGL-ST-F101)

Criterion	X70	X65	X60	X52
I	0.270%	0.250%	0.230%	0.205%

Criterion	X70	X65	X60	X52
II	0.325%	0.305%	0.290%	0.260%

2.2.7.8 **Mean Overbend Strain**

Berdasarkan standar DNV OS-F101 pada Section 13.7.3 *Simplified laying criteria* dijelaskan juga mengenai *mean overbend strain* yang dapat terjadi pada pipa saat proses instalasi. Di bawah ini adalah persamaan mengenai *mean overbend strain*.

$$\epsilon_{von\ mises} = -\frac{D}{2R} + \epsilon_{axial} \dots \dots \dots (2. 16)$$

Dimana:

$\epsilon_{von\ mises}$ = *Von mises strain*

D = *Pipeline outside diameter*

R = *Stringer radius*

ϵ_{axial} = *Axial strain contribution*

Nilai untuk *mean overbend strain* harus memenuhi persamaan di bawah ini,

$$\gamma_{cc} \epsilon_{mean} \geq \epsilon_{cc} \dots \dots \dots (2. 17)$$

Dimana:

γ_{cc} = 1.05 *safety factor for concrete crushing*

ϵ_{mean} = *Calculated mean overbend strain*

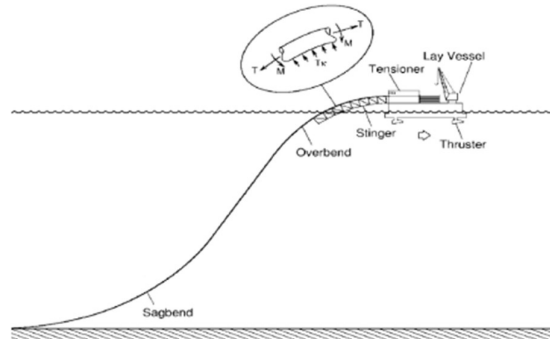
ϵ_{cc} = *Limit mean strain*

2.2.7.9 **Concrete Crushing**

Salah satu bentuk kegagalan yang dapat terjadi selama instalasi pipa berlapis beton (*concrete coated pipeline*) adalah *crushing*, yaitu kondisi di mana lapisan beton mengalami kerusakan akibat regangan yang melebihi batas ketahanan materialnya. Regangan yang sangat tinggi dapat menyebabkan *concrete crushing*, terutama ketika regangan total pada pipa melebihi 0,2% (DNVGL-ST-F101, 2017)

Fenomena *concrete crushing* sangat berkaitan dengan *mean overbend strain* yang terjadi selama instalasi, terutama pada daerah *overbend* dan *sagbend*. Pipa bawah laut mengalami kombinasi gaya bending dan gaya aksial selama proses pemasangan. *Crushing* cenderung

terjadi ketika *mean overbend strain* rendah, kekuatan beton dan gaya aksial kecil, tetapi pipa memiliki kekakuan tinggi serta *shear resistance* yang besar (Sanif, 2019).



Gambar 2. 8 Gaya pada Daerah *Sagbend* dan *Overbend* (Herdiyanti, 2013)

Berdasarkan Gambar 2.8, diketahui bahwa gaya tertinggi terdapat di daerah *overbend* dan *sagbend*, yang menjadi titik kritis dalam analisis ketahanan beton terhadap deformasi. Jika informasi mengenai kondisi spesifik tidak tersedia, maka asumsi umum yang digunakan adalah *concrete crushing* akan terjadi apabila regangan mencapai 0,2%, sebagaimana dinyatakan dalam DNVGL-ST-F101. Oleh karena itu, dalam desain dan instalasi *pipeline*, penting untuk memastikan bahwa regangan tetap dalam batas aman guna menghindari kerusakan pada lapisan beton yang dapat mengurangi umur layanan pipa dan meningkatkan risiko kegagalan struktural.

2.2.8 Local Buckling

Buckling adalah salah satu penyebab kegagalan suatu struktur. Oleh karena itu, setiap struktur atau batang harus melakukan pengecekan, apakah struktur atau batang tersebut berpotensi mengalami *buckling* baik secara lokal maupun global. Berdasarkan DNVGL-ST-F101 (2017), *local buckling* pada *pipe wall buckling* menyiratkan deformasi kasar pada penampang melintang. Kriteria-kriteria berikut yang harus dilakukan perhitungan mencakup:

- Keruntuhan sistem (hanya pada *external over pressure*)
- *Propogation buckling* (hanya pada *external over pressure*)
- Kriteria pembebanan gabungan, yaitu interaksi antara tekanan eksternal atau internal, gaya aksial, dan momen lentur.

Regangan plastis yang terakumulasi dalam jumlah besar juga dapat memperburuk *local buckling* dan harus diperhitungkan juga.

2.2.8.1 Pengecekan *Local Buckling*

Pengecekan *local buckling* dapat menggunakan standar *codes* DNVGL-ST-F101 dengan memperhatikan tegangan aksial, *bending moment*, dan *external overpressure*. *Local buckling* dicari membuat persamaan di bawah ini:

$$\left\{ \gamma_m \cdot \gamma_{SC} \cdot \left[\frac{M_{Sd}}{\alpha_c \cdot M_p} \right] + \gamma_m \cdot \gamma_{SC} \left[\frac{S_{Sd}}{\alpha_c \cdot S_p} \right]^2 \right\}^2 + \left\{ \gamma_m \cdot \gamma_{SC} \cdot \frac{p_i - p_e}{\alpha_c \cdot p_b} \right\}^2 \leq 1 \dots \dots \dots (2. 18)$$

Dimana:

M_{Sd} = *Bending moment* (kNm)

S_{Sd} = *Effective axial force* (kN)

P_i = *Internal pressure* (MPa)

P_e = *External pressure* (MPa)

P_b = *Bursting pressure* (MPa)

$S_p M_p$ = *Denote the plastic capacities for a pipe defined by :*

$$S_p(t) = f_y \cdot \pi \cdot (D - t) \cdot t \dots \dots \dots (2. 19)$$

$$M_p(t) = f_y \cdot (D - t)^2 \cdot t \dots \dots \dots (2. 20)$$

$$\alpha_c = (1 - \beta) + \beta \cdot \frac{f_u}{f_y} \dots \dots \dots (2. 21)$$

$$\gamma_p = \begin{cases} [1 - \beta] & \left[\frac{p_i - p_e}{p_b} < \frac{2}{3} \right] \\ \left[1 - 3\beta \left(1 - \frac{p_i - p_e}{p_b} \right) \right] & \left[\frac{p_i - p_e}{p_b} \geq \frac{2}{3} \right] \end{cases} \dots \dots \dots (2. 22)$$

$$\beta = \frac{60 - \frac{D}{t_2}}{90} \dots \dots \dots (2. 23)$$

2.2.8.2 *Unity Check*

Perhitungan *local buckling* di atas menghasilkan parameter berupa *unity check*. *Unity check* adalah parameter yang digunakan untuk membandingkan tegangan yang terjadi dengan tegangan ijinnya. *Unity check* disebut juga dengan rasio tegangan. Di bawah ini merupakan persamaan untuk mencari *unity check*.

$$UC = \frac{\sigma_{act}}{\sigma_{all}} \dots \dots \dots (2. 24)$$

Dimana:

σ_{act} = Tegangan yang terjadi (ksi)

σ_{all} = Tegangan yang diijinkan (ksi)

2.2.9 Analisis Kelelahan pada Pipa dengan Metode *Cummulative Damage*

2.2.9.1 Urgensi *Fatigue Analysis* Saat Proses Instalasi

Fokus penilaian integritas struktural secara tradisional berpusat pada umur operasional jangka panjang, di mana struktur harus menahan beban lingkungan dan operasional selama puluhan tahun. Namun, kerentanan kritis sering kali ada dalam periode yang jauh lebih pendek dan lebih intens: fase pemasangan. Fase sementara ini, yang mencakup kegiatan mulai dari pemuatan di galangan fabrikasi hingga pengamanan akhir di lokasi, membuat struktur mengalami rezim beban siklik yang unik dan parah yang dapat menghabiskan sebagian besar, dan seringkali tidak terhitung, dari umur kelelahan desainnya (Bounds et al., 2020).

Untuk kondisi instalasi, ditetapkannya batas kondisi laut pada tahap desain untuk mengantisipasi dinamika pipa akibat beban lingkungan, yang ditumpangkan pada beban statis, terkadang tidak memadai saat operasi berlangsung. Oleh karena itu, sering kali perlu dilakukan kuantifikasi kerusakan akumulatif akibat kelelahan material (*fatigue damage*) secara real time segera setelah kondisi laut tertentu terjadi, serta peramalan akumulasi kerusakan tersebut dalam beberapa hari mendatang. Hal ini menjadi penting karena jangka waktu penurunan rakitan pipa ke dasar laut berlangsung relatif lama (Bruschi et al., 2017).

Faktor lingkungan merupakan sumber utama dari beban dinamis yang menyebabkan tegangan siklik pada pipa. Gerakan kapal *barge* instalasi yang diakibatkan oleh ombak adalah penyebab dominan. Gerakan vertikal (*heave*), rotasi (*pitch and roll*) kapal secara langsung ditransfer ke pipa yang sedang dalam posisi menggantung (*suspended span*) antara kapal dan dasar laut. Gerakan ini menyebabkan pipa mengalami pembengkokan berulang-ulang, terutama di area *overbend* (lengkungan di atas stinger kapal) dan *sagbend* (lengkungan mendekati dasar laut). Setiap siklus ombak menghasilkan satu siklus tegangan pada pipa, dan akumulasi dari jutaan siklus ini selama periode instalasi dapat menginisiasi dan merambatkan retak kelelahan (Sadeghi, K., 2019).

Pada DNVGL-ST-F101 menyatakan bahwa pembagian masa kelelahan desain tiap fase harus disepekatkan sejak tahap awal proyek. Pembagian umum yang digunakan untuk fase instalasi, fase *as laid* dan fase operasi adalah 10%, 10% dan 80%. Namun, angka tersebut bisa disesuaikan menurut kebutuhan kapasitas kelelahan di masing-masing fase dengan kesepakatan bersama berbagai pihak yang berhubungan. Analisis kelelahan yang dilakukan untuk

menentukan berapa lama *barge holding time* yang diperbolehkan jika operasi pemasangan pipa harus dihentikan karena kondisi lingkungan atau untuk perbaikan apapun.

2.2.9.2 ***Barge Holding Time***

Proses instalasi pipa bawah laut sering kali menghadapi berbagai tantangan yang dapat menghambat kelancaran pekerjaan. Salah satu faktor utama yang dapat menyebabkan gangguan adalah kondisi cuaca buruk, terutama gelombang tinggi yang memaksa penghentian sementara aktivitas instalasi demi alasan keselamatan.

Selain faktor cuaca, kerusakan pada peralatan instalasi juga menjadi kendala yang signifikan. Peralatan penting seperti tensioner, alat las (*welding tools*), atau bahkan tenaga kerja pengelas (*welder*) bisa mengalami malfungsi, yang mengakibatkan proses pemasangan pipa harus dihentikan. Dalam kondisi ini, kapal pemasang (*barge*) harus berada dalam posisi siaga (*holding*), sementara pipa tetap menggantung dari kapal hingga mencapai dasar laut.

Dalam situasi seperti ini, terdapat dua opsi utama yang dapat dipertimbangkan:

1. Melakukan *abandon* pipa, yaitu meninggalkan pipa di lokasi dengan rencana pemulihan (*recovery*) di masa mendatang. Namun, opsi ini membutuhkan biaya yang lebih besar.
2. Menunggu hingga peralatan yang rusak diperbaiki, sehingga instalasi dapat dilanjutkan tanpa perlu meninggalkan pipa. Opsi ini lebih ekonomis, tetapi tetap memerlukan analisis teknis yang cermat untuk menentukan batas waktu maksimum kapal dalam kondisi *holding*. Hal ini bertujuan untuk mencegah pipa yang menggantung mengalami kelelahan material (*fatigue*) yang dapat menyebabkan keretakan (*crack*), sehingga berpotensi menimbulkan kegagalan struktur pipa.

Keputusan yang diambil dalam kondisi ini harus mempertimbangkan faktor teknis dan ekonomi, termasuk risiko terhadap integritas pipa serta efisiensi biaya dan waktu dalam penyelesaian proyek instalasi bawah laut (Ardiansyah, 2019).

Kelelahan dapat terjadi pada pipa yang diinstalasi dengan metode *Above Water Tie-In* pada saat proses *tie-in*, ketika dua pipa dilakukannya *welding*. Pada proses ini rentan terjadi kelelahan dikarenakan hanya beberapa titik saja yang menyangga pipa. Pipa diharuskan menggantung saat proses *tie-in* sehingga nilai *bending* yang terjadi lebih besar daripada proses lainnya. Karena proses *tie-in* membutuhkan waktu, maka diperlukannya analisis kelelahan untuk memastikan pipa aman dan tidak mengalami kelelahan.

2.2.9.3 Kurva S-N

Kurva S-N adalah karakteristik *fatigue* yang umum digunakan dari suatu bahan yang mengalami tegangan berulang dengan besar yang sama. Kurva tersebut diperoleh dari tes spesimen baja yang diberi beban berulang dengan jumlah N siklus sampai terjadi kegagalan. Besarnya N berbanding terbalik dengan rentang tegangan S (tegangan maksimum – tegangan minimum). Kurva ini menyediakan informasi karakteristik fatigue dengan amplitudo pembebanan konstan. Kurva S-N yang digunakan berdasarkan DNV RP C203, secara matematis persamaan kurva dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\log N = \log \bar{a} - m \log \Delta \sigma \dots \dots \dots (2.25)$$

$$\log \bar{a} = \log a - s_{\log N} \dots \dots \dots (2.26)$$

Dimana:

- N = Jumlah siklus pembebana dimana kegagalan material terjadi
- $\Delta \sigma$ = Rentang tegangan
- m = Kemiringan negatif dari kurva S-N
- $\log \bar{a}$ = *Intercept of log N-axis by S-N curve*
- $\log a$ = Perpotongan antara kurva S-N rata-rata dengan sumbu log N
- $s_{\log N}$ = Standar deviasi dari log N

Pada DNV-RP-C203 terdapat dua tipe Tabel Kurva S-N, yang pertama Tabel Kurva S-N untuk struktur yang berada di udara dan Tabel Kurva S-N untuk struktur yang berada di lingkungan air laut. Pada pengerjaan Tugas Akhir ini, penulis menggunakan Tabel Kurva S-N pada bab 2.45 *S-N curves in seawater with cathodic protection*. Di bawah ini merupakan gambar dan tabel untuk Kurva S-N dengan *cathodic protection*.

Tabel 2. 2 *S-N Curves in Seawater with Cothodic Protection (DNV-RP-C203)*

S-N curve	$N \leq 10^6$ cycles		$N > 10^6$ cycles	Fatigue limit at 10^7 cycles*)	Thickness exponent k	Stress concentration in the S-N detail as derived by the hot spot method
	m_1	$\log \bar{a}_1$	$\log \bar{a}_2$ $m_2 = 5.0$			
B1	4.0	14.917	17.146	106.97	0	
B2	4.0	14.685	16.856	93.59	0	
C	3.0	12.192	16.320	73.10	0.15	
C1	3.0	12.049	16.081	65.50	0.15	
C2	3.0	11.901	15.835	58.48	0.15	
D	3.0	11.764	15.606	52.63	0.20	1.00
E	3.0	11.610	15.350	46.78	0.20	1.13
F	3.0	11.455	15.091	41.52	0.25	1.27
F1	3.0	11.299	14.832	36.84	0.25	1.43
F3	3.0	11.146	14.576	32.75	0.25	1.61
G	3.0	10.998	14.330	29.24	0.25	1.80
W1	3.0	10.861	14.101	26.32	0.25	2.00
W2	3.0	10.707	13.845	23.39	0.25	2.25
W3	3.0	10.570	13.617	21.05	0.25	2.50
T	3.0	11.764	15.606	52.63	0.25 for SCF ≤ 10.0 0.30 for SCF > 10.0	1.00

*) see also 2.11

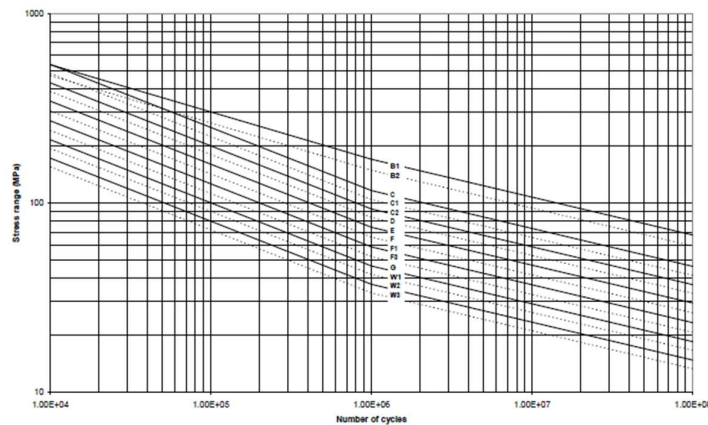


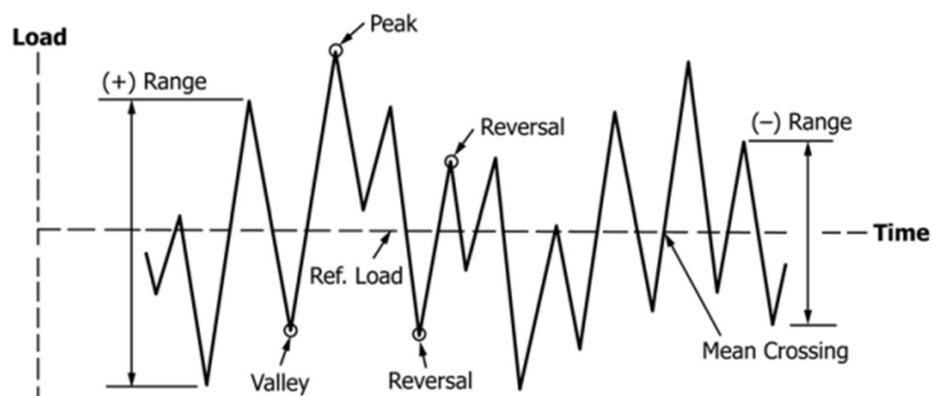
Figure 2-8
S-N curves in seawater with cathodic protection

Gambar 2. 9 *S-N Curves in Seawater with Cathodic Protection (DNV-RP-C203)*

2.2.9.4 Metode *Rainflow Counting*

Penghitungan siklus digunakan untuk menyederhanakan riwayat beban terhadap waktu yang bersifat tidak teratur dan sering kali panjang, dengan cara menghitung jumlah siklus yang terjadi dalam berbagai rentang ukuran. Dalam praktiknya, terdapat beberapa metode yang digunakan untuk melakukan penghitungan siklus, antara lain penghitungan lintas sebidang, penghitungan puncak, penghitungan rentang sederhana, penghitungan pasangan rentang, dan metode penghitungan aliran hujan.

Proses ini dapat diterapkan pada berbagai parameter pembebanan, seperti gaya, tegangan, regangan, torsi, percepatan, defleksi, maupun parameter lainnya sesuai kebutuhan. Pemilihan metode penghitungan siklus harus disesuaikan dengan modus kegagalan lelah yang ingin dianalisis. Misalnya, untuk kegagalan akibat tarik, yang dihitung adalah siklus lembah-puncak-lembah, sedangkan untuk kegagalan akibat tekan, yang relevan adalah siklus puncak-lembah-puncak (ASTM, 2011).



Gambar 2. 10 Deskripsi dan Profil Siklus Beban yang Terjadi (ASTM, 2011)

Pengertian pada gambar di atas adalah, *mean crossings* adalah jumlah waktu riwayat waktu beban melintasi level beban rata-rata dengan kemiringan positif (atau kemiringan negatif, atau keduanya, sebagaimana ditetapkan) selama durasi riwayat tertentu. *Cycle* merupakan pembebanan amplitudo konstan, variasi beban dari minimum ke maksimum dan kemudian ke beban minimum. *Range* adalah perbedaan aljabar antara beban lembah dan beban puncak berturut-turut (rentang positif atau rentang beban meningkat), atau antara beban puncak dan lembah berturut-turut (rentang negatif atau rentang beban menurun).

2.2.9.5 Aturan Palmgren-Miner

Perkiraan umur kelelahan suatu material dapat dihitung berdasarkan konsep kerusakan kumulatif, dengan mengasumsikan bahwa akumulasi kerusakan bersifat linear, sesuai dengan aturan Miner. Rentang tegangan yang mempengaruhi umur kelelahan bergantung pada hasil penghitungan siklus beban.

Sebagai panduan, ketika aturan Miner digunakan untuk memperkirakan kerusakan kumulatif dalam model linier, maka kerusakan kumulatif karakteristik (DC) dihitung menggunakan pendekatan tertentu. Berdasarkan hipotesis Palmgren-Miner, kegagalan pada suatu sambungan diperkirakan akan terjadi ketika indeks kerusakan (D) mendekati nilai 1.0, yang menandakan bahwa material telah mencapai batas daya tahannya.

$$D = \sum_{i=1}^m \frac{n_i}{N_i} = \frac{n_1}{N_1} + \frac{n_2}{N_2} + \frac{n_3}{N_3} + \dots + \frac{n_m}{N_m} \dots \dots \dots (2.27)$$

Dimana:

D = Rasio kerusakan

n_i = Jumlah siklus sentang tegangan dengan harga S_i (N/mm²) yang sebenarnya terjadi pada sambungan akibat beban eksternal (gelombang)

N_i = Jumlah siklus rentang tegangan dengan harga S_i yang menyebabkan kegagalan sambungan yang ditinjau

m = Jumlah pembagian grup rentang tegangan

Fatigue Damage yang diperhitungkan harus memenuhi kriteria yang diberikan DNVGL-ST-F101 di bawah ini:

$$D_{fat} \cdot DFF \leq 1.0 \dots \dots \dots (2.28)$$

Menurut standar DNVGL-ST-F101 Section 5 D809, umur kelelahan yang diperbolehkan dipengaruhi oleh faktor kelelahan (*Design Fatigue Factor/DFF*). Nilai DFF ini bergantung pada *Safety Class*, sebagaimana ditampilkan dalam Tabel 2.3 berikut:

Tabel 2. 3 Faktor Kelelahan Pipa yang Diizinkan

<i>Safety Class</i>	<i>Low</i>	<i>Medium</i>	<i>High</i>
DFF	3	6	10

Faktor kelelahan ini berfungsi sebagai koefisien keamanan dalam desain, yang berarti semakin tinggi tingkat keamanan yang dibutuhkan, semakin besar faktor yang diterapkan.

2.2.9.6 Perhitungan Umur Kelelahan Pipa

Untuk menentukan umur kelelahan pipa, dapat digunakan persamaan berikut:

$$FL = \frac{DL}{D_{fat} \times DFF} \dots \dots \dots (2. 29)$$

Dimana:

DL = *Design life*

FL = *Fatigue life*

D_{fat} = *Damage* yang terjadi

DFF = *Design Fatigue Factor*

Selain itu, dalam Section 5 D811, dinyatakan bahwa umur desain yang diizinkan untuk fase instalasi adalah 10% dari umur desain keseluruhan. Umur desain yang dimaksudkan disini sama dengan umur kelelahan pipa saat instalasi atau bisa disebutkan juga dengan *maximum holding time*. Dengan mempertimbangkan faktor ini, persamaan *maximum holding time* dapat dimodifikasi sebagai berikut:

$$Maximum Holding Time = \frac{DL \times 10\%}{D_{fat} \times DFF} \dots \dots \dots (2. 30)$$

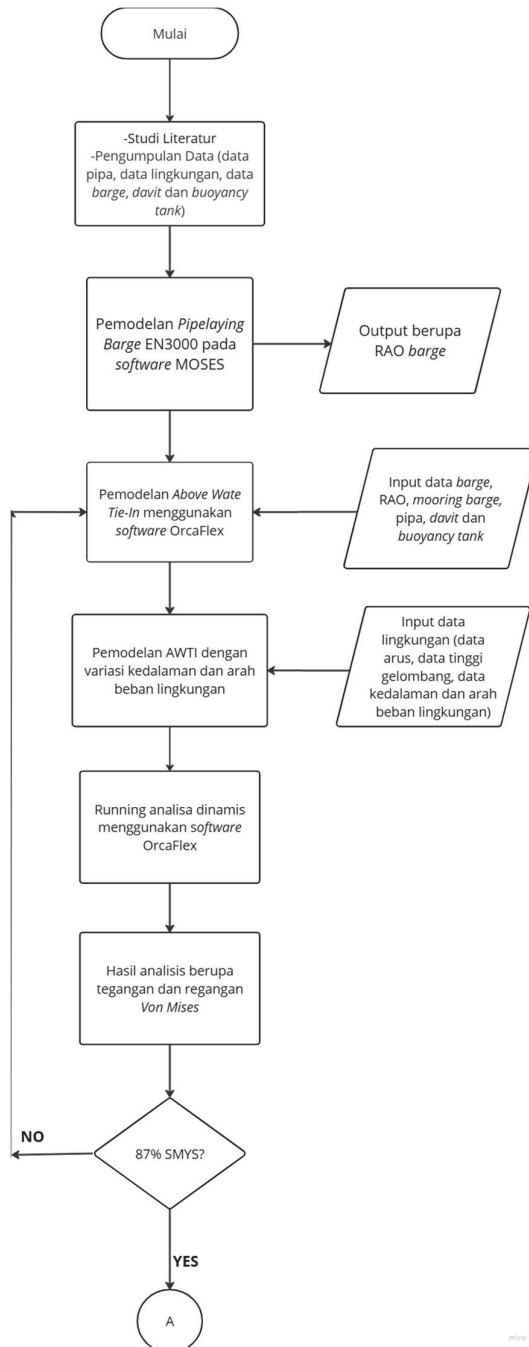
Persamaan ini menunjukkan bahwa umur kelelahan selama instalasi dipengaruhi oleh umur desain awal, faktor kelelahan, serta tingkat kerusakan akibat beban siklus selama proses instalasi.

BAB III

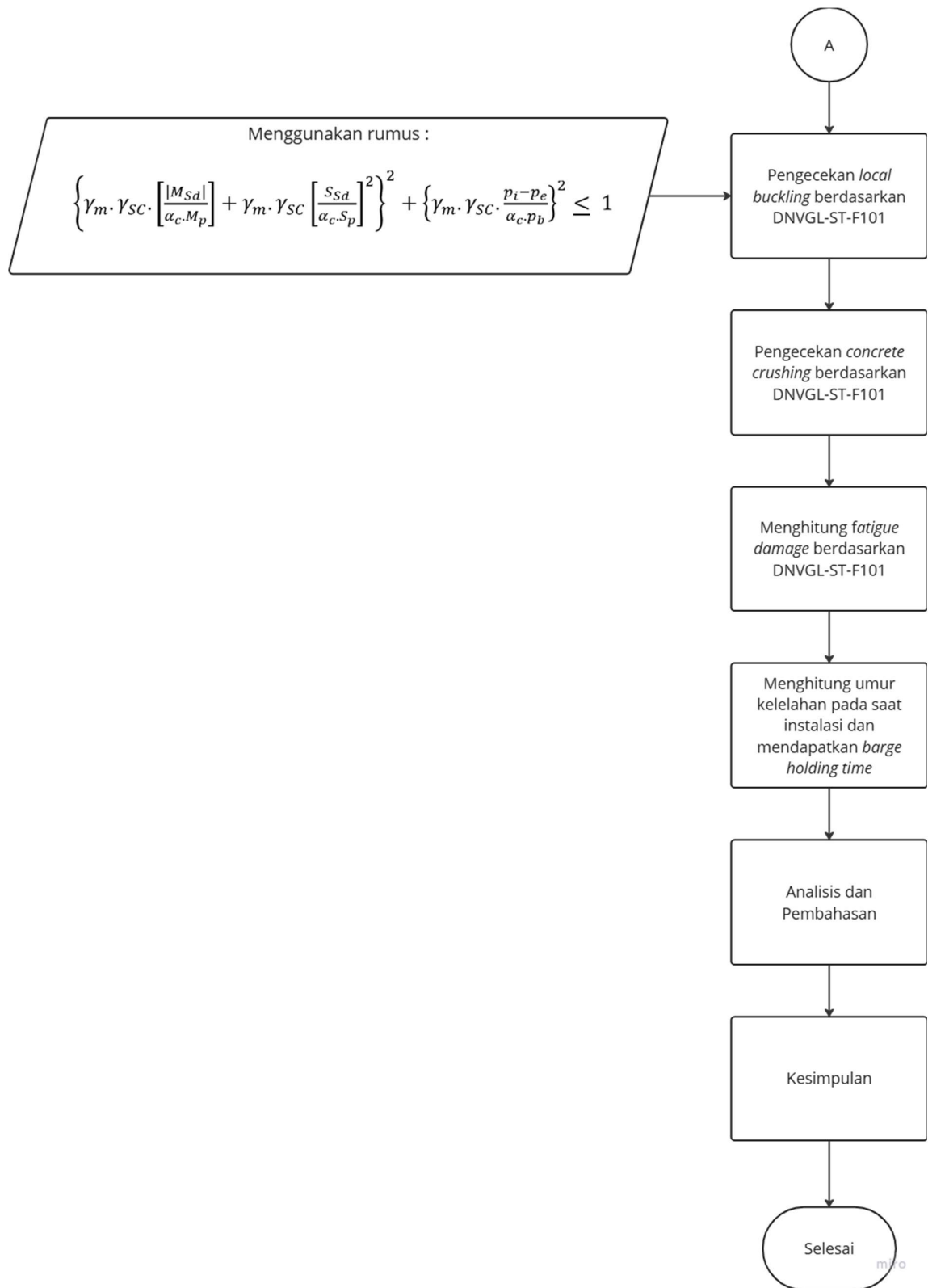
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Berikut merupakan diagram alir pengerjaan dari Tugas Akhir yang dikerjakan penulis.



Gambar 3. 1 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir



Gambar 3. 2 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir (lanjutan)

3.2 Prosedur Penelitian

Berdasarkan diagram alir di atas, adapun prosedur penelitian dan langkah-langkah yang akan dijelaskan di bawah ini:

1. Studi Literatur dan Pengumpulan Data

Melakukan studi literatur terkait topik *Above Water Tie-In* dan *fatigue* pada pipa. Lalu dilakukan pengumpulan data pipa, data *coating*, data lingkungan, data gelombang, data *mooring barge* dan data *barge*. Berikut adalah data-data yang digunakan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini:

Tabel 3. 1 Data Pipa (PT. XYZ)

Parameter	Units	Value
<i>Outside Diameter</i>	in	20
<i>Pipe Wall Thickness</i>	in	0.5 (note 1)
<i>Material</i>	-	API 5L Grade X52
SMYS	MPa	358.5
SMTS	Mpa	455.1
<i>Young Modulus</i>	MPa	2.07×10^5
<i>Poison Rotio</i>	-	0.3
<i>Density</i>	Kg/m ³	7850
<i>In Air Pipe Weight</i>	Kg/m ³	527.76
<i>Submerged Pipe Weight</i>	Kg/m ³	163.928
Notes: 1. The pipeline wall thickness of 12.7 mm (0.5 in) is adopted for pipeline weighting and stiffness calculation while wall thickness of 11.7 mm (0.461 in) is adopted for pipeline stress and DNV verification for existing pipeline as conservative approach		

Tabel 3. 2 Data Coating Pipa (PT. XYZ)

Parameter		Units	Value
Pipeline Corrosion Coating	<i>Coating Material</i>	-	Ashpalt Enamel (AE)
	<i>Thickness</i>	mm	4
	<i>Density</i>	Kg/m ³	1400
	<i>Cut Back Length</i>	mm	150
Pipeline Concrete Weight Coating	<i>Thickness</i>	mm	76
	<i>Density</i>	Kg/m ³	2640 (note 1)
	<i>Cut Back Length</i>	mm	300 (note 2)

Notes:

1. The concrete coating water absorption of 5% was adopted in the analysis for conservative approach.

2. The concrete coating and concrete coating cut back length are assumed based on engineering practice.

Tabel 3. 3 Data Kedalaman Lokasi (PT. XYZ)

Deskripsi	Unit	Value
<i>Water Depth</i>	m	23

Tabel 3. 4 Data Gelombang dan Arus pada Lokasi (PT. XYZ)

<i>Return Period (Years)</i>	<i>Significat Wave Height</i>	<i>Peak Period</i>	<i>Current Speed</i>
	(m)	(s)	(m/s)
1	0.60	6.28	Surface: 1.51 50% WD: 0.642 80% WD: 0.339

Tabel 3. 5 Data *Barge* (PT. XYZ)

Parameter	Deskripsi	Unit
LOA	169	m
B	46	m
H	13.5	m
T	8.6	m

Tabel 3. 6 Data *Mooring Chain* (PT. XYZ)

<i>Mooring Type</i>	Chain	
Jumlah Line	4	
Diameter	44	mm
Length	110	mm
<i>Minimum Breaking Load</i>	1080	Kn

2. Pemodelan *pipelaying barge* EN3000 pada *software* MOSES

Memodelkan *pipelaying barge* EN3000 pada *software* MOSES dan dilakukannya analisis hidrodinamis. Didapatkannya RAO pada 8 arah pembebanan lingkungan yang selanjutnya RAO tersebut akan diinputkan ke *software* OrcaFlex.

3. Pemodelan *Above Water Tie-In* menggunakan *software* OrcaFlex

Kemudian menginput model *barge* dan RAO ke *software* OrcaFlex beserta dengan data pipa, data *mooring*, *davit Lifting* dan *buoyancy tank*. Selanjutnya melakukan pemodelan *Above Water Tie-In* menggunakan *davit Lifting* sebanyak 6 buah.

4. Pemodelan AWTI dengan variasi kedalaman dan arah beban lingkungan

Langkah selanjutnya adalah menginput data lingkungan berupa data kedalaman, data gelombang, data kecepatan arus dan data arah datang beban lingkungan. Penulis membuat variasi kedalaman menjadi 3, yang pertama saat kondisi instalasi sedalam 23 meter, kondisi keadaan pasang sedalam 24,467 meter dan kondisi surut sedalam 21,601 meter. Penulis juga memvariasikan arah datang beban lingkungan pada sudut 0° (utara), 90° (timur), 180° (selatan) dan 270° (barat).

5. Analisa dinamis menggunakan *software* OrcaFlex

Selanjutnya dilakukan *running* analisa dinamis untuk proses *Lifting* dan *Lowering-Shifting* dengan *time domain*.

6. Hasil analisa berupa tegangan dan regangan *Von Mises*

Setelah dilakukannya analisa dinamis, didapatkan grafik tegangan dan regangan berupa *Von Mises*. Dilakukan pengecekan apakah hasil tegangan dan regangan tidak melebihi 87% SMYS. Ketika ditemukannya tegangan yang melebihi *allowablenya*, maka akan ditambahkan *buoyancy tank* untuk mengurangi nilai tegangan *Von Mises*. Nilai regangan yang didapatkan tidak boleh melebihi 0.2%.

7. Pengecekan *local buckling* berdasarkan DNVGL-ST-F101

Setelah didapaknya tegangan dan regangan yang memenuhi, kemudian dilakukan pengecekan *local buckling* mengacu pada *codes* DNVGL-ST-F101.

8. Pengecekan *concrete crushing* berdasarkan DNVGL-ST-F101

Selanjutnya penulis melakukan pengecekan *concrete crushing* berdasarkan *codes* DNV OS F-101. Pengecekan ini menggunakan nilai regangan yang terjadi dikalikan dengan *safety factor for concrete crushing* sebesar 1.05 dan nilai yang didapatkan tidak boleh melebihi dari 0,2%

9. Analisa *fatigue damage* berdasarkan DNVGL-ST-F101

Mendapatkan *output* berupa *stress range* dan *cycle stress range* pada *software* OrcaFlex, hasil yang didapat di olah pada Microsoft Excel menggunakan aturan Palmgren Miner sehingga mendapatkan nilai *fatigue damage*. Nilai *fatigue damage* yang didapatkan dikalikan dengan DFF, selama nilainya tidak melebihi satu, maka pipa dalam batas aman.

10. Menghitung *holding time* dan mendapatkan umur kelelahan pada saat instalasi

Fatigue damage yang didapatkan digunakan untuk menghitung umur kelelahan dan mengkalikan dengan 0.1 (10%) sesuai dengan standar DNVGL-ST-F101 untuk umur kelelahan saat instalasi.

11. Analisis dan Pembahasan

Pada tahap ini, penulis akan melampirkan dan membahas semua hasil analisis yang telah dilakukan, dimulai dari analisis tegangan, regangan, *local buckling check*, *concrete crushing check* hingga analisis kelelahan.

12. Kesimpulan

Setelah melakukan berbagai tahapan analisis di atas, langkah yang dilakukan adalah menyusun kesimpulan serta saran yang dapat digunakan untuk penelitian selanjutnya

3.3 Jadwal Pengerjaan Penelitian

Berikut merupakan Jadwal Pengerjaan Penelitian tugas akhir.

Tabel 3. 7 Jadwal Pengerjaan Penelitian

No	Kegiatan	BULAN KE-																							
		FEBRUARI				MARET				APRIL				MEI				JUNI				JULI			
		W 1	W 2	W 3	W 4	W 5	W 6	W 7	W 8	W 9	W1 0	W1 1	W1 2	W1 3	W1 4	W1 5	W1 6	W1 7	W1 8	W1 9	W2 0	W2 1	W2 2	W2 3	W2 4
1	Studi Literatur dan Pengumpulan Data																								
2	Sidang P1																								
3	Pemodelan Above Water Tie-In																								
4	Analisis Statis dan Dinamis																								
5	Validasi Tegangan, Regangan dan Local Buckling																								
6	Perhitungan Concrete Crushing																								
7	Sidang P2																								

No	Kegiatan	BULAN KE-																							
		FEBRUARI				MARET				APRIL				MEI				JUNI				JULI			
		W 1	W 2	W 3	W 4	W 5	W 6	W 7	W 8	W 9	W1 0	W1 1	W1 2	W1 3	W1 4	W1 5	W1 6	W1 7	W1 8	W1 9	W2 0	W2 1	W2 2	W2 3	W2 4
8	Analisis <i>Fatigue Damage</i> berdasarkan DNVGL-ST-F101																								
9	Menghitung Kelelahan pada Pipa																								
10	Hasil dan Kesimpulan																								
11	Sidang P3																								
12	Pembuatan Laporan Tugas Akhir																								

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

Pada BAB 4 ini, akan dibahas mengenai hasil pengerjaan penelitian yang telah dilakukan. Pembagian studi kasus akan dibagi berdasarkan tabel di bawah ini.

Tabel 4. 1 Pembagian *Case*

<i>Case 1</i>	Tahap <i>Lifting</i> dengan Kedalaman 23 meter
<i>Case 2</i>	Tahap <i>Lifting</i> dengan Kedalaman 24.467 meter
<i>Case 3</i>	Tahap <i>Lifting</i> dengan Kedalaman 21.601 meter
<i>Case 4</i>	Tahap <i>Lowering-Shifting</i> dengan Kedalaman 23 meter, Kondisi Pipa Kosong
<i>Case 5</i>	Tahap <i>Lowering-Shifting</i> dengan Kedalaman 24.467 meter, Kondisi Pipa Kosong
<i>Case 6</i>	Tahap <i>Lowering-Shifting</i> dengan Kedalaman 21.601 meter, Kondisi Pipa Kosong
<i>Case 7</i>	Tahap <i>Lowering-Shifting</i> dengan Kedalaman 23 meter, Kondisi Pipa Flooded
<i>Case 8</i>	Tahap <i>Lowering-Shifting</i> dengan Kedalaman 24.467 meter, Kondisi Pipa Flooded
<i>Case 9</i>	Tahap <i>Lowering-Shifting</i> dengan Kedalaman 21.601 meter, Kondisi Pipa Flooded

Pembahasan akan dimulai dengan pemodelan *pipe laying barge* pada OrcaFlex dan menganalisis respon gerakannya dalam kondisi terapung bebas yang akan ditampilkan dalam bentuk grafik *Response Amplitude Operator* pada *software* OrcaFlex.

4.1 Perhitungan Variasi Kedalaman

Perhitungan variasi kedalaman berdasarkan data pasang surut yang telah diperoleh dari perusahaan, seperti pada tabel di bawah ini.

Tabel 4. 2 Data Pasang Surut (Sumber: PT. XYZ)

Deskripsi	Unit	<i>Value</i>
Highest Astronomical Tide (HAT)	m	1.467
Mean High Water Spring (MHWS)	m	1.274
Mean High Water Level (MHWL)	m	0.708
Mean Sea Level (MSL)	m	0
Mean Low Water Level (MLWL)	m	-0.725
Mean Low Water Spring (MLWS)	m	-1.136
Lowest Astronomical Tide (LAT)	m	-1.399

Setelah didapatkan data seperti pada Tabel 4.2 untuk mengetahui kedalaman pada saat kondisi pasang dilakukan perhitungan dengan

$$\text{water depth} + \text{HAT} = \text{kedalaman kondisi pasang}$$

$$23 + 1.467 = 24.467$$

Sedangkan untuk mendapatkan data kedalaman saat kondisi surut dilakukan perhitungan seperti di bawah ini.

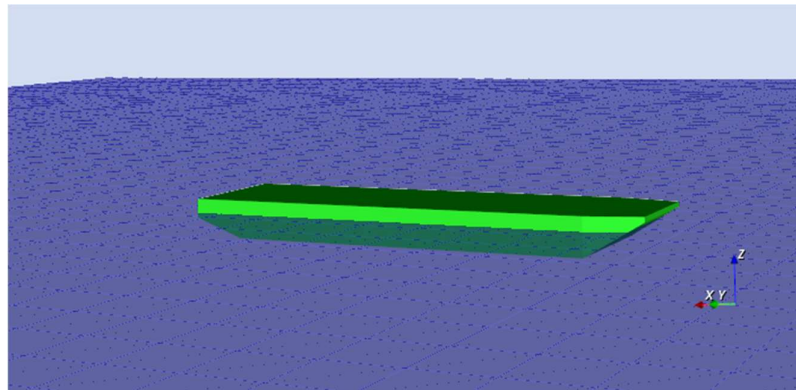
$$\text{water depth} + \text{LAT} = \text{kedalaman kondisi surut}$$

$$23 + (-1.399) = 21.601$$

Sehingga untuk kondisi pasang didapatkan nilai sedalam 24.467 meter dan kondisi surut didapatkan sedalam 21.601 meter. Dua kondisi tersebut beserta dengan kondisi *water design* (seperti pada Tabel 3.3) yang digunakan pada analisis Tugas Akhir ini.

4.2 Pemodelan *Pipelaying Barge* pada *Software* MOSES

Dimodelkan data *barge* seperti pada Tabel 3.5 ke dalam *software* MOSES. Berikut merupakan hasil output *software* MOSES yang dihasilkan.

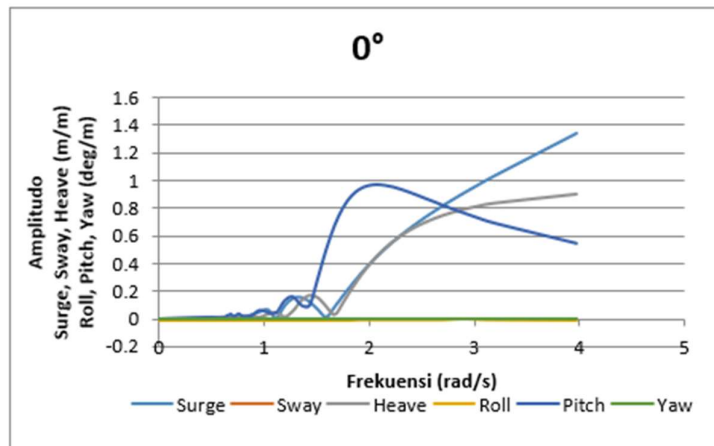


Gambar 4. 1 *Pipelaying Barge* EN3000 pada MOSES

Setelah didapatkan *barge* yang sesuai dengan data, langkah selanjutnya adalah dilakukannya analisis hidrodinamis berupa RAO *barge*.

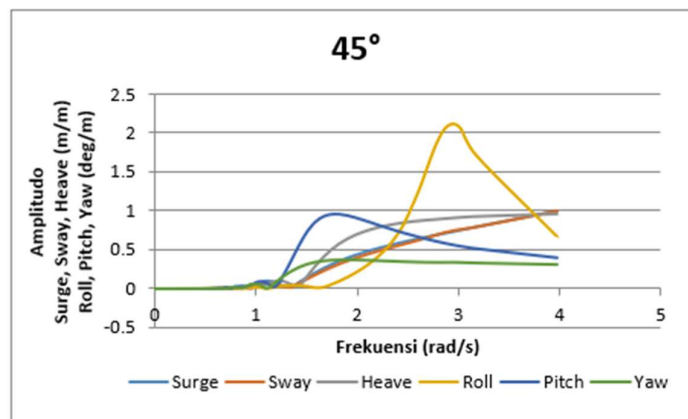
4.3 Analisis Respons Gerakan *Pipelaying Barge*

Setelah *barge* dimodelkan, didapatkan grafik hasil *Respons Amplitude Operator* pada *heading* 0° hingga *heading* 350° dengan interval 45° seperti pada hasil di bawah ini.



Gambar 4. 2 Grafik RAO pada *Heading* 0°

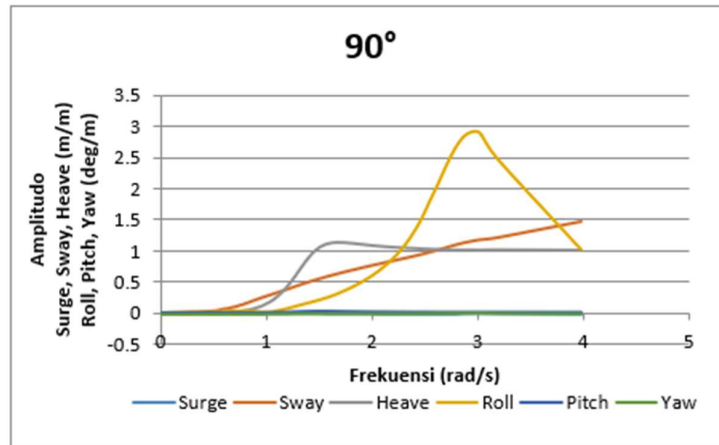
Diketahui pada Gambar 4.2, respon terbesar pada arah pembebanan 0° adalah pada gerakan *surge* sebesar 1,338 m/m pada frekuensi 3,97 rad/s. Kemudian pada gerakan *pitch* sebesar 0,971 deg/m pada frekuensi 2,06 rad/s. Lalu gerakan *heave* dengan amplitudo sebesar 0,906 m/m pada frekuensi 3,97 rad/s. Gerakan *roll* dengan amplitudo terbesar 0,003 deg/m pada frekuensi 2,86 rad/s. Sedangkan pada gerakan *sway* dan *yaw* hampir tidak terjadi pergerakan dengan rata-rata nilai amplitudo sebesar 0 deg/m.



Gambar 4. 3 Grafik RAO pada *Heading* 45°

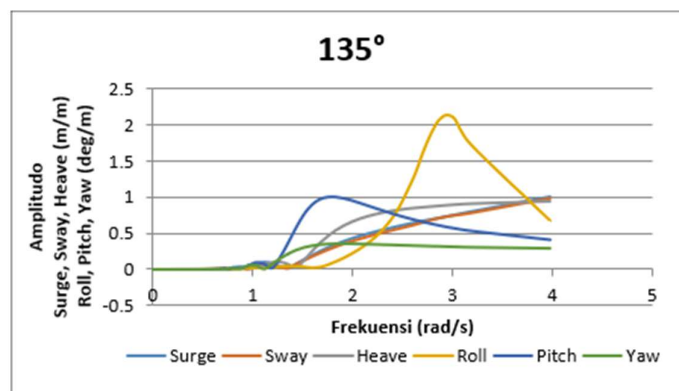
Diketahui pada gambar 4.3, respon gerakan terbesar pada gerakan *roll* yakni sebesar 2,114 deg/m pada frekuensi 2,94 rad/s. Lalu gerakan terbesar selanjutnya adalah *surge* dengan amplitudo sebesar 0,996 m/m pada frekuensi 3,97 rad/s. Kemudian ada gerakan *sway* dengan amplitudo sebesar 0,994 m/m pada frekuensi 3,97 rads. Gerakan *pitch* dengan nilai amplitudo sebesar 0,955 deg/m pada frekuensi 1,83 rad/s. Gerakan *heave* dengan amplitudo sebesar 0,953

m/m pada frekuensi 3,97 rad/s. Dan yang terakhir, gerakan *yaw* dengan nilai amplitudo sebesar 0,364 deg/m pada frekuensi 1,9 rad/s.



Gambar 4. 4 Grafik RAO pada *Heading* 90°

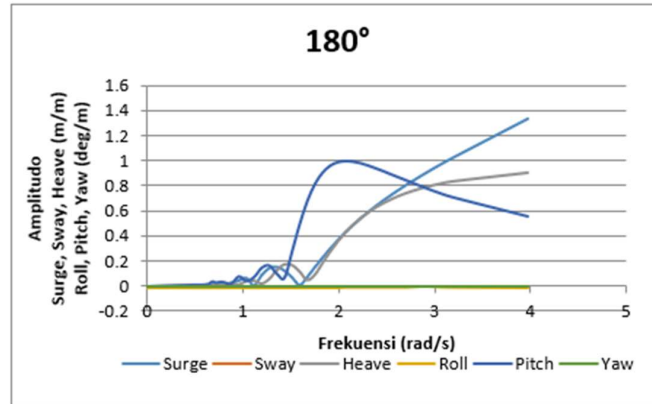
Nilai RAO pada *heading* 90° seperti pada Gambar 4.7, gerakan *roll* memiliki nilai terbesar yakni 2,911 deg/m pada frekuensi 2,9 rad/s. Lalu nilai terbesar kedua adalah gerakan *sway* sebesar 1,466 m/m pada frekuensi 3,9 rad/s. Selanjutnya yakni gerakan *heave* dengan nilai sebesar 1,125 m/m di frekuensi 1,6 rad/s. Nilai terbesar untuk gerakan *pitch*, *yaw* dan *surge* berada di bawah 1, dengan detail nilai masing-masing secara berturut-turut sebesar 0,031 deg/m, 0,013 deg/m dan 0,002 m/m.



Gambar 4. 5 Grafik RAO pada *Heading* 135°

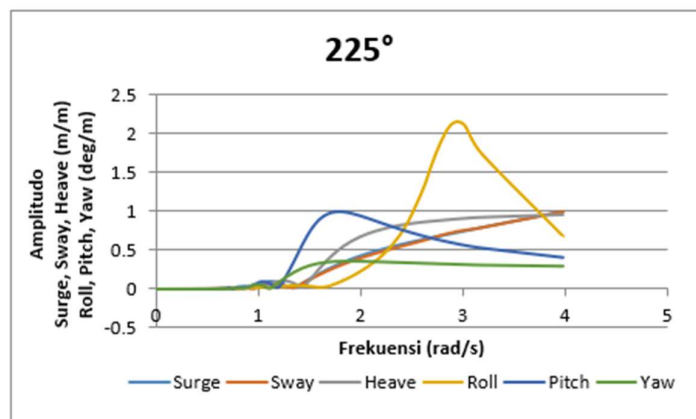
Pada Gambar 4.5, nilai RAO terbesar di *heading* 135° terdapat pada gerakan *roll* sebesar 2,147 deg/m pada frekuensi 2,9 rad/s yang kemudian menurun secara drastis hingga menjadi 0,678 deg/m. Untuk kelima nilai amplitudo terbesar pada gerakan lainnya berada dibawah angka satu, gerakan *surge* memiliki amplitudo terbesar dengan nilai 0,996 m/m. Gerakan *sway* memiliki amplitudo terbesar dengan nilai 0,992 m/m. Gerakan *heave* memiliki amplitudo

terbesar dengan nilai 0,952 m/m. Gerakan *pitch* memiliki amplitudo terbesar dengan nilai 0,99 deg/m dan terus menurun hingga sebesar 0,405 deg/m. Gerakan *yaw* memiliki amplitudo terbesar dengan nilai 0,359 deg/m dan menurun secara halus sampai dengan nilai 0,294 deg/m.



Gambar 4. 6 Grafik RAO pada *Heading* 180°

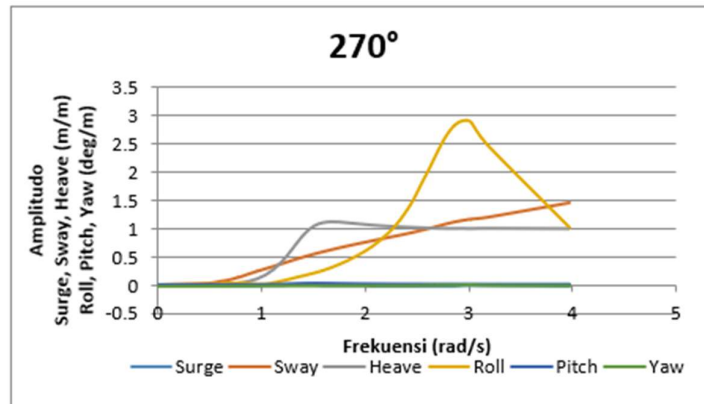
Diketahui pada Gambar 4.6, respon gerakan translational terbesar pada arah pembebanan 180° adalah pada gerakan *surge* sebesar 1,334 m/m pada frekuensi 3,97 rad/s. Lalu pada gerakan *heave* sebesar 0,903 m/m pada frekuensi 3,97 rad/s. Sedangkan pada gerakan *sway* hampir tidak terjadi pergerakan dan rata-rata nilai amplitudonya sebesar 0 deg/m. Pada gerakan rotasional, nilai terbesar didapatkan oleh gerakan *pitch* sebesar 1 deg/m pada frekuensi 2,06 rad/s dan mengalami penurunan sampai pada nilai 0,559 deg/m pada frekuensi 3,98 rad/s. Lalu pada gerakan *roll* sebesar 0,003 deg/m pada frekuensi 2,86 rad/s dan pada gerakan *yaw* hampir tidak terjadi pergerakan dan rata-rata nilai amplitudonya sebesar 0 deg/m.



Gambar 4. 7 Grafik RAO pada *Heading* 225°

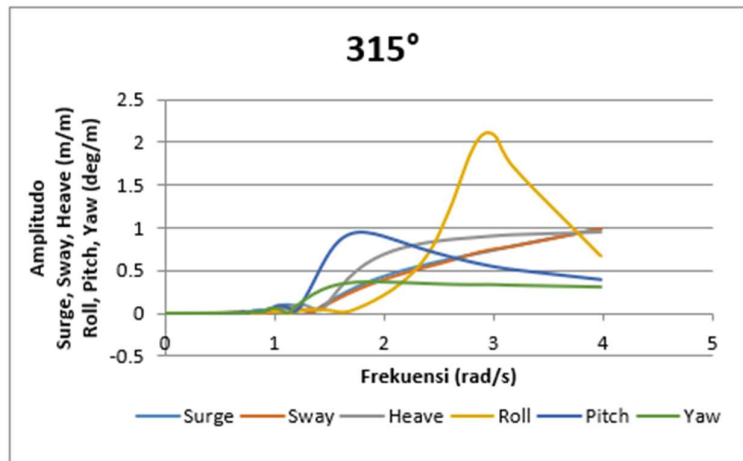
Pada **Gambar 4.7** dapat diketahui bahwa nilai terbesar pada gerakan rotasional berada pada gerakan *roll* sebesar 2,148 deg/m pada frekuensi 2,94 rad/s yang kemudian menurun

secara drastis hingga bernilai 0,678 deg/m. Nilai terbesar kedua pada gerakan *pitch* dengan nilai 0,99 deg/m pada frekuensi 1,8 rad/s yang kemudian menurun secara perlahan hingga nilainya menjadi 0,405 deg/m. Dan terakhir adalah gerakan *yaw* dengan nilai 0,359 deg/m pada frekuensi 1,9 rad/s. Sedangkan pada gerakan translational, semua nilainya berada di bawah 1, dengan gerakan *surge* sebesar 0,996 m/m. Gerakan *sway* sebesar 0,992 m/m. Dan gerakan *heave* sebesar 0,952 m/m.



Gambar 4. 8 Grafik RAO pada *Heading* 270°

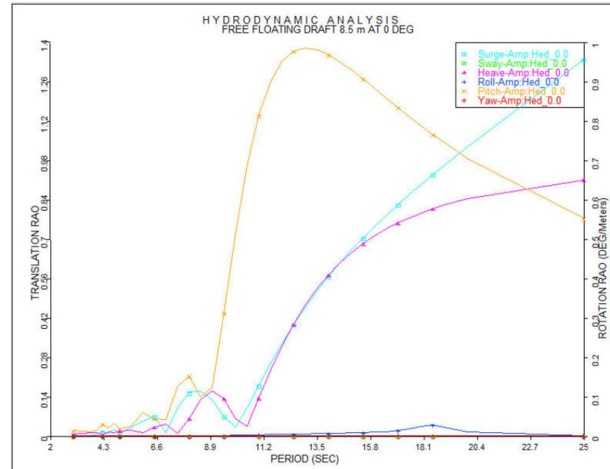
Nilai RAO yang didapatkan dari *heading* 270° seperti pada gambar 4.8. Untuk gerakan translational terbesar pada gerakan *sway* dengan nilai sebesar 1,466 m/m pada frekuensi 3,97 rad/s. Nilai *sway* naik perlahan hingga menghasilkan nilai tertingginya. Kemudian untuk gerakan *heave* dengan nilai 1,124 m/m pada frekuensi 1,6 rad/s yang kemudian menurun secara perlahan hingga mencapai nilai 1,001 m/m. Nilai terkecil untuk gerakan translational terdapat pada gerakan *surge* dibawah angka 1 dengan nilai sebesar 0,002 m/m pada frekuensi 1,2 rad/s hingga 1,5 rad/s. Untuk gerakan rotasional terbesar terdapat pada gerakan *roll* dengan nilai amplitudo sebesar 2,911 deg/m pada frekuensi 2,9 rad/s yang kemudian menurun secara drastis hingga mencapai nilai 1,015 deg/m. Untuk nilai gerakan rotasional pada gerakan lainnya berada pada angka di bawah 1. Gerakan *pitch* berada pada angka 0,031 deg/m dan gerakan *yaw* terdapat pada angka 0,013 deg/m.



Gambar 4. 9 Grafik RAO pada *Heading* 315°

Gambar di atas merupakan grafik dari nilai RAO pada *heading* 315°. Untuk gerakan translational, amplitudo maksimum dari ketiga gerakannya berada dibawah 1 dan ketiga gerakan tersebut meningkat secara perlahan. Gerakan *surge* dengan amplitudo terbesarnya senilai 0,996 m/m pada frekuensi 3,9 rad/s. Gerakan *sway* dengan amplitudo terbesarnya senilai 0,994 m/m pada frekuensi 3,9 rad/s. Dan gerakan *heave* dengan amplitudo terbesarnya senilai 0,953 m/m pada frekuensi 3,9 rad/s. Untuk gerakan rotasionalnya, nilai amplitudo maksimum gerakan *roll* berada di atas angka 1 dan nilai amplitudo maksimum gerakan *pitch* dan *yaw* berada di bawah 1. Gerakan *roll* dengan nilai amplitudo maksimumnya di angka 2,113 deg/m pada frekuensi 2,9 rad/s yang kemudian menurun secara drastis hingga bernilai 0,667 deg/m. Pada gerakan *pitch*, nilai amplitudo maksimumnya sebesar 0,955 deg/m pada frekuensi 1,8 rad/s yang kemudian menurun secara perlahan hingga bernilai 0,397 deg/m. Dan pada gerakan *yaw*, nilai amplitudo maksimumnya bernilai 0,364 deg/m pada frekuensi 1,9 rad/s dan kemudian menurun secara perlahan hingga bernilai 0,304 deg/m.

Setelah didapatkan semua hasil RAO untuk 8 arah beban lingkungan, dilakukannya validasi untuk mengecek apakah hasil yang telah dikerjakan sudah benar. Hasil yang telah dikerjakan dibandingkan dengan data RAO dari Perusahaan. Berikut adalah hasil RAO dari Perusahaan untuk arah pembebanan 0°.



Gambar 4. 10 Grafik RAO Arah Pembebanan 0° Milik Perusahaan PT. XYZ

Dari data yang telah didapatkan, kemudian membandingkan dengan hasil pengerjaan manual dan disimpulkan bahwa *output* RAO sama-sama memiliki titik puncak sebesar 1,338 m/m di frekuensi 3,97 rad/s pada gerakan *surge*. Untuk 7 arah pembebanan lainnya akan dilampirkan dalam Lampiran.

4.4 Analisis Proses *Above Water Tie-In* Menggunakan *Software OrcaFlex*

Setelah memodelkan *barge* dan memperoleh nilai RAO pada *software* MOSES, langkah selanjutnya adalah menginputkan data pipa, data lingkungan, data sistem tambat, data *davit Lifting* dan *buoyancy tank* ke dalam *software* OrcaFlex untuk dimodelkannya proses *Above Water Tie-In*. Tabel di bawah ini merupakan tabel peletakkan tali tambat yang digunakan dalam Tugas Akhir ini.

Tabel 4. 3 Peletakkan Tali Tambat pada *Software* OrcaFlex

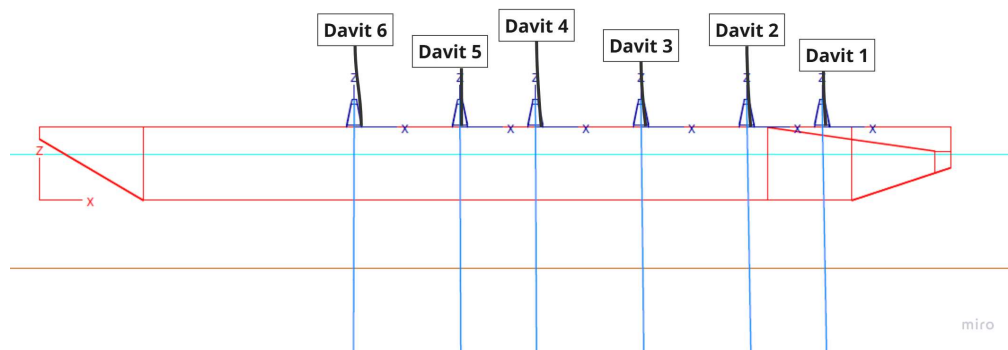
Mooring Line	Position (m)					
	X		Y		Z	
	EN 3000	Anchored	EN 3000	Anchored	EN 3000	Anchored
Bow Starboard	4.39	-40.195	22.223	92.934	13.585	-0.309
Stern Starboard	160.946	231.657	22.605	93.316	12.634	1.41
Stern Portside	161.216	221.927	-21.709	-92.42	12.551	0.125
Bow Portside	4.298	-66.413	-22.551	-93.262	13.785	0.113

Setelah memodelkan tali tambat, langkah selanjutnya adalah memodelkan *davit lifting*. Pada penelitian kali ini digunakan 6 *davit lifting* dengan diposisikan seperti pada tabel di bawah ini.

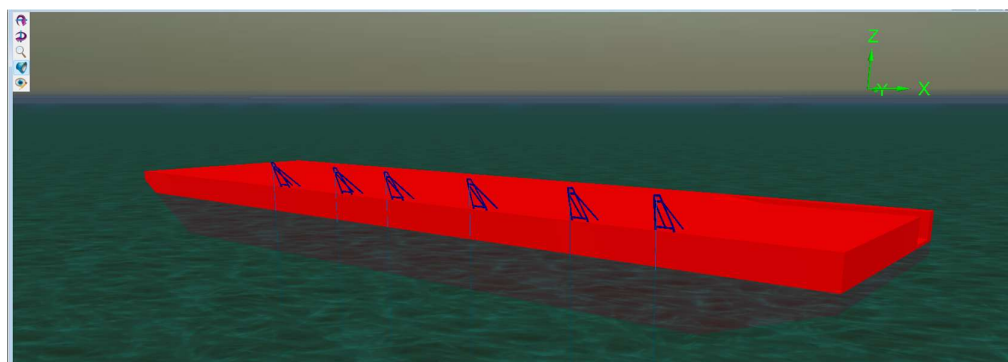
Tabel 4. 4 Peletakkan *Davit Lifting* pada *Software OrcaFlex*

<i>Davit Name</i>	x (m)	y (m)	z (m)
<i>Davit 1</i>	139.60	22.90	13.50
<i>Davit 2</i>	128.40	22.80	13.50
<i>Davit 3</i>	111.60	22.80	13.50
<i>Davit 4</i>	92.00	22.80	13.50
<i>Davit 5</i>	80.80	22.80	13.50
<i>Davit 6</i>	588.40	22.80	13.50

Gambar 4.11 dan Gambar 4.12 merupakan ilustrasi dari pemodelan *davit lifting* yang dilakukan pada *software OrcaFlex*.



Gambar 4. 11 Ilustrasi 2D Peletakkan *Davit Lifting*



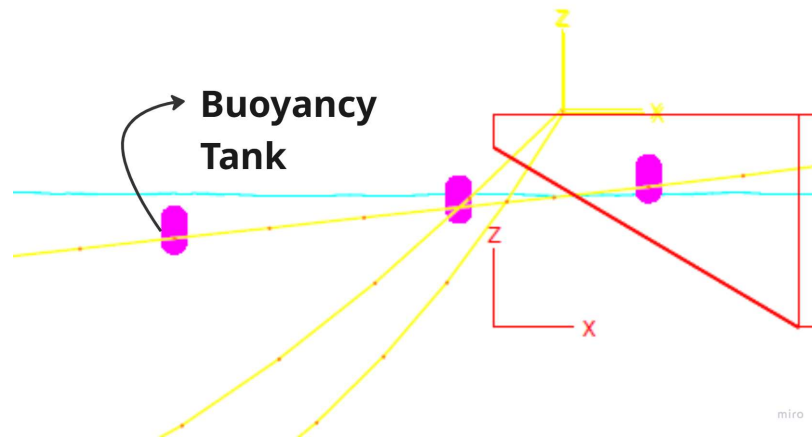
Gambar 4. 12 Ilustrasi 3D Peletakkan *Davit Lifting*

Buoyancy tank yang dimodelkan pada Orcaflex berupa *Clump Types*. Pemodelan dilakukan dengan menginputkan data pada tabel di bawah ini.

Tabel 4. 5 Input Data *Buoyancy Tank* pada *Software OrcaFlex*

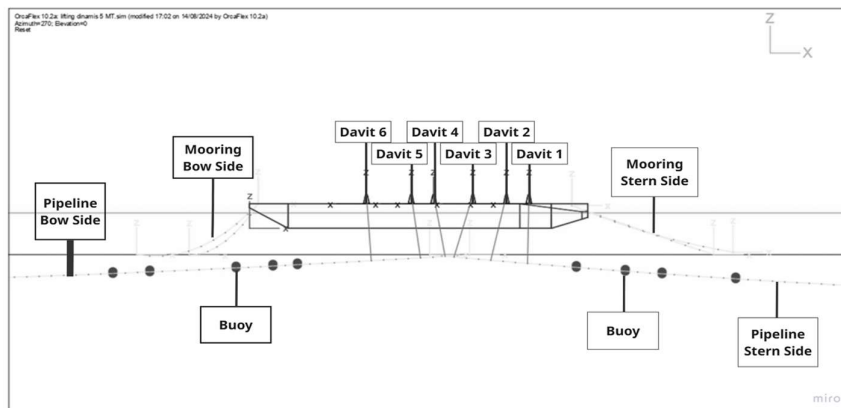
<i>Name</i>	<i>Mass (Te)</i>	<i>Volume (m³)</i>	<i>Height (m)</i>	<i>Offset (m)</i>	<i>Align With</i>
5 MT	0.4	5.2683	1.4	0.5	<i>Global Axes</i>

Gambar di bawah ini merupakan visualisasi *buoyancy tank* yang sudah dimodelkan.

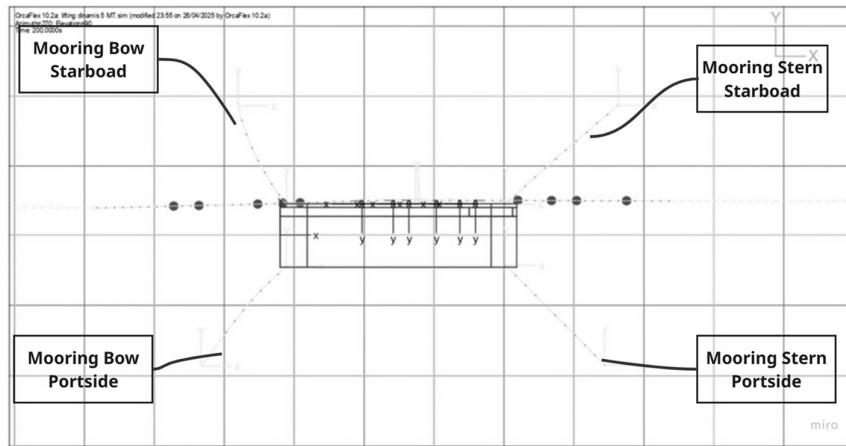


Gambar 4. 13 Ilustrasi *Bouyancy Tank* pada *Software OrcaFlex*

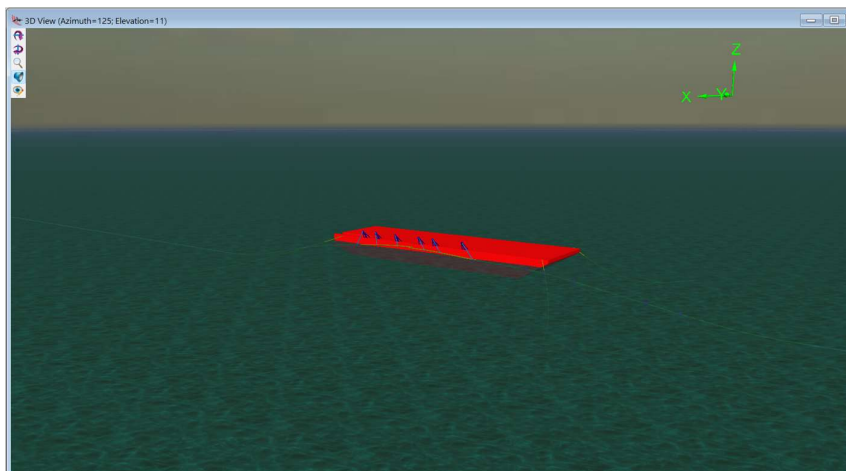
Setelah menginput data sistem tambat, data *davit lifting* dan *buoyancy tank*, berikut merupakan hasil pemodelan *Above Water Tie-In* tampak seperti gambar di bawah ini.



Gambar 4. 14 Pemodelan AWTI Tampak Samping



Gambar 4. 15 Pemodelan AWTI Tampak Atas



Gambar 4. 16 Pemodelan AWTI Tampak 3D

Validasi yang dilakukan untuk permodelan AWTI adalah memnadingkan nilai *weight in air* dan *submerged weight* pipa. Data yang dibandingkan adalah data perhitungan manual dan data *output* dari OrcaFlex. Validasi dilakukan menggunakan rumus MAPE yakni, nilai *mean absolute percentage error*. Rumus yang digunakan berada di bawah ini:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|A_i - F_i|}{A_i} \dots\dots\dots(4. 1)$$

Dimana :

- A_i = Nilai Aktual, berupa hitungan manual
- F_i = Nilai perkiraan, *output* nilai dari *software*
- N = Jumlah kali iterasi penjumlahan yang terjadi

Hasil yang didapatkan pada Tabel 4.2 di bawah ini.

Tabel 4. 6 Validasi Modelling AWTI

<i>Parameter</i>	Value		<i>Validation</i>
	<i>Manual Calculation</i>	OrcaFlex	
<i>Weight in air</i>	517.712	523.01244	1.02%
<i>Submerged weight</i>	165.731	163.76642	1.19%

Dari tabel di atas, didapatkan bahwa nilai persentase yang didapatkan untuk *weight in air* sebesar 1.02% dan nilai *submerged weight* sebesar 1.19%. Nilai validasi yang didapatkan sangat kecil (mendekati 0%) mengindikasikan bahwa hasil perhitungan manual dan hasil simulasi OrcaFlex hampir identis. Selisih di bawah 5% umumnya dianggap dapat diterima sehingga input data yang telah dilakukan pada OrcaFlex sudah akurat dan tervalidasi dengan baik oleh hitungan manual.

4.4.1 Pemasangan *Buoyancy Tank*

Setelah pemodelan sudah tampak seperti pada gambar 4. 14 dan validasi model dilakukan, langkah selanjutnya adalah menginput *buoyancy*. Untuk peletakan *buoy* pada pemodelan AWTI ini, diletakkan pada *arch length* pipa yang memiliki nilai diatas *allowable stress*nya untuk menurunkan nilai tegangan dan regangan pada pipa. Tabel di bawah ini merupakan titik lokasi *buoyancy tank* yang digunakan dalam penelitian ini.

Tabel 4. 7 Titik *Arch Length* Peletakan *Buoyancy Tank*

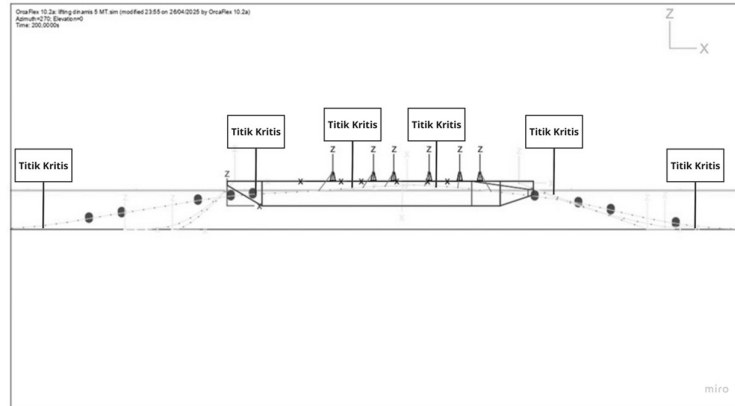
Proses AWTI	Jumlah <i>Buoy</i>	<i>Arch Length</i>
<i>Lifting Stern</i>	4	73m, 100m, 115m, 154m
<i>Lifting Bow</i>	5	85m, 97m, 115m, 160m, 175m
<i>Lowering Empty</i>	11	825m, 840m, 860m, 885m, 903m, 915m, 1073m, 1100m, 1115m, 1135m, 1154m
<i>Lowering Flooded</i>	21	830m, 850m, 870m, 880m, 890m, 900m, 910m, 920m, 936m, 1080m, 1090m, 1100m, 1115m, 1125m, 1135m, 1150m, 1160m, 1170m, 1180m, 1200m, 1210m

4.4.2 Proses *Above Water Tie-In*

Proses penyambungan dua pipa dengan metode *Above Water Tie-In* terbagi menjadi 3 tahapan. Tahap pertama yakni *lifting*, lalu dilanjutkan dengan *tie-in*, dan yang terakhir adalah *lowering-shifting*.

1. Tahap *Lifting*

Pada tahap ini, posisi pipa masih berada di atas *seabed*, lalu pipa akan ditarik menggunakan *davit lifting* dan juga dipasangkan *buoyancy tank* pada titik-titik yang telah di analisa. Gambar di bawah ini merupakan contoh pada tahap *lifting*.



Gambar 4. 17 Pemodelan *Lifting* dan Titik Kritisnya

Pada gambar 4. 14 dapat diketahui beberapa titik kritis yang merupakan titik tertinggi dari tegangannya. Titik tersebut adalah titik *overbend* dan titik *sagbend*. Pada titik tersebut harus diperhatikan agar tegangan yang terjadi tidak melebihi dari *allowable stress*nya.

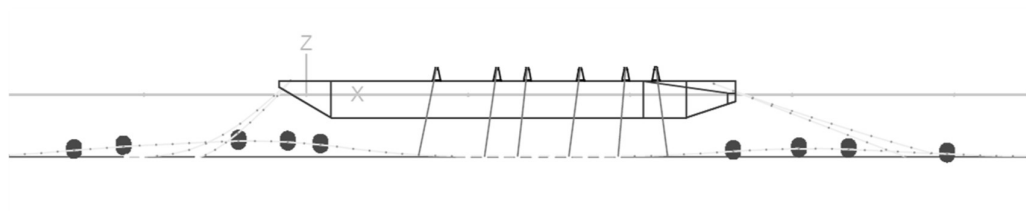
Pada tahap ini, dilakukan dalam 8 *stage*. Dilakukakannya pembagian stage untuk mengatur urutan operasi dan mengurangi lonjakan transien pada awal simulasi. Pembagian *stage* pada tahap *lifting* dilakukan seperti pada tabel di bawah ini.

Tabel 4. 8 Pembagian *Stage* pada Tahap *Lifting*

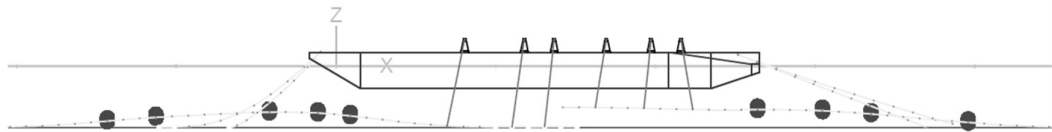
<i>Stage Number</i>	<i>Duration (s)</i>	<i>Simulation Time at stage end (s)</i>
0	25	0
1	1350	1350
2	1350	2700
3	1350	4050
4	1350	5400
5	1350	6750
6	1350	8100
7	1350	9450

<i>Stage Number</i>	<i>Duration (s)</i>	<i>Simulation Time at stage end (s)</i>
8	1350	10800

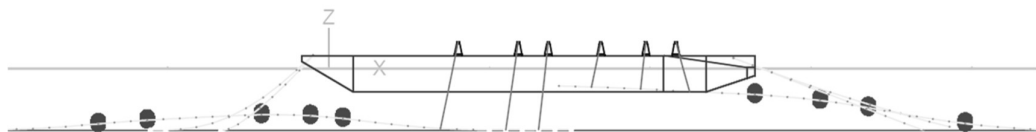
Ilustrasi 8 *stage* pada Tabel 4.8 ditunjukkan seperti pada Gambar 4.18 hingga Gambar 4.25.



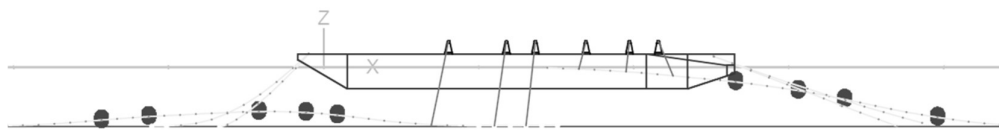
Gambar 4. 18 Ilustrasi *Stage 1* pada Tahap *Lifting*



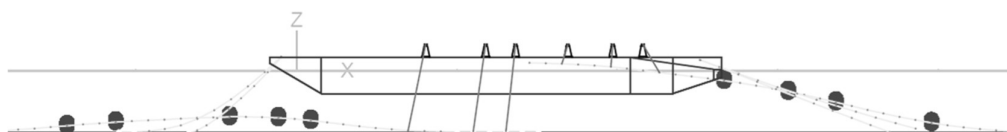
Gambar 4. 19 Ilustrasi *Stage 2* pada Tahap *Lifting*



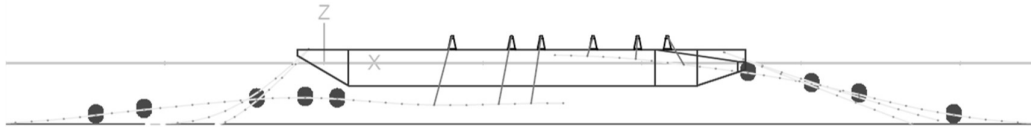
Gambar 4. 20 Ilustrasi *Stage 3* pada Tahap *Lifting*



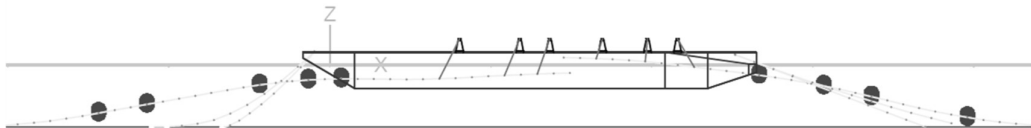
Gambar 4. 21 Ilustrasi *Stage 4* pada Tahap *Lifting*



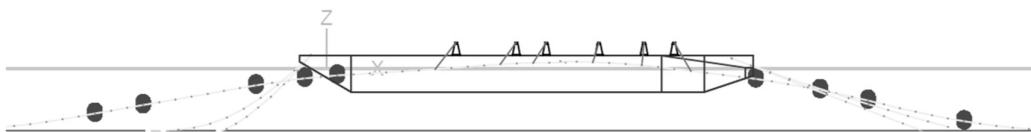
Gambar 4. 22 Ilustrasi *Stage 5* pada Tahap *Lifting*



Gambar 4. 23 Ilustrasi *Stage 6* pada Tahap *Lifting*



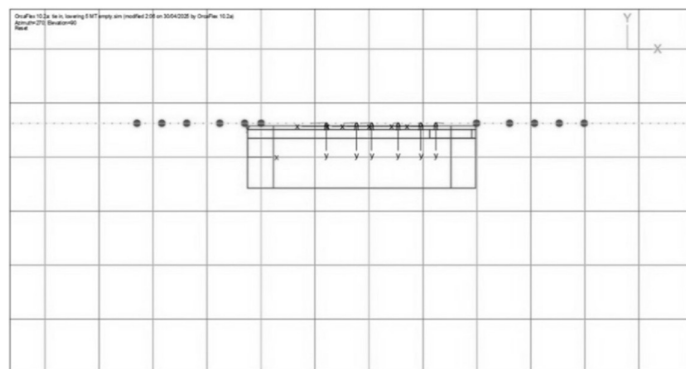
Gambar 4. 24 Ilustrasi *Stage 7* pada Tahap *Lifting*



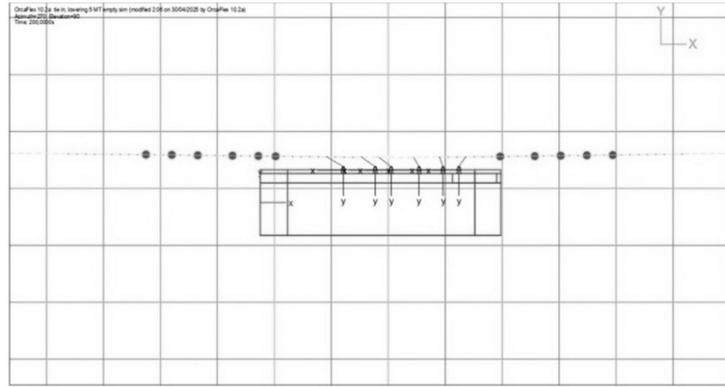
Gambar 4. 25 Ilustrasi *Stage 8* pada Tahap *Lifting*

2. Tahap *Lowering- Shifting*

Pada tahapan terakhir dari proses *Above Water Tie-In* ini, selain pipa kembali diturunkan ke dasar laut (*lowering*), kapal juga akan bergerak ke samping (*shifting*). Gambar di bawah ini merupakan contoh tahapan *shifting-lowering*.

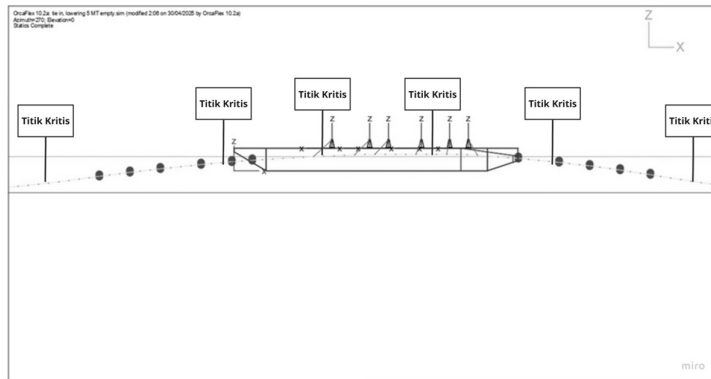


Gambar 4. 26 Pemodelan *Lowering-Shifting* Tampak Atas saat Pipa Masih Berada di *Deck*

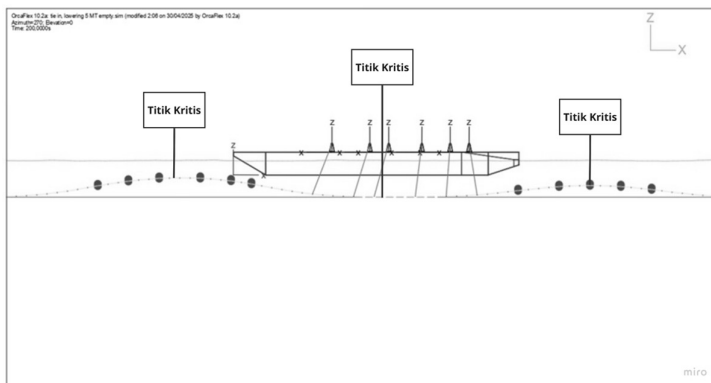


Gambar 4. 27 Pemodelan *Lowering-Shifting* Tampak Atas saat Pipa Berada di *Seabed*

Dari dua gambar di atas, dapat dilihat bahwa kapal bergerak ke samping untuk menyesuaikan bentuk pipa. Pergerakan tersebut disebut dengan *shifting*.



Gambar 4. 28 Pemodelan *Lowering-Shifting* Tampak Samping saat Pipa Masih Berada di *Deck*



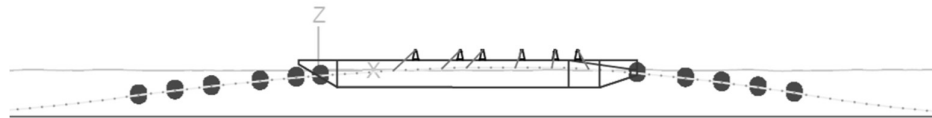
Gambar 4. 29 Pemodelan *Lowering-Shifting* Tampak Samping saat Pipa Berada di *Seabed*

Pada tahap ini, dilakukan dalam 4 *stage*. Pembagian *stage* pada tahap *lowering-shifting* dilakukan seperti pada tabel di bawah ini.

Tabel 4. 9 Pembagian *Stage* pada Tahap *Lowering*

<i>Stage Number</i>	<i>Duration (s)</i>	<i>Simulation Time at stage end (s)</i>
0	25	0
1	2700	2700
2	2700	5400
3	2700	8100
4	2700	10800

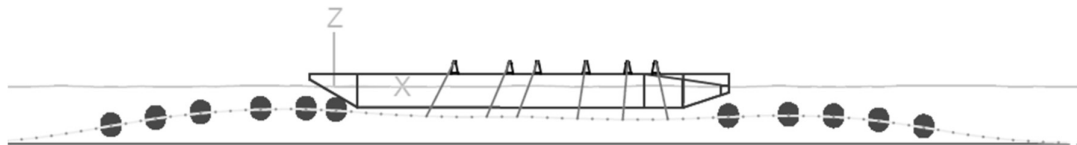
Ilustrasi 4 *stage* pada Tabel 4.9 ditunjukkan seperti pada Gambar 4.30 hingga Gambar 4.33.



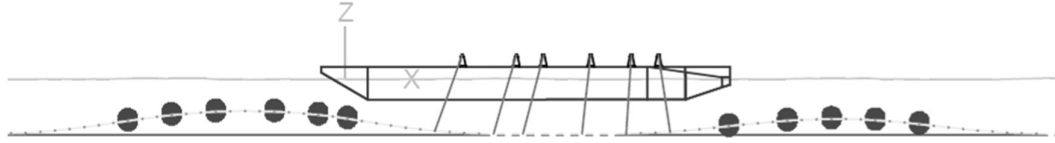
Gambar 4. 30 Ilustrasi *Stage 1* pada Tahap *Lowering-Shifting*



Gambar 4. 31 Ilustrasi *Stage 2* pada Tahap *Lowering-Shifting*



Gambar 4. 32 Ilustrasi *Stage 3* pada Tahap *Lowering-Shifting*



Gambar 4. 33 Ilustrasi *Stage 4* pada Tahap *Lowering-Shifting*

4.5 Analisis Tegangan saat Proses AWTI pada Kondisi Dinamis

Pada sub-bab ini, akan dibahas mengenai hasil tegangan berupa von mises stress pada kondisi dinamis sesuai dengan *case* yang telah disebutkan di awal BAB. Analisis dilakukan dengan 4 arah beban lingkungan yakni 0° , 90° , 180° , dan 270° serta dilakukan dengan 8 *stage*. Pada tabel di bawah hanya dituliskan nilai tertinggi pada setiap *direction* dan *stage*, untuk nilai lainnya akan dicantumkan di dalam lampiran. Di bawah ini merupakan tegangan tertinggi pada setiap kasus pada daerah *overbend*.

Tabel 4. 10 Nilai *Max Von Mises* Tertinggi pada Setiap *Case* Daerah *Overbend*

<i>Case</i>	<i>Direction (Deg)</i>	<i>Stage</i>	<i>Overbend (MPa)</i>	<i>SMYS (%)</i>	<i>Allowable (MPa)</i>	<i>Remark</i>
<i>Case 1</i>	180	4	286.8	91.56	313.2	<i>PASS</i>
<i>Case 2</i>			294.3	93.97		<i>PASS</i>
<i>Case 3</i>			280.0	89.40		<i>PASS</i>
<i>Case 4</i>	90	3	311.9	99.59		<i>PASS</i>
<i>Case 5</i>	270		308.7	98.55		<i>PASS</i>
<i>Case 6</i>			308.1	98.38		<i>PASS</i>
<i>Case 7</i>		1	306.0	97.69		<i>PASS</i>
<i>Case 8</i>		2	299.2	90.10		<i>PASS</i>
<i>Case 9</i>	180	3	304.3	97.15		<i>PASS</i>

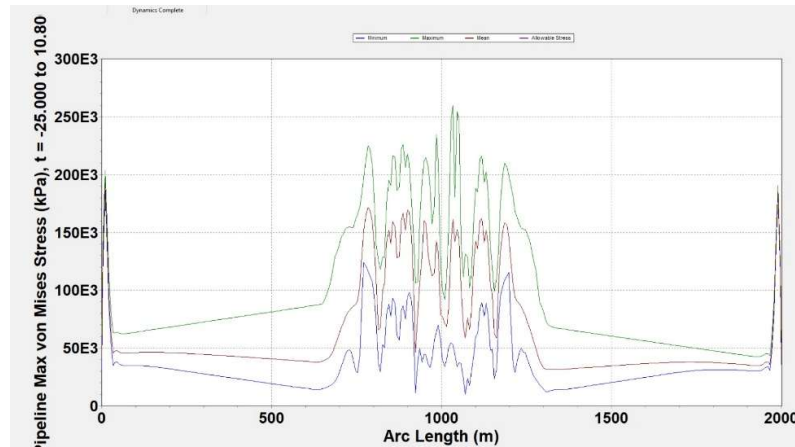
Darti Tabel 4.10 dapat diketahui bahwa dari 9 *case* yang telah dikerjakan di daerah *overbend*, nilai tertinggi terdapat pada *case 4* dengan arah pembebanan lingkungan 270° pada *stage 3* dengan nilai sebesar 311 MPa atau sebesar 99.59% SMYS. Untuk nilai 8 *case* yang lainnya sudah berada di bawah nilai *allowable stressnya*.

Tabel 4. 11 Nilai *Max Von Mises* Tertinggi pada Setiap *Case* Daerah *Sagbend*

<i>Case</i>	<i>Direction (Deg)</i>	<i>Stage</i>	<i>Sagbend (MPa)</i>	SMYS (%)	<i>Allowable (MPa)</i>	<i>Remark</i>
<i>Case 1</i>	180	4	277.5	88.61	313.2	<i>PASS</i>
<i>Case 2</i>			283.1	90.38		<i>PASS</i>
<i>Case 3</i>			272.2	86.90		<i>PASS</i>

Case	Direction (Deg)	Stage	Sagbend (MPa)	SMYS (%)	Allowable (MPa)	Remark
Case 4	90	3	308.6	98.54		PASS
Case 5	270		308.3	98.43		PASS
Case 6			303.1	96.78		PASS
Case 7		1	282.5	90.20		PASS
Case 8	2	279.0	0.09	PASS		
Case 9	180	3	288.5	92.11		PASS

Sedangkan untuk tegangan von mises pada daerah *sagbend* untuk 9 *case* sudah memenuhi *allowable stress* berdasarkan DNVGL-ST-F101. Nilai tegangan von mises tertinggi terjadi pada *case 4* dengan arah pembebanan lingkungan sebesar 90° pada *stage 3*. Nilai yang tertinggi sebesar 98,54% SMYS atau 308.6 MPa.



Gambar 4. 34 Grafik *Case 4* dengan Arah Pembebanan 90° pada *Stage 3*

Grafik di atas merupakan grafik *result* pada *case 4* dengan arah pembebanan 90° pada *stage 3*. Sumbu x mengacu pada *arc length (m)* yakni panjang pipa dan sumbu y mengacu pada *max von mises strain (%)*. Dapat dilihat pada grafik tersebut nilainya di bawah 313 MPa sehingga memenuhi nilai tegangan yang diizinkan menurut DNVGL-ST-F101.

4.6 Analisis Regangan saat Proses AWTI pada Kondisi Dinamis

Setelah melakukan pengecekan nilai tegangan maksimum yang dapat diperoleh pipa, langkah selanjutnya adalah melakukan analisis dinamis untuk mengetahui nilai regangan yang dapat diterima oleh pipa. Pada tabel di bawah merupakan tabel nilai regangan tertinggi yang dialami setiap *case*.

Tabel 4. 12 Nilai *Max Von Strain* Tertinggi pada Setiap *Case* Daerah *Overbend*

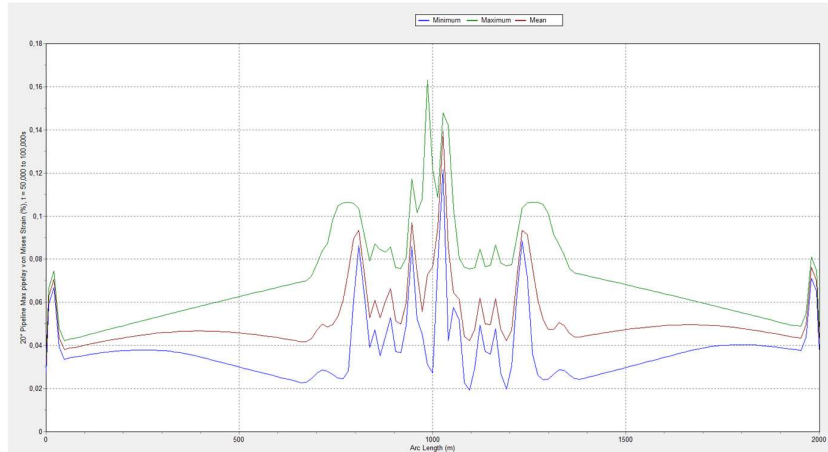
<i>Case</i>	<i>Direction (Deg)</i>	<i>Stage</i>	<i>Overbend (%)</i>	<i>Allowable (%)</i>	<i>Remark</i>
<i>Case 1</i>	180	4	0.139	0.2	<i>PASS</i>
<i>Case 2</i>			0.142		<i>PASS</i>
<i>Case 3</i>			0.135		<i>PASS</i>
<i>Case 4</i>	270	3	0.152		<i>PASS</i>
<i>Case 5</i>			0.149		<i>PASS</i>
<i>Case 6</i>			0.149		<i>PASS</i>
<i>Case 7</i>	180	3	0.148		<i>PASS</i>
<i>Case 8</i>	270	2	0.163		<i>PASS</i>
<i>Case 9</i>	180	3	0.147		<i>PASS</i>

Dari tabel di atas dapat disimpulkan bahwa semua *case* pada daerah *overbend* nilainya memenuhi nilai regangan yang diizinkan yaitu di bawah 0,2%. Nilai *von mises strain* tertinggi terjadi pada *case 8* dengan arah pembebanan lingkungan 270° pada *stage 2* sebesar 0,163 dan nilai tersebut masih memenuhi nilai regangan yang diizinkan berdasarkan DNVGL-ST-F101.

Tabel 4. 13 Nilai *Max Von Strain* Tertinggi pada Setiap *Case* Daerah *Sagbend*

<i>Case</i>	<i>Direction (Deg)</i>	<i>Stage</i>	<i>Sagbend (%)</i>	<i>Allowable (%)</i>	<i>Remark</i>
<i>Case 1</i>	180	4	0.134	0.2	<i>PASS</i>
<i>Case 2</i>			0.137		<i>PASS</i>
<i>Case 3</i>			0.132		<i>PASS</i>
<i>Case 4</i>	270	3	0.150		<i>PASS</i>
<i>Case 5</i>			0.149		<i>PASS</i>
<i>Case 6</i>			0.146		<i>PASS</i>
<i>Case 7</i>	180	3	0.141		<i>PASS</i>
<i>Case 8</i>	270	2	0.148		<i>PASS</i>
<i>Case 9</i>	180	3	0.139		<i>PASS</i>

Sedangkan untuk nilai *von mises strain* tertinggi pada daerah *sagbend* untuk semua *casenya* memenuhi standar DNVGL-ST-F101 yakni dibawah 0,2%. Dapat dilihat pada Tabel 4.13 nilai tertinggi terdapat pada *case 4* dengan arah pembebanan lingkungan 270° pada *stage 2* sebesar 0,150%.



Gambar 4. 35 Grafik *Case 8* Arah Pembebanan 270° pada *Stage 2*

Grafik di atas merupakan grafik *result* pada *case 8* dengan arah pembebanan 270° pada *stage 2*. Sumbu x mengacu pada *arc length (m)* yakni panjang pipa dan sumbu y mengacu pada *max von mises strain (%)*. Dapat dilihat pada grafik tersebut nilainya di bawah 0,2% semua sehingga memenuhi nilai regangan yang diizinkan menurut DNVGL-ST-F101.

4.7 Analisis *Local Buckling* saat Proses AWTI

Langkah berikutnya setelah mendapatkan nilai von mises *stress* dan von mises *strain* adalah melakukan pengecekan *local buckling* berdasarkan standar DNVGL-ST-F101. Rumus yang digunakan seperti pada sub-bab 2.2.8.1. Di bawah ini merupakan tabel contoh perhitungan untuk salah satu *case*.

Tabel 4. 14 Contoh Perhitungan *Local Buckling*

rumus local buckling, dimana :		value	source
γ_m	: material resistance	1.15	DNVGL-ST-F101
γ_{sc}	: safety factor	1.04	DNVGL-ST-F101
M_{sd}	: bending moment	output from OrcaFlex	
S_{sd}	: effective axial force	output from OrcaFlex	
α_c	: flow stress parameter	1.2	DNVGL-ST-F101
P_e	: external pressure	231270.75	$\rho \times g \times h$
P_c	: bursting pressure	330386.7857	$\frac{P_e}{0.7}$
S_p	: plastic capacities for pipe	9141.849896	$SMYS \times \pi \times (OD - t) \times t$
M_p	: plastic capacities for pipe	4470.364599	$SMYS \times \pi \times (OD - t)^2 \times t$

Tabel 4. 15 Contoh Perhitungan Local Buckling

pada archlength 100.60 m		
Local Buckling		0.70847
result	< 1	PASS

Dengan rumus seperti yang telah di contohkan, berikut merupakan hasil pengecekan secara lokal pada 9 *case* yang telah ditentukan.

Tabel 4. 16 Nilai *Local Buckling* Tertinggi pada Setiap *Case* Daerah *Overbend*

<i>Case</i>	<i>Direction (Deg)</i>	<i>Stage</i>	<i>UC Overbend</i>	<i>Allowable</i>	<i>Remark</i>
<i>Case 1</i>	180	4	0.841	< 1	<i>PASS</i>
<i>Case 2</i>			0.891		<i>PASS</i>
<i>Case 3</i>			0.798		<i>PASS</i>
<i>Case 4</i>	270	3	0.992		<i>PASS</i>
<i>Case 5</i>	90		0.894		<i>PASS</i>
<i>Case 6</i>	270		0.994		<i>PASS</i>
<i>Case 7</i>	180	3	0.998		<i>PASS</i>
<i>Case 8</i>	270		0.920		<i>PASS</i>
<i>Case 9</i>	180		0.912		<i>PASS</i>

Pada Tabel 4.16 didapatkan bahwa pada semua *case* untuk daerah *overbend* nilai UC memenuhi semuanya karena nilainya dibawah 1. Nilai UC terbesar terdapat pada *case 7* dengan arah pembebanan lingkungan 180° pada *stage 3* dengan nilai sebesar 0.998. Nilai tersebut masih aman karena berada di bawah angka 1.

Tabel 4. 17 Nilai *Local Buckling* Tertinggi pada Setiap *Case* Daerah *Sagbend*

<i>Case</i>	<i>Direction (Deg)</i>	<i>Stage</i>	<i>UC Sagbend</i>	<i>Allowable</i>	<i>Remark</i>
<i>Case 1</i>	180	4	0.783	< 1	<i>PASS</i>
<i>Case 2</i>			0.820		<i>PASS</i>
<i>Case 3</i>			0.749		<i>PASS</i>
<i>Case 4</i>	270	3	0.853		<i>PASS</i>
<i>Case 5</i>	90		0.842		<i>PASS</i>
<i>Case 6</i>	270		0.968		<i>PASS</i>
<i>Case 7</i>	180	3	0.840		<i>PASS</i>
<i>Case 8</i>	270		0.887		<i>PASS</i>
<i>Case 9</i>	180		0.845		<i>PASS</i>

Untuk daerah *sagbend*, semua nilai UC aman untuk semua *case* dikarenakan nilainya kurang dari 1. Nilai tertinggi terdapat pada *case 6* dengan arah pembebanan 270° pada *stage 3* dengan nilai sebesar 0.968.

4.8 Analisis *Concrete Crushing* saat proses AWTI

Setelah dilakukan pengecekan *local buckling* dan dinyatakan aman pada semua titik kritisnya, langkah selanjutnya adalah melakukan pengecekan terhadap regangan. Regangan yang melebihi batas amannya dapat mengakibatkan fenomena *concrete crushing*. Pengecekan yang dilakukan berdasarkan standar DNVGL-ST-F101 dengan cara mengalikan nilai regangan dengan nilai *safety factor*nya, 1,05. Hasil yang didapatkan nilainya tidak boleh lebih dari 0,2%. Jika nilai nya melebihi, maka akan terjadi *concrete crushing*. Tabel di bawah ini merupakan nilai *concrete crushing* pada titik kritisnya.

Tabel 4. 18 Nilai *Concrete Crushing* Tertinggi pada Setiap Case Daerah *Overbend*

Case	Direction (Deg)	Stage	Overbend (%)	Allowable (%)	Remark
Case 1	180	4	0.146	< 0.2	PASS
Case 2			0.149		PASS
Case 3			0.142		PASS
Case 4	270	3	0.159		PASS
Case 5			0.157		PASS
Case 6			0.156		PASS
Case 7	270	2	0.153		PASS
Case 8			0.171		PASS
Case 9	180	3	0.154		PASS

Pada daerah *overbend* untuk semua case nilai nya memenuhi *allowable* sehingga tidak terjadi *concrete crushing*. Untuk nilai pengecekan *concrete crushing* terbesar terdapat pada case 8 dengan arah pembebanan lingkungan 270° pada stage 2 dengan nilai sebesar 0,171%. Nilai tersebut masih aman dikarenakan berada di bawah 0,2%

Tabel 4. 19 Nilai *Concrete Crushing* Tertinggi pada Setiap Case Daerah *Sagbend*

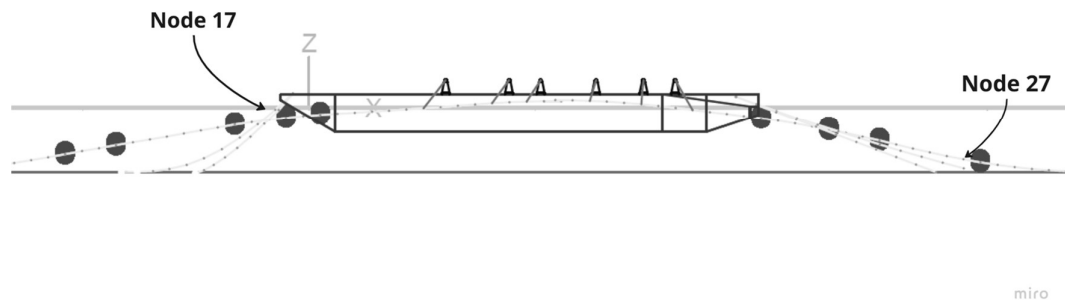
Case	Direction (Deg)	Stage	Sagbend (%)	Allowable (%)	Remark
Case 1	180	4	0.141	< 0.2	PASS
Case 2			0.144		PASS
Case 3			0.138		PASS
Case 4	270	3	0.158		PASS
Case 5			0.156		PASS
Case 6			0.154		PASS
Case 7	270	2	0.149		PASS
Case 8			0.155		PASS
Case 9	180	3	0.146		PASS

Sedangkan untuk daerah *sagbend* pada semua case juga aman tidak terjadi *concrete crushing* dikarenakan nilai pengecekan yang didapatkan berada di bawah angka 0,2%. Untuk

nilai pengecekan *concrete crushing* tertinggi terjadi pada *case 4* dengan arah pembebanan lingkungan 270° pada *stage 3* dengan nilai pengecekan sebesar 0.158%.

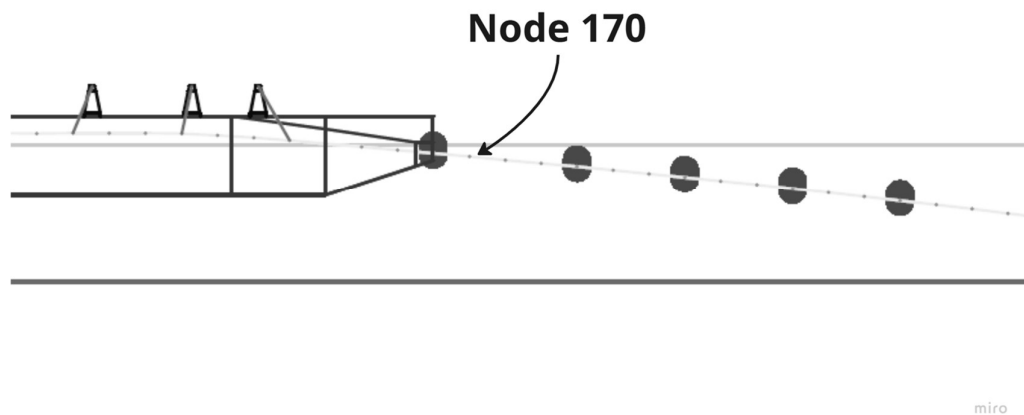
4.9 Analisis Kelelahan pada Proses AWTI

Untuk menghitung umur kelelahan pada instalasi *pipeline* menggunakan metode *Above Water Tie-In* diperlukan perhitungan rentang tegangan dan siklus pada setiap tegangan. Nilai-nilai tersebut didapatkan menggunakan data *time history* dari *output* OrcaFlex. Kemudian data *output* dihitung menggunakan Microsoft Excel berdasarkan aturan Palmgren Miner untuk mendapatkan nilai *Fatigue Damage*. Analisis kelelahan dilakukan pada jarak tegangan maksimum pada pipa, terutama pada daerah *overbend* dan *sagbend*. Nilai tegangan maksimum ketika pada proses *lifting* pada pipa *stern* terjadi pada node 27 dan pipa *bow* pada node 17 seperti ditunjukkan pada Gambar 4.36.



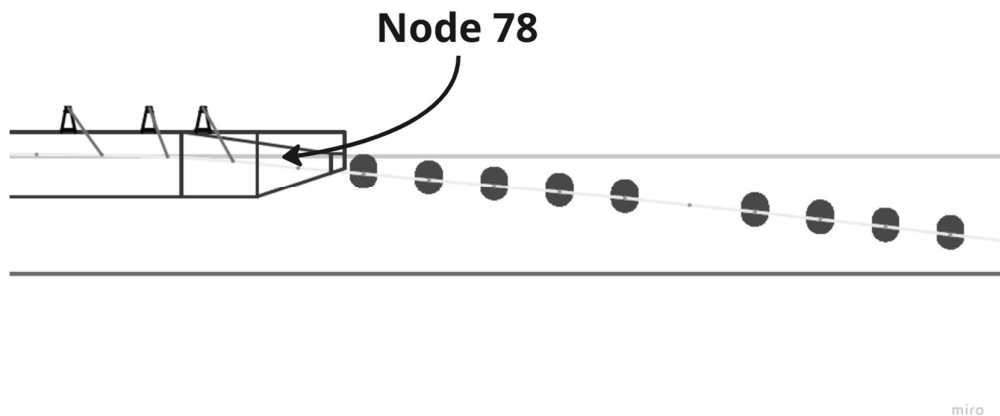
Gambar 4. 36 Lokasi Node 17 dan Node 27

Selanjutnya nilai tegangan maksimum ketika pada proses *lowering* ketika pipa dalam kondisi *empty* terjadi pada node 170 seperti ditunjukkan pada gambar 4.37



Gambar 4. 37 Lokasi Node 170

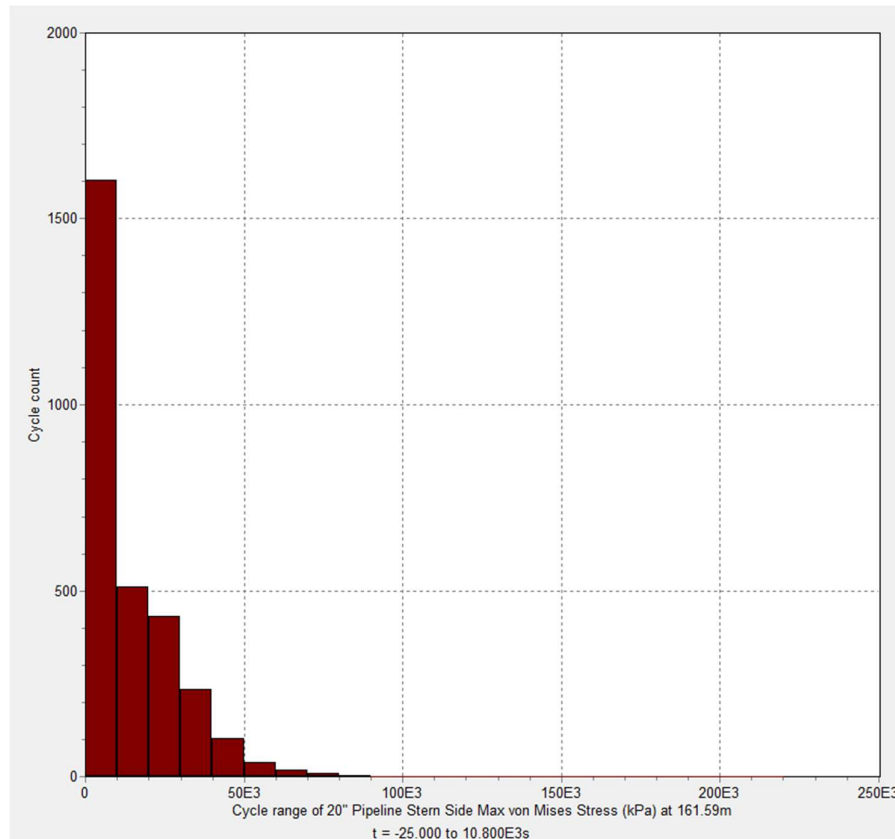
Selanjutnya nilai tegangan maksimum ketika pada proses *lowering* ketika pipa dalam kondisi *flooded* terjadi pada node 78 seperti ditunjukkan pada gambar 4.38



Gambar 4. 38 Lokasi Node 78

4.9.1 Analisis Fatigue Damage

Analisis *fatigue damage* dilakukan menggunakan *output* dari OrcaFlex. *Output time history stress* ditunjukkan pada Gambar 4.39 Hasil dibawah merupakan *output time history stress* pada proses *lifting* pipa bagian bow dengan kedalaman 23 meter dan arah pembebanan 270°.



Gambar 4. 39 Jumlah Siklus dalam Rentang Setiap Tegangan

Dari hasil diatas yang didapatkan dengan metode *rainflow counting* selama 10.800 detik waktu simulasi, selanjutnya dilakukan perhitungan dengan aturan palmgren miner. Untuk mendapat kan nilai N (siklus hingga kegagalan) menggunakan S-N Curve in Seawater with Cathodic Protection untuk weld root tipe F1 seperti pada Gambar 2.9 dan Tabel 2.2.

Hasil analisis *fatigue damage* dikalikan dengan DFF dengan nilai 3. *Design Fatigue Factor*/DFF sebesar 3 diterapkan dalam analisis kelelahan untuk proyek ini. Nilai ini dipilih karena instalasi pipa dilakukan di wilayah *greenfield*, yaitu area dasar laut yang masih kosong dan bebas dari infrastruktur bawah laut lainnya. Kondisi *greenfield* ini mengindikasikan tingkat risiko instalasi yang lebih rendah, sehingga sesuai dengan klasifikasi Safety Class Low. Untuk pipa kondisi *bow lifting* dengan kedalaman 23 meter dengan arah pembebanan 0° ditunjukkan pada Tabel 4.20 untuk hasil lainnya akan ditampilkan dalam lampiran.

Tabel 4. 20 Perhitungan Fatigue Damage

CWC Thk	Water Depth	Draft	Dir	Hs	Tp	Node	Bin range (Kpa)	Bin range (Mpa)	cycle count	N (Cycles to Failure)	Damage (D= n/N)	Allowable Fatigue Damage	Result
6.35	23	8.6	0	0.6	6.28	17	5000	5	2362	2.E+11	1.E-08	< 1	Passed
							10000	10	489	7.E+09	7.E-08		Passed
							15000	15	150	9.E+08	2.E-07		Passed
							20000	20	70	2.E+08	3.E-07		Passed
							25000	25	35	7.E+07	5.E-07		Passed
							30000	30	28	3.E+07	1.E-06		Passed
							35000	35	14	1.E+07	1.E-06		Passed
							40000	40	5.5	7.E+06	8.E-07		Passed
							45000	45	6.5	4.E+06	2.E-06		Passed
							50000	50	4	2.E+06	2.E-06		Passed
							55000	55	3.5	1.E+06	3.E-06		Passed
							60000	60	0.5	9.E+05	6.E-07		Passed
							65000	65	0	6.E+05	0.E+00		Passed
							70000	70	0.5	4.E+05	1.E-06		Passed
							75000	75	0	3.E+05	0.E+00		Passed
							80000	80	0	2.E+05	0.E+00		Passed
							85000	85	0	2.E+05	0.E+00		Passed
							90000	90	0	1.E+05	0.E+00		Passed
							95000	95	0	9.E+04	0.E+00		Passed
							100000	100	0	7.E+04	0.E+00		Passed
							105000	105	0.5	5.E+04	9.E-06		Passed

Dari tabel di atas, didapatkan semua nilai *fatigue damage* berada dibawah angka 1 sehingga nilai tersebut memenuhi aturan palmgren miner.

4.9.2 Analisis Barge Holding Time

Setelah mendapatkan nilai *fatigue damage* maka dapat dihitung nilai *maximum holding time* dengan cara mengkalikan *fatigue life* yang telah didapat dengan 10%. Nilai kelelahan pipa akan lebih bagus jika berada di atas 72 jam. Angka tersebut adalah maksimum *standby* barge berdasarkan kriteria operasi terbatas cuaca. Hal ini sesuai dengan *codes* DNVGL-ST-F101. Hasil perhitungan *maximum holding time* seperti pada Tabel 4.21 hingan Tabel 4.25 di bawah ini.

Tabel 4. 21 *Maximum Holding Time* untuk Case 1

Case No.	condition	Water Depth	Node	Direction	Pipeline Fatigue Life for Installation (10%)	Fatigue Life	Maximum Standby Time	Result
		(m)		(Deg)	(Hours)	(Hours)	(Hours)	
1	lifting stern	23	29 (168,00 m)	0	4672.44	46724.41	72	Passed
				90	3982.80	39827.98		Passed
				180	6550.63	65506.33		Passed
				270	947.95	9479.46		Passed
	lifting bow		17 (94,53 m)	0	4672.44	46724.41		Passed
				90	3982.80	39827.98		Passed
				180	6550.63	65506.33		Passed
				270	947.95	9479.46		Passed

Tabel 4. 22 *Maximum Holding Time* untuk Case 2

Case No.	condition	Water Depth	Node	Direction	Pipeline Fatigue Life for Installation (10%)	Fatigue Life	Maximum Standby Time	Result
		(m)		(Deg)	(Hours)	(Hours)	(Hours)	
2	lifting stern	24.467	29 (168,00 m)	0	157.04	1570.38	72	Passed
				90	295.78	2957.84		Passed
				180	86.69	866.88		Passed
				270	257.54	2575.42		Passed
	lifting bow		17 (94,53 m)	0	4052.41	40524.09		Passed
				90	2247.05	22470.54		Passed
				180	6550.63	65506.33		Passed
				270	699.83	6998.26		Passed

Tabel 4. 23 *Maximum Holding Time* untuk *Case 3*

Case No.	condition	Water Depth	Node	Direction	Pipeline Fatigue Life for Installation (10%)	Fatigue Life	Maximum Standby Time	Result
		(m)		(Deg)	(Hours)	(Hours)	(Hours)	
3	lifting stern	21.601	29 (168,00 m)	0	85.98	859.79	72	Passed
				90	481.74	4817.38		Passed
				180	149.41	1494.12		Passed
				270	334.36	3343.63		Passed
	lifting bow		17 (94,53 m)	0	5306.28	53062.82		Passed
				90	3982.80	39827.98		Passed
				180	3713.77	37137.75		Passed
				270	624.84	6248.38		Passed

Tabel 4. 24 *Maximum Holding Time* untuk *Case 4 - 6*

Case No.	condition	Water Depth	Node	Direction	Pipeline Fatigue Life for Installation (10%)	Fatigue Life	Maximum Standby Time	Result	
		(m)		(Deg)	(Hours)	(Hours)	(Hours)		
4	lowering empty	23	170 (1033,00 m)	0	136.78	1367.79	72	Passed	
				90	126.09	1260.87		Passed	
				180	136.43	1364.29		Passed	
				270	134.07	1340.66		Passed	
5		24.467		170 (1033,00 m)	0	263.76		2637.64	Passed
					90	192.98		1929.80	Passed
					180	265.70		2657.02	Passed
					270	145.16		1451.59	Passed
6		21.601		170 (1033,00 m)	0	223.68		2236.83	Passed
					90	130.66		1306.58	Passed
					180	187.93		1879.35	Passed
					270	92.25		922.54	Passed

Tabel 4. 25 *Maximum Holding Time* untuk *Case 7 - 9*

Case No.	condition	Water Depth	Node	Direction	Pipeline Fatigue Life for Installation (10%)	Fatigue Life	Maximum Standby Time	Result	
		(m)		(Deg)	(Hours)	(Hours)	(Hours)		
7	lowering flooded	23	78 (1053,00 m)	0	316.05	3160.47	72	Passed	
				90	239.31	2393.08		Passed	
				180	315.69	3156.90		Passed	
				270	196.33	1963.32		Passed	
8		24.467		78 (1053,00 m)	0	504.32		5043.24	Passed
					90	363.69		3636.87	Passed
					180	503.59		5035.95	Passed
					270	224.86		2248.58	Passed
9		21.601		78 (1053,00 m)	0	256.05		2560.53	Passed
					90	194.27		1942.73	Passed
					180	251.52		2515.16	Passed
					270	175.75		1757.54	Passed

Dari hasil analisis dapat diketahui bahwa nilai *maximum holding time* terbesar berada pada *case 1* pipa *stern* kondisi *lifting* dengan nilai 6550.63 *hours*. Nilai tersebut merupakan nilai kelelahan paling bagus karena pipa mengalami kelelahan dengan durasi paling lama sebelum terjadinya kelelahan. Sedangkan nilai *maximum holding time* paling kritis terjadi pada *case 3* pipa *stern* kondisi *lifting* dengan nilai sebesar 85.98 *hours*. Tetapi untuk semua *case* nilai *maximum holding time* yang terjadi, tetap memenuhi *maximum stnadby time* yakni 72 jam.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan berdasarkan rumusan masalah yang telah dipaparkan. Berikut hasil analisisnya:

1. Nilai tegangan maksimum yang dialami pipa diameter 20 inch pada **daerah kritis overbend** selama tahap *Lifting* dan *Lowering* didapatkan hasil terbesar dari 9 *case* yang telah dikerjakan terdapat pada *case 4* dengan **hasil 311915 kPa** atau **99.59% dari SMYS** pipa. Sedangkan untuk **daerah kritis sagbend** selama tahap *Lifting* dan *Lowering* didapatkan hasil terbesar pada *case 4* dengan **hasil 308633 kPa** atau **98.54% dari SMYS** pipa. Selanjutnya untuk nilai **regangan maksimum** yang dialami pipa diameter 20 inch pada **daerah kritis overbend** selama tahap *Lifting* dan *Lowering* didapatkan hasil terbesar pada *case 8* dengan hasil **0.163% dari SMTS** pipa dan untuk **daerah kritis sagbend** selama tahap *Lifting* dan *Lowering* didapatkan hasil terbesar pada *case 4* dengan hasil **0.150% dari SMTS** pipa.
2. Nilai **Local Buckling** yang dialami pipa diameter 20 inch pada **daerah kritis overbend** selama tahap *Lifting* dan *Lowering* pada 9 *case* yang telah dikerjakan, didapatkan hasil terbesar pada *case 7* dengan **hasil UC sebesar 0.998** dan untuk **daerah kritis sagbend** selama tahap *Lifting* dan *Lowering* didapatkan hasil terbesar pada *case 6* dengan **hasil UC sebesar 0.968**. Sedangkan untuk nilai **Concrete Crushing** maksimum yang dialami pipa diameter 20 inchi pada **daerah kritis overbend** selama tahap *Lifting* dan *Lowering* didapatkan hasil terbesar pada *case 8* dengan **hasil 0.171%** dan untuk **daerah kritis sagbend** selama tahap *Lifting* dan *Lowering* didapatkan hasil terbesar pada *case 4* dengan **hasil 0.158%**.
3. Berdasarkan **analisis kelelahan** dalam proses tie-in, diperoleh **nilai kelelahan pipa paling kritis** berada pada *case 3* di pipa bagian *stern* dengan umur kelelahan selama **85.98 hours**. Sedangkan **nilai kelelahan pipa dengan durasi terpanjang** berada pada *case 1* di pipa bagian *stern* dengan umur kelelahan selama **6550.63 hours**. Seluruh *case* yang telah dikerjakan menghasilkan *maximum holding time* yang jauh melebihi batas *minimum operational standby* selama 72 jam sesuai standar

DNVGL-ST-F101 (*Submarine Pipeline Systems*), sehingga pipa diameter 20 inch dinyatakan **aman untuk melakukan *tie-in***.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan bersifat membangun untuk penelitian yang akan datang. Beberapa saran dari topik tugas akhir yang telah dikerjakan ini adalah:

1. Menggunakan variasi jumlah davit lifting dan buoyancy tank agar mendapatkan output yang lebih beragam.
2. Melakukan analisis ekonomi untuk mendapatkan hasil yang terbaik dari segi biaya.
3. Melakukan analisis *concrete sliding*.
4. Membahas sistem mitigasi apabila terjadi kegagalan dalam proyek.
5. Menganalisis kelelahan pada proses *tie-in* ketika kondisi badai.

DAFTAR PUSTAKA

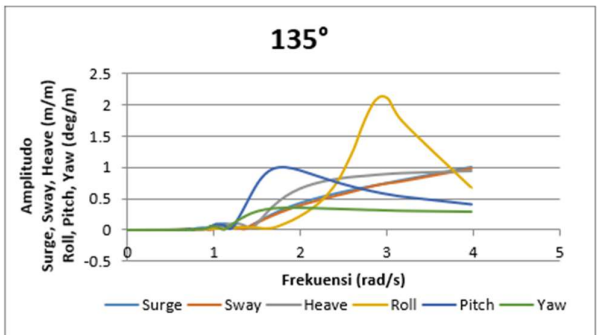
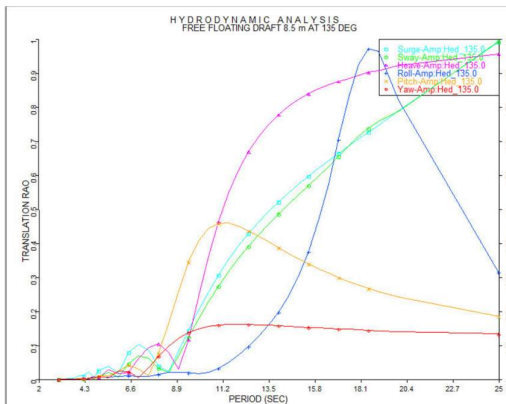
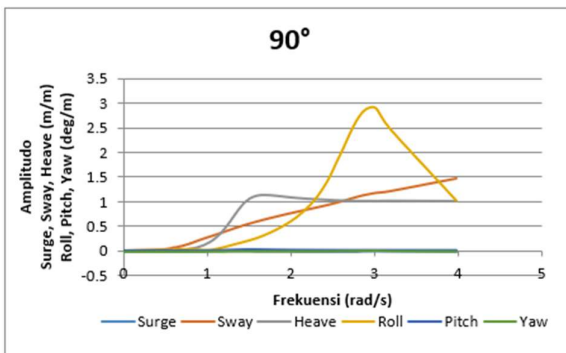
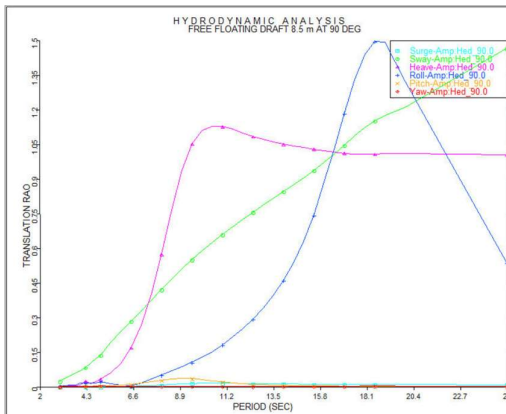
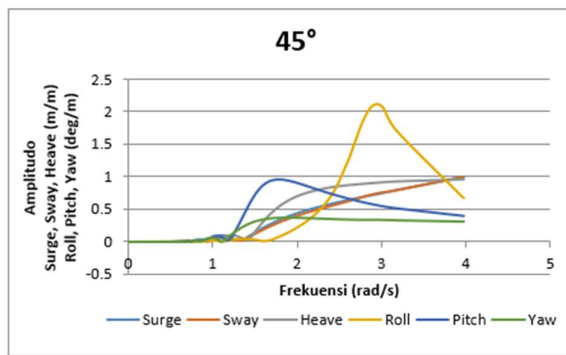
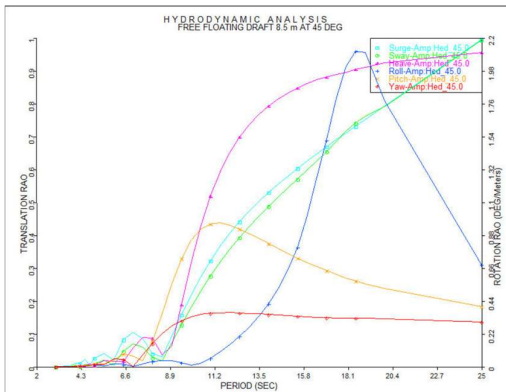
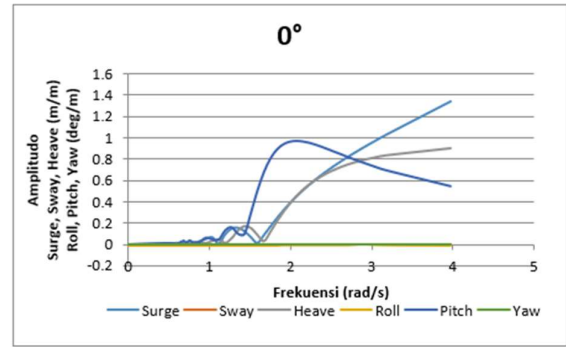
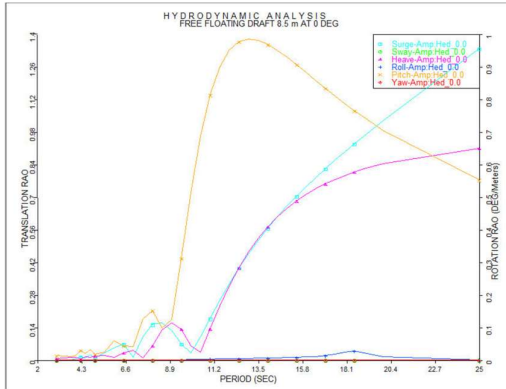
- Achnita, D., & Rildova. (2014). *ANALISIS ABOVE WATER TIE-IN PADA PEMINDAHAN JALUR PIPA BAWAH LAUT*. <https://tekniklepaspantai.itb.ac.id/wp-content/uploads/sites/441/2022/02/15511032-Dwini-R-A.pdf>
- Andersen, L. K. H. (2015). *Subsea Tie-In Design Solutions and Optimisation Methods*.
- Ardiansyah, A. (2019). *Analisis Kelelahan Pada Pipeline Saat Instalasi Dengan Variasi Radius Curvature of Stinger Dan Fatigue Analysis on Pipeline During Installation With Variation of Radius Curvature*.
- ASTM. (2011). *American Society for Testing and Materials*.
- Bakhtiary, A., Ghaheri, A., & Valipour, R. (2009). Analysis of Offshore Pipeline Allowable Free Span Length. *Journal of Clinical Psychology*, 2(1), 205–211.
- Bounds, W., Camacho, M., Wong, S., & Mejia, F. (2020). Fatigue Evaluation Approach for Ocean Transport of Onshore Modules. *Structures Congress 2020 - Selected Papers from the Structures Congress 2020, April*, 591–598. <https://doi.org/10.1061/9780784482896.055>
- BPS. (2022). *Statistik pertambangan minyak dan gas bumi 2017–2021*. <https://www.bps.go.id/id/publication/2022/12/21/7666d170c5284be3575033b2/statistik-gas-2017-2021.html>
- BPS. (2023). *Jumlah Penduduk Pertengahan Tahun (ribu jiwa)*.
- Braestrup, M., Andersen, J. B., Andersen, L. W., Bryndum, M. B., & Nielsen, N.-J. R. (2009). *Design and Installation of Marine Pipelines*. 384.
- Chakrabarti. (2005). HANBOOK OF OFFSHORE ENGINEERING. In *Handbook of Offshore Engineering: Vol. I*. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-08-044381-2.50022-9>
- Darisman, H. (2024). *OPTIMASI DESAIN SUBSTRUKTUR DEEPCWIND FLOATING OFFSHORE WIND TURBINE DENGAN METODE DETERMINISTIC DESIGN OPTIMIZATION*.
- DNVGL-ST-F101. (2017). *Submarine pipeline systems*. October.
- Gergassi, M. (2017). *Analisis Tie Pipa Bawah Laut Dengan Metode Elemen Hingga dan Castigliano*.
- Gyarino, S. C., Handani, D. W., Pratiwi, E., Prastyasari, F. I., & Ariana, I. M. (2022). Risk Assessment of Balikpapan-Samarinda Oil Distribution Pipeline Using Kent Muhlbauer Method. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 972(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/972/1/012080>
- Hanafi, M. R. H. (2023). *Analisis Tegangan dan Regangan Pipa Bawah Laut Pada Saat Proses Above Water Tie-In*.
- Hwang, S. Y., Kim, M. S., & Lee, J. H. (2020). Thermal stress analysis of process piping system installed on lng vessel subject to hull design loads. *Journal of Marine Science and Engineering*, 8(11), 1–16. <https://doi.org/10.3390/jmse8110926>

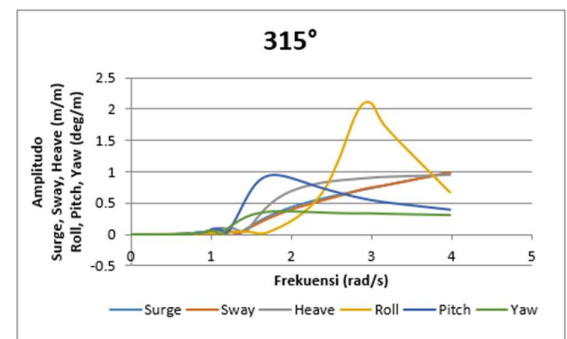
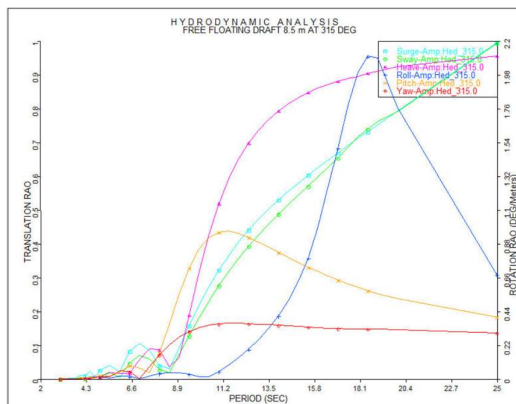
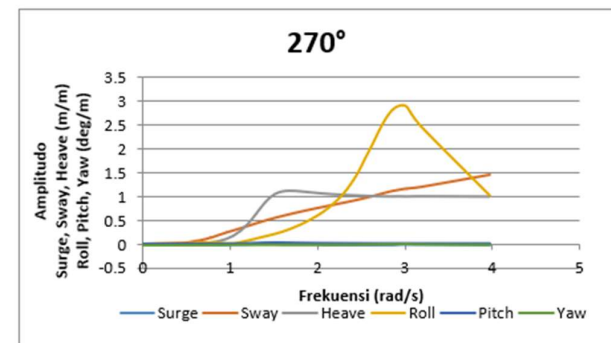
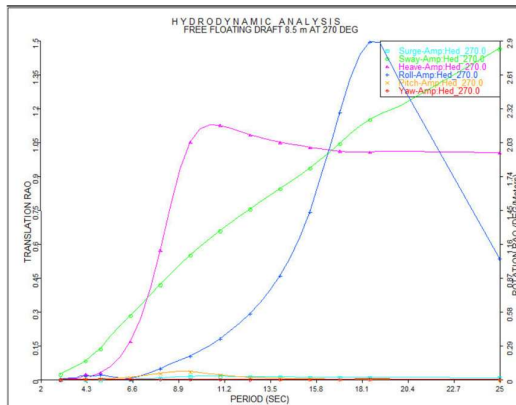
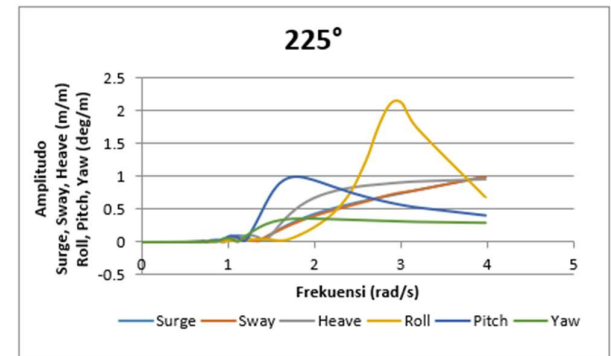
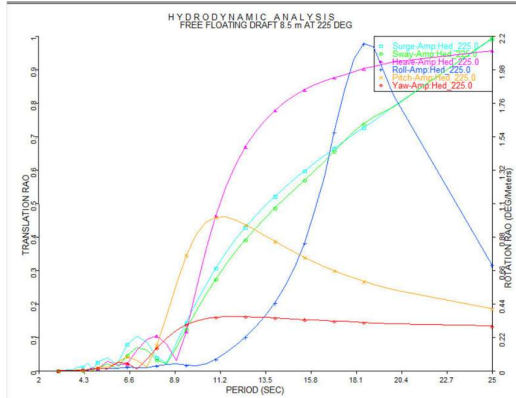
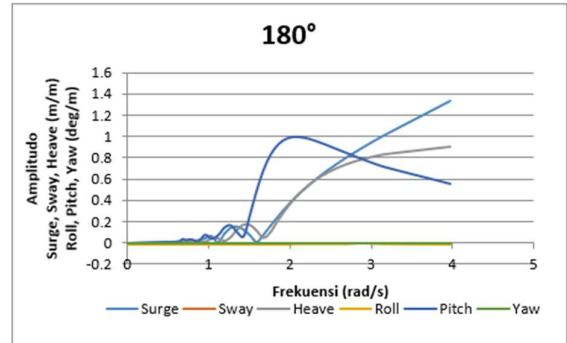
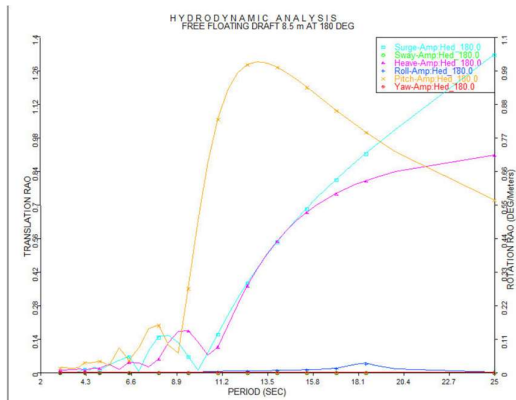
- Ibrahim, R. (2016). *Stress Analysis of Subsea Pipeline During Above Water Tie-in Process Using Davit Lifting and Buoyancy Tank*.
- IEA. (2023). *World Energy Outlook 2023*. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023>
- Ketkar, M., & Patil, D. K. (2014). Review of Subsea Pipeline for Minimizing Thermal and Pressure Expansion. *International Journal of Petroleum Engineering and Technology*, 4(June), 1–13.
- Kharade, A. S., & Kapadiya, S. V. (2014). Offshore Engineering : an Overview of Types and Loadings on Structures. *International Journal of Structural and Civil Engineering Research*, 3(2), 16-28.
- Popov, E. (1984). *Mekanika Teknik*. Erlangga.
- ROTHFARB B, FRANK H, KLEITMAN DJ, ROSENBAUM DM, & STEIGLITZ K. (1970). Optimal Design of Offshore Natural-Gas Pipeline Systems. *Operations Research*, 18(6), 992–1020. <https://doi.org/10.1287/opre.18.6.992>
- Sakyanary, I. (2020). *ANALISIS TEGANGAN PADA PIPA SAAT INSTALASI DENGAN VARIASI TENSION DAN RADIUS OF CURVATURE STUDI KASUS : PT PHE WMO*.
- Sanif, A. (2019). *Analisis Concrete Crushing dan Lay Curve Radius Pada Pipeline Saat Instalasi Dengan Metode S-Lay*.
- Seth, D., Manna, B., Shahu, J. T., Fazeres-Ferradosa, T., Pinto, F. T., & Rosa-Santos, P. J. (2021). Buckling mechanism of offshore pipelines: A state of the art. *Journal of Marine Science and Engineering*, 9(10). <https://doi.org/10.3390/jmse9101074>
- Sotoodeh, K. (2022). *Case Studies of Material Corrosion Prevention for Oil and Gas Valves*. 97–163. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780323954747000081>
- SUHARYATI, Pratiwi, N. I., Pambudi, S. H., Sauqi, A., Wibowo, J. L., & Damanik, J. T. (2023). *OUTLOOK ENERGI INDONESIA*.
- Tawekal, R. L., Fitriany, & Tukuboya, M. T. (2006). *Pengembangan Formula SCF untuk Analisa Kelelahan Joint (Sambungan) T pada Struktur Bangunan Lepas Pantai*. 13(1), 33–40.
- Wicaksono, A. Y. (2018). *Analisis Stabilitas Pipa “Flowline” Fleksibel Bawah Laut: Studi Kasus Platform Esra Menuju Platform Esa Pt. Pertamina Hulu Energi Offshore North West Java*. 204.
- Zhang, Z., Guo, Y., Yun, P., Zeng, J., He, K., Cheng, W., & Sui, T. (2024). Field investigation on burial characteristics of subsea pipeline with spoiler on silty seabed. *Ocean Engineering*, 314(P2), 119815. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2024.119815>

LAMPIRAN

LAMPIRAN A

Validasi RAO

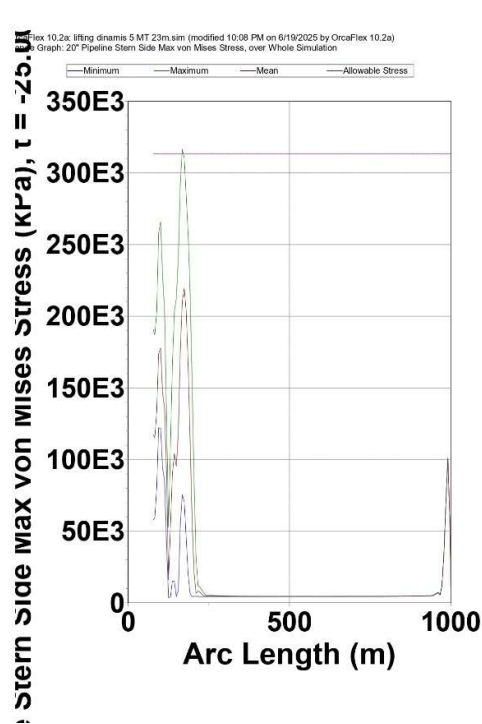




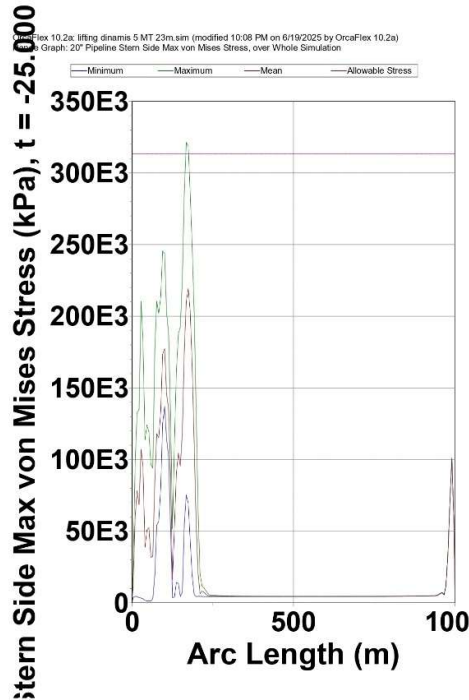
LAMPIRAN B

Output Von Mises *Stress* OrcaFlex

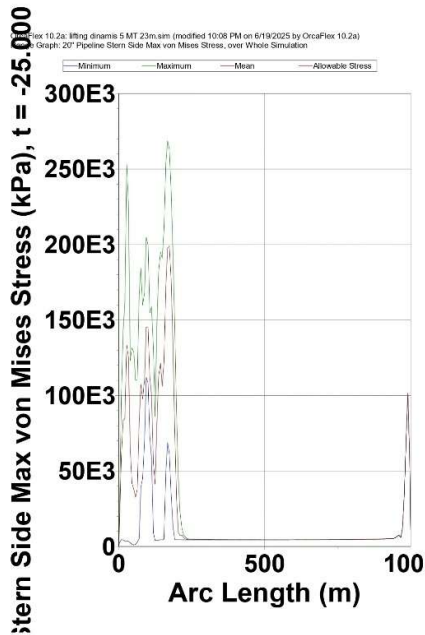
Case 1 Arah Beban Lingkungan 0°
Pipa Stern



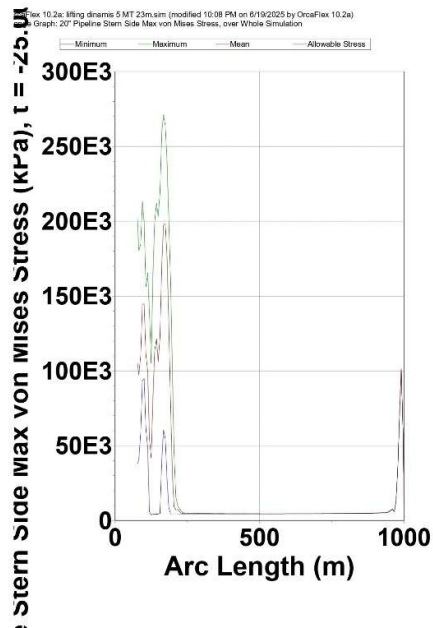
Case 1 Arah Beban Lingkungan 180°
Pipa Stern



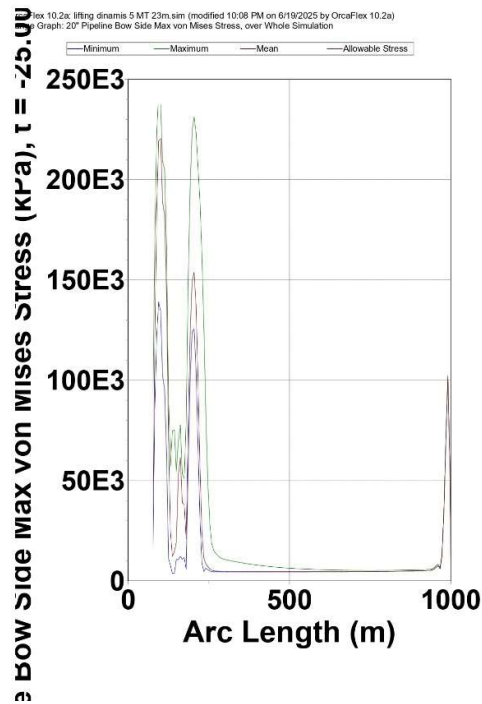
Case 1 Arah Beban Lingkungan 90°
Pipa Stern



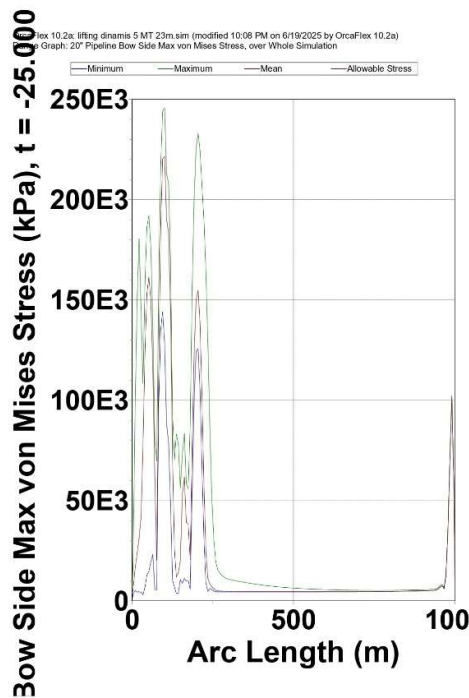
Case 1 Arah Beban Lingkungan 270°
Pipa Stern



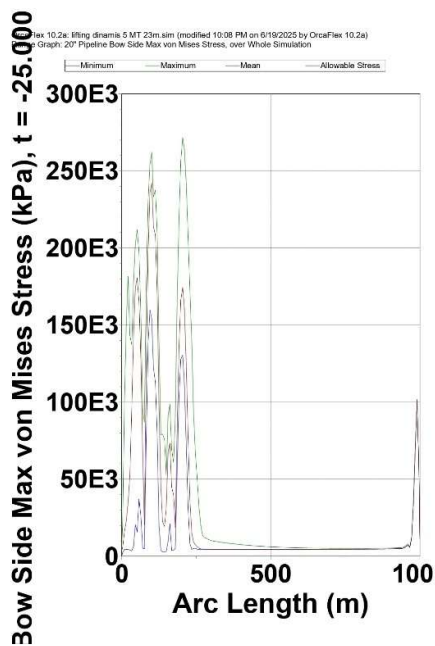
Case 1 Arah Beban Lingkungan 0°
Pipa Bow



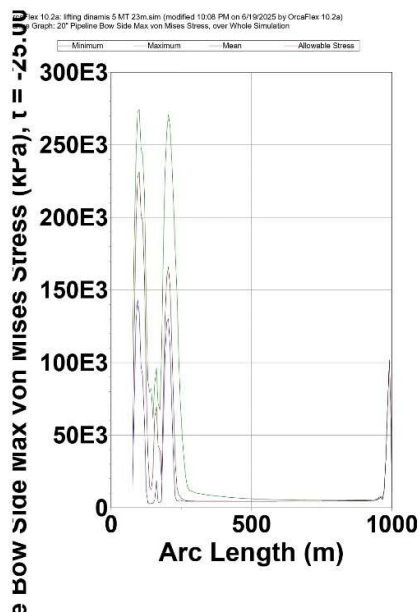
Case 1 Arah Beban Lingkungan 180°
Pipa Bow



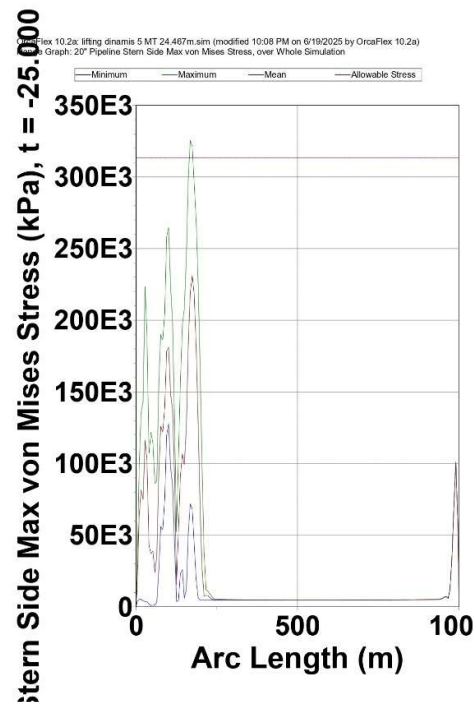
Case 1 Arah Beban Lingkungan 90°
Pipa Bow



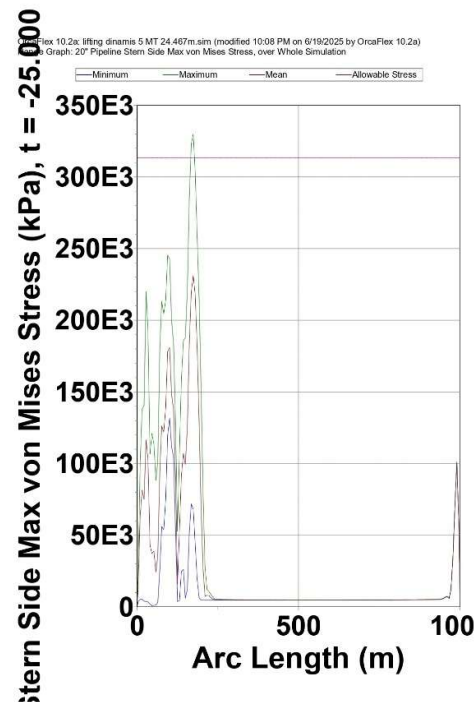
Case 1 Arah Beban Lingkungan 270°
Pipa Bow



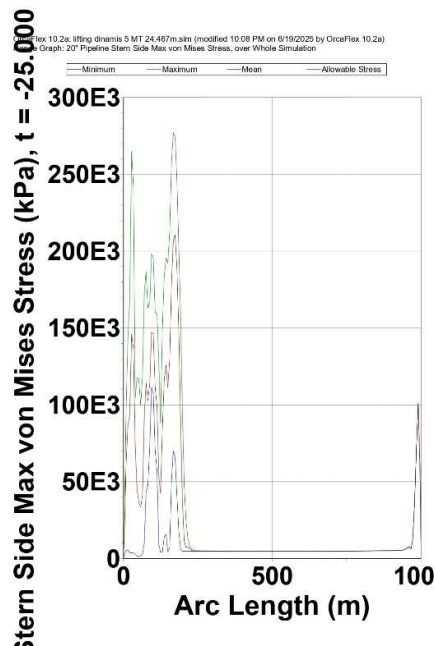
Case 2 Arah Beban Lingkungan 0°
Pipa Stern



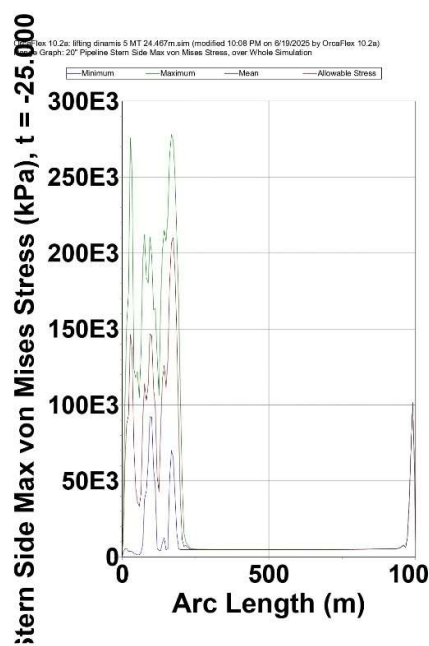
Case 2 Arah Beban Lingkungan 180°
Pipa Stern



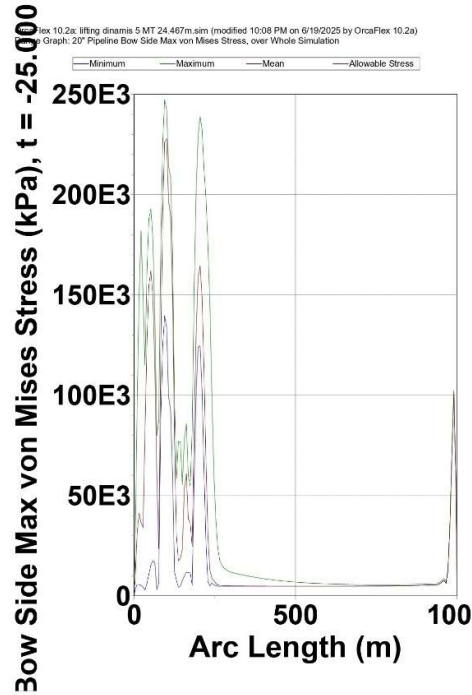
Case 2 Arah Beban Lingkungan 90°
Pipa Stern



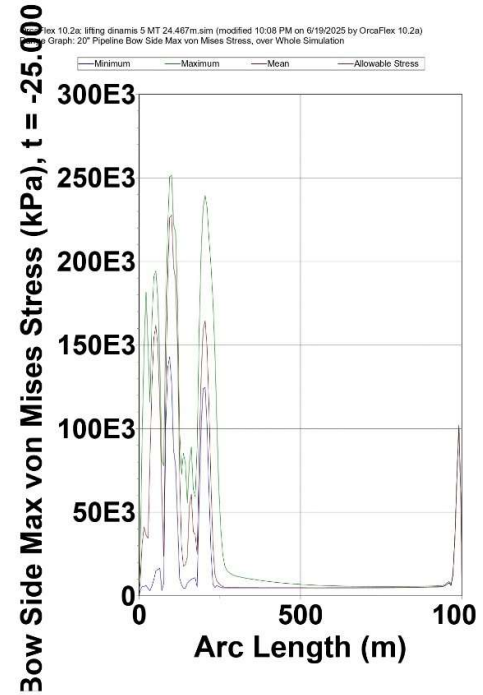
Case 2 Arah Beban Lingkungan 270°
Pipa Stern



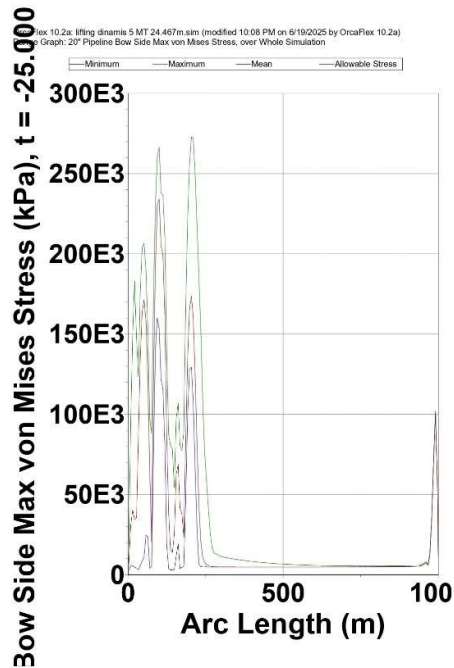
Case 2 Arah Beban Lingkungan 0°
Pipa Bow



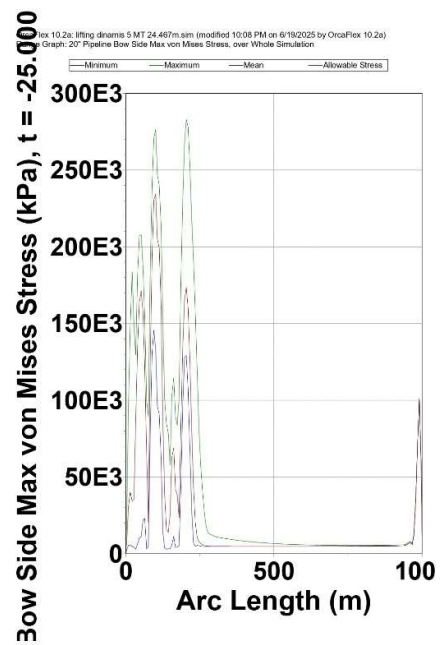
Case 2 Arah Beban Lingkungan 180°
Pipa Bow



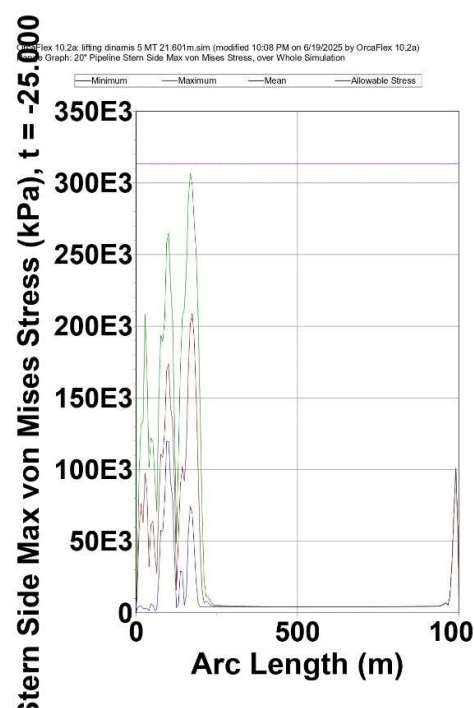
Case 2 Arah Beban Lingkungan 90°
Pipa Bow



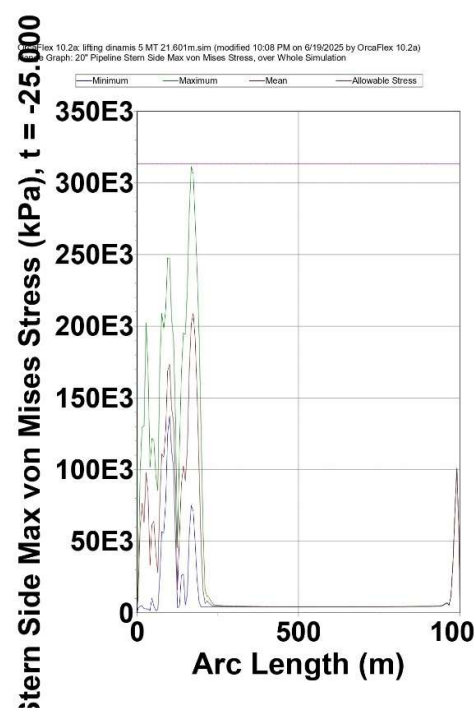
Case 2 Arah Beban Lingkungan 270°
Pipa Bow



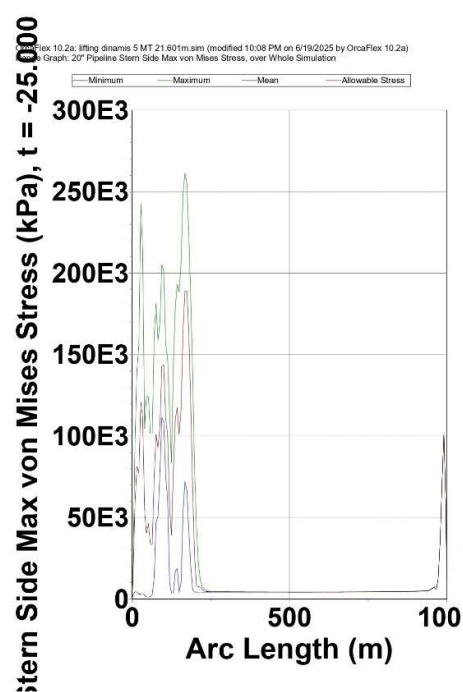
Case 3 Arah Beban Lingkungan 0°
Pipa Stern



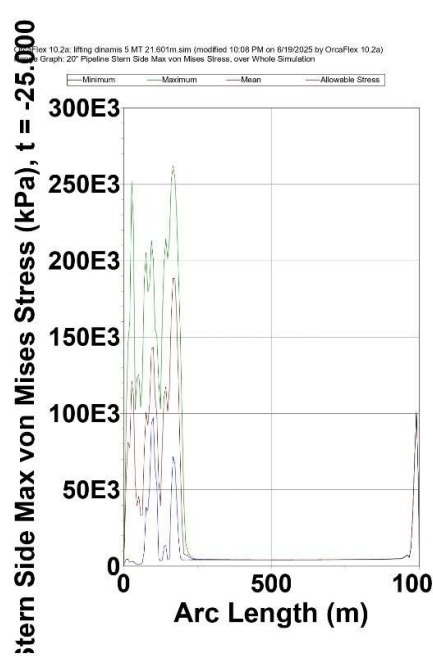
Case 3 Arah Beban Lingkungan 180°
Pipa Stern



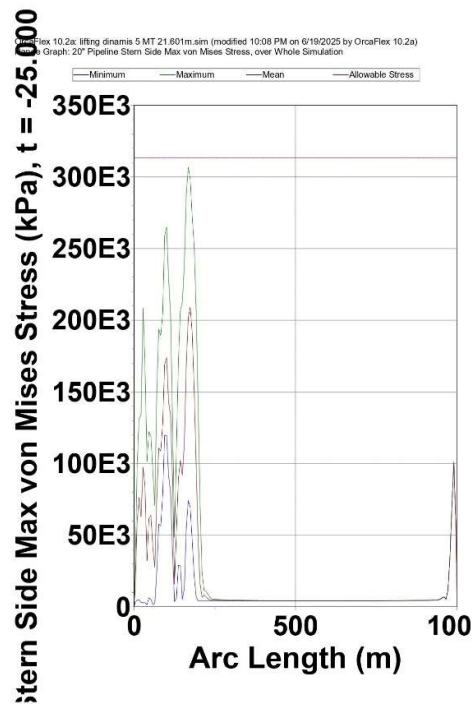
Case 3 Arah Beban Lingkungan 90°
Pipa Stern



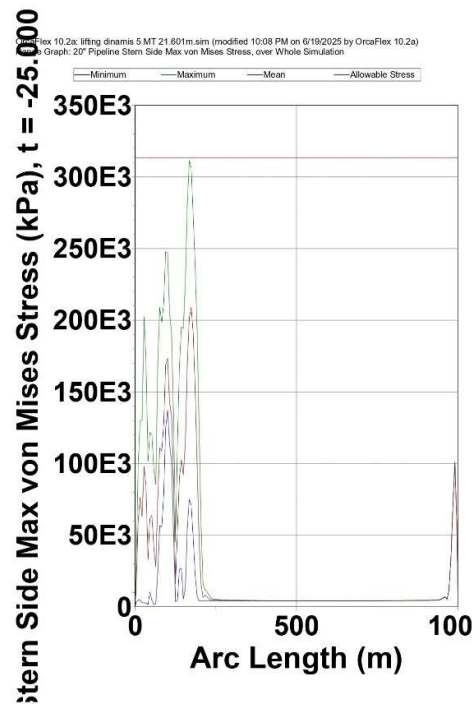
Case 3 Arah Beban Lingkungan 270°
Pipa Stern



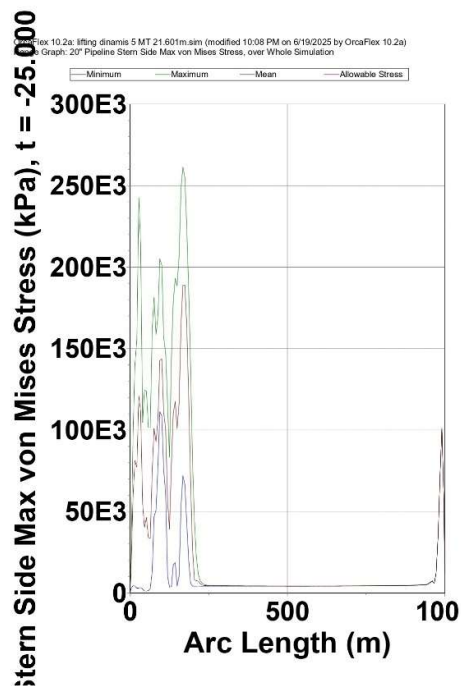
Case 3 Arah Beban Lingkungan 0°
Pipa Bow



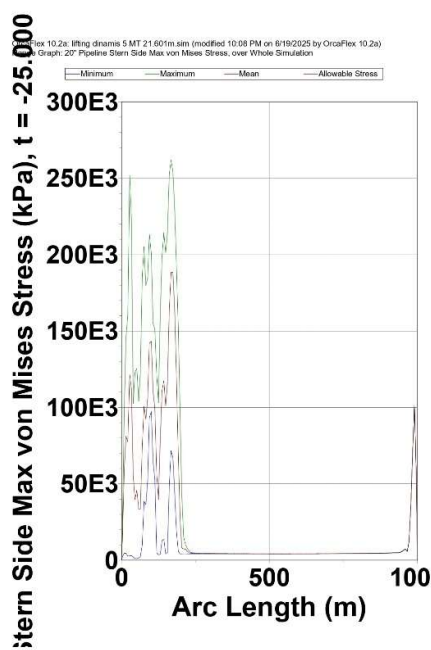
Case 3 Arah Beban Lingkungan 180°
Pipa Bow



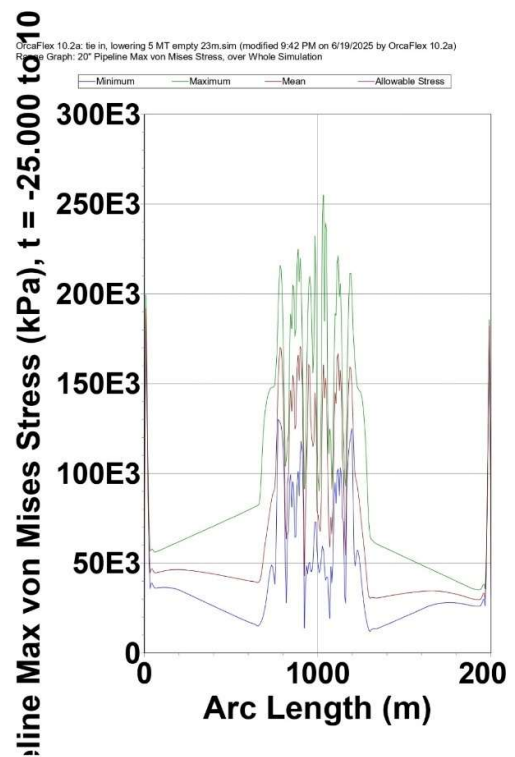
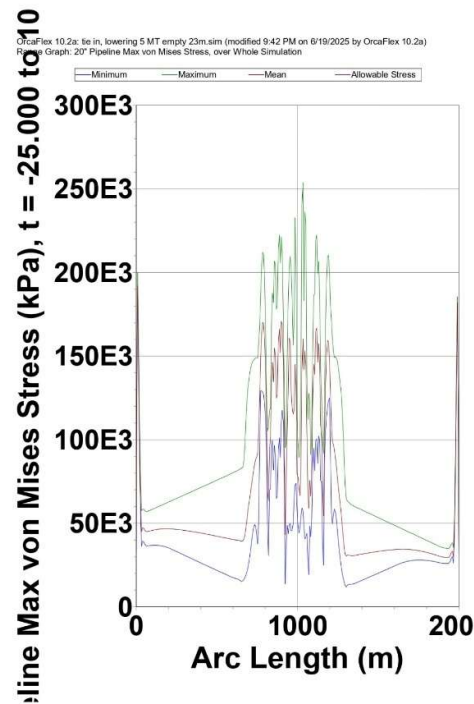
Case 3 Arah Beban Lingkungan 90°
Pipa Bow



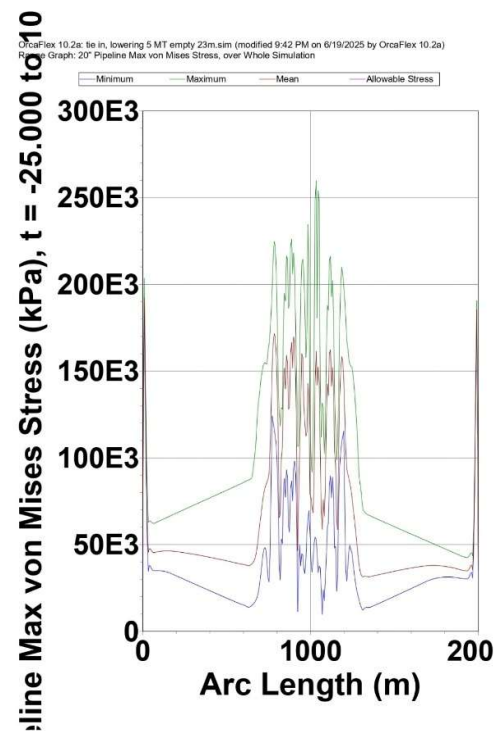
Case 3 Arah Beban Lingkungan 270°
Pipa Bow



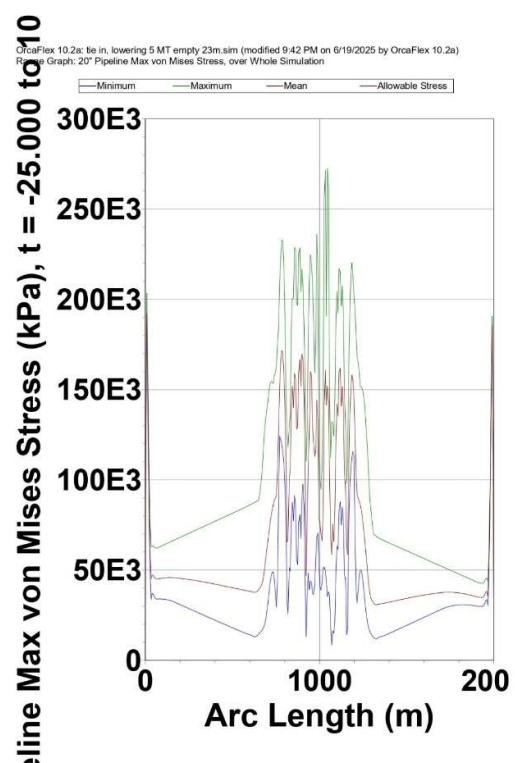
Case 4 Arah Beban Lingkungan 0°



Case 4 Arah Beban Lingkungan 90°

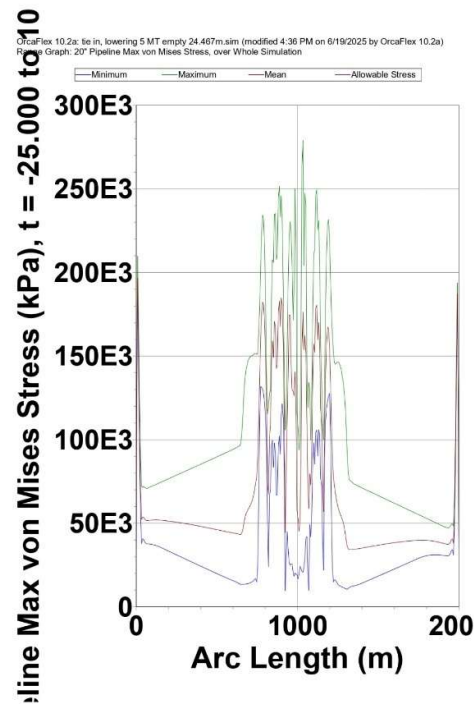


Case 4 Arah Beban Lingkungan 270°

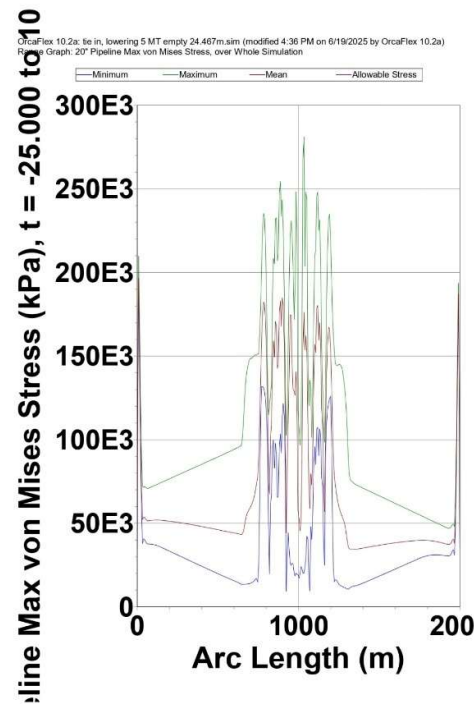


Case 4 Arah Beban Lingkungan 180°

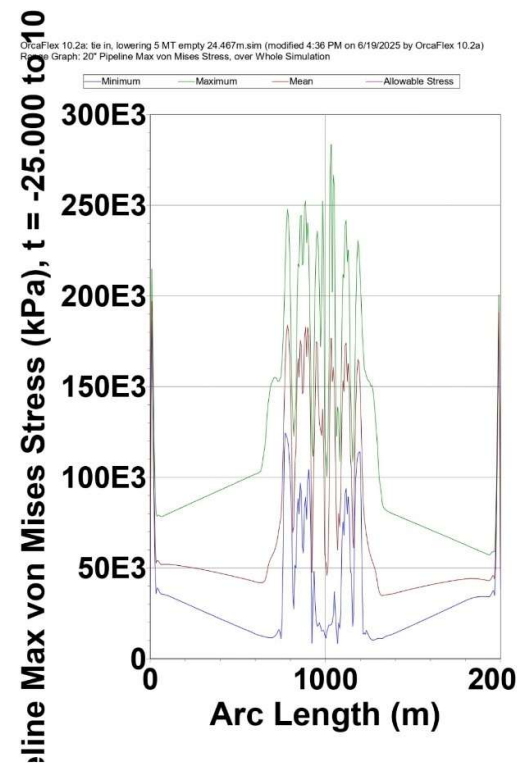
Case 5 Arah Beban Lingkungan 0°



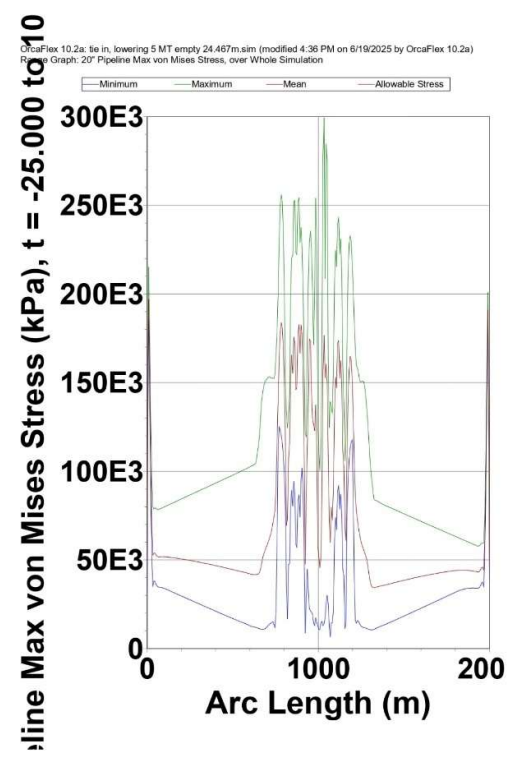
Case 5 Arah Beban Lingkungan 180°



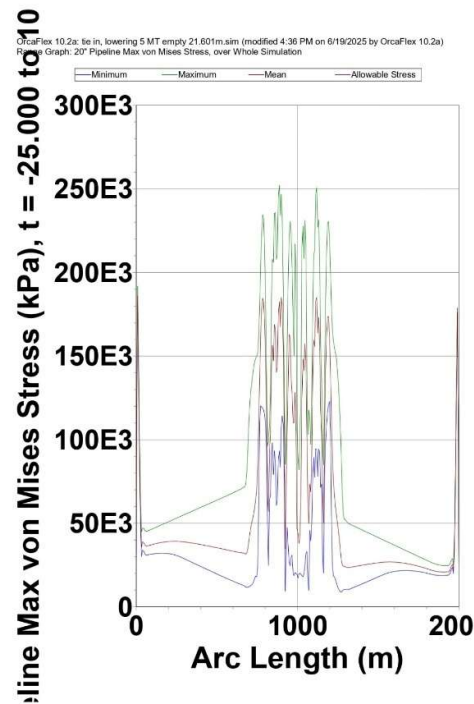
Case 5 Arah Beban Lingkungan 90°



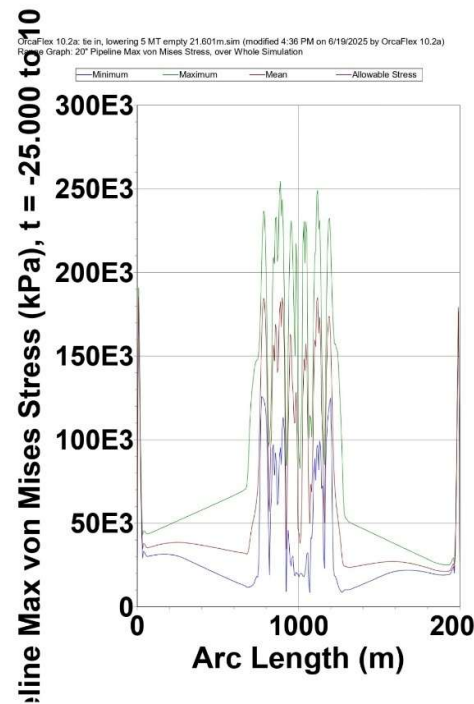
Case 5 Arah Beban Lingkungan 270°



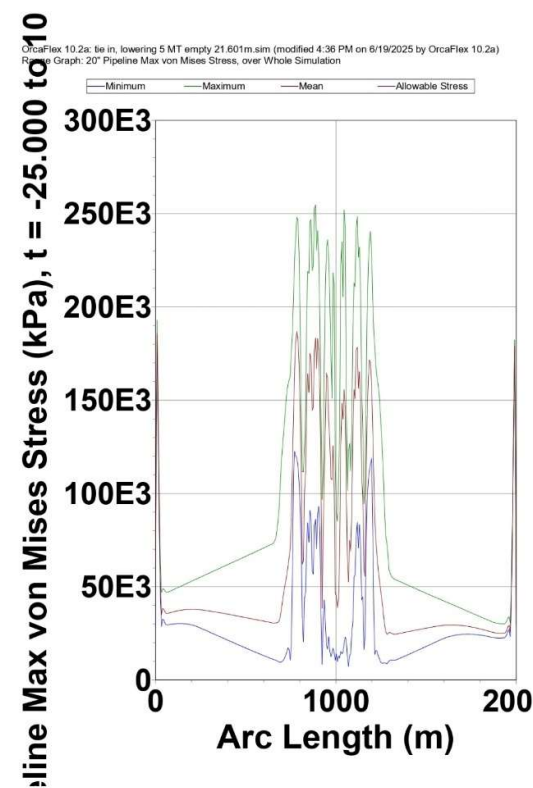
Case 6 Arah Beban Lingkungan 0°



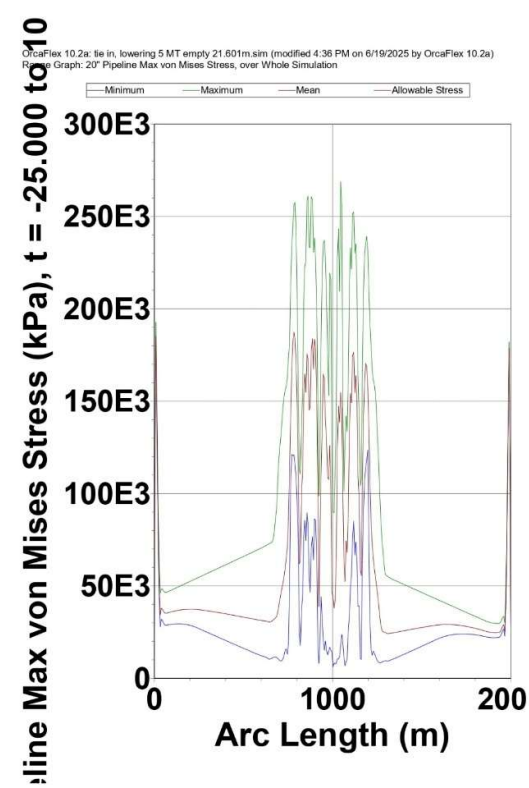
Case 6 Arah Beban Lingkungan 180°



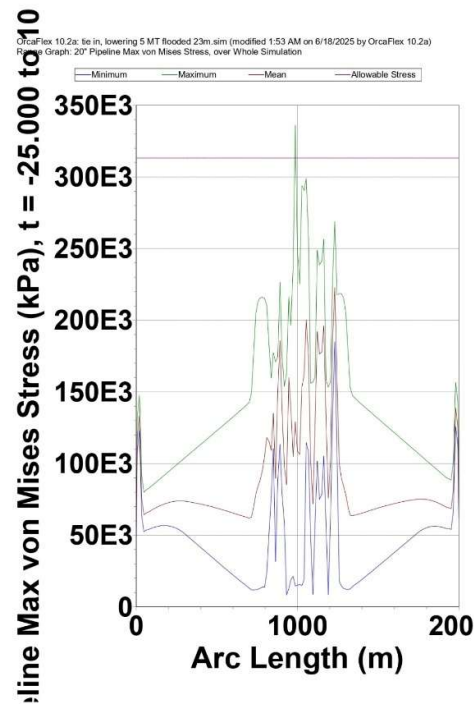
Case 6 Arah Beban Lingkungan 90°



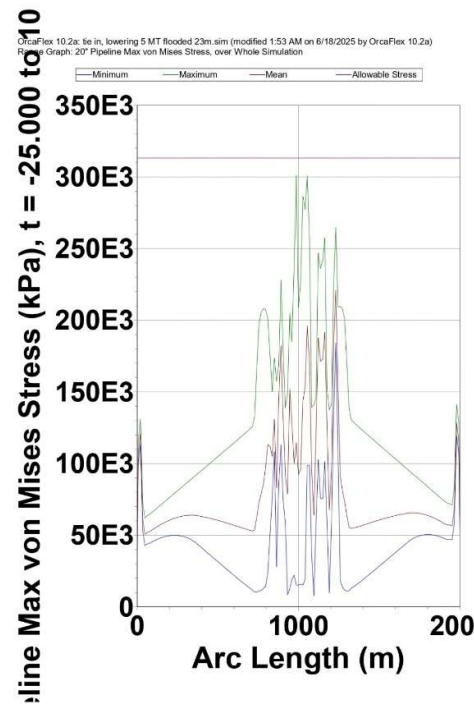
Case 6 Arah Beban Lingkungan 270°



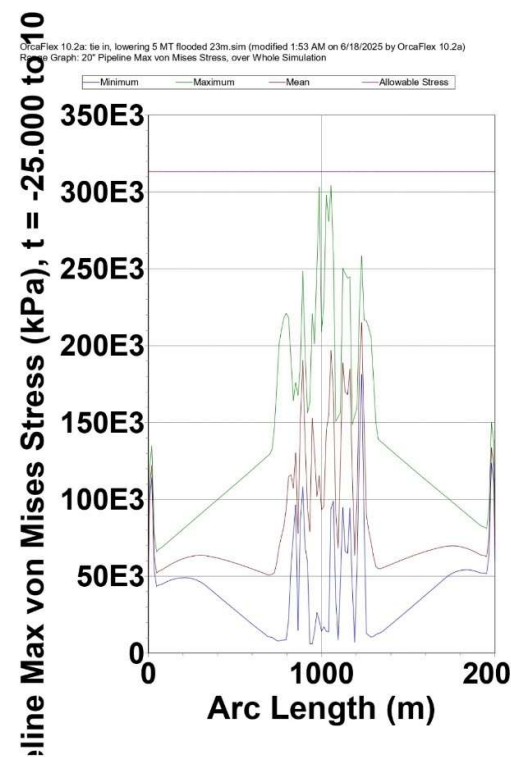
Case 7 Arah Beban Lingkungan 0°



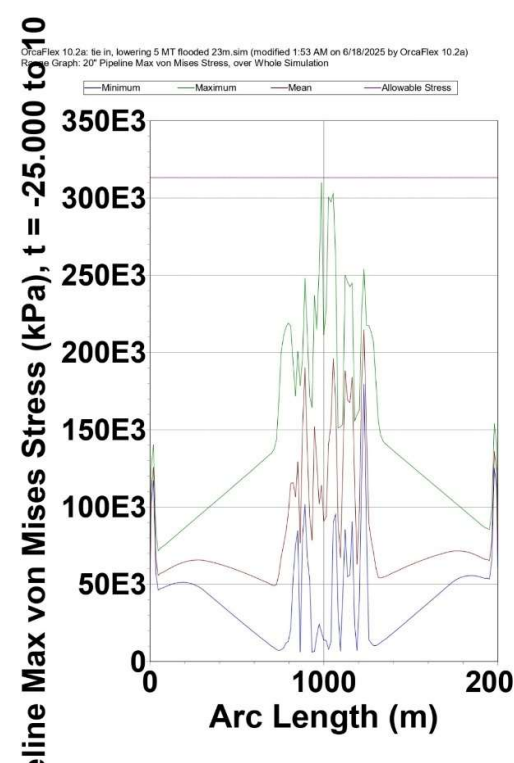
Case 7 Arah Beban Lingkungan 180°



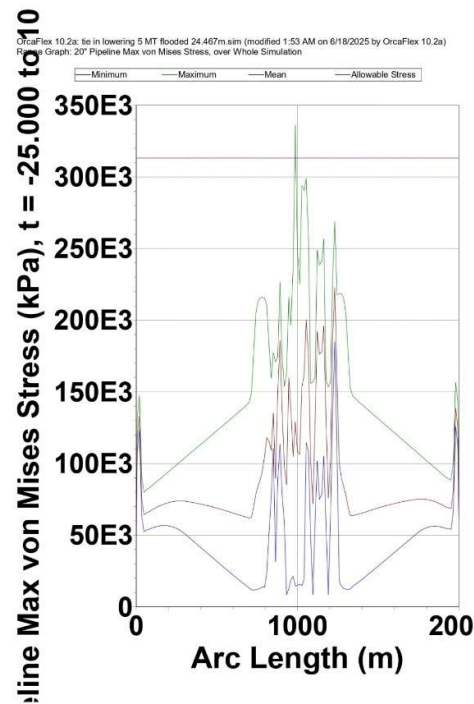
Case 7 Arah Beban Lingkungan 90°



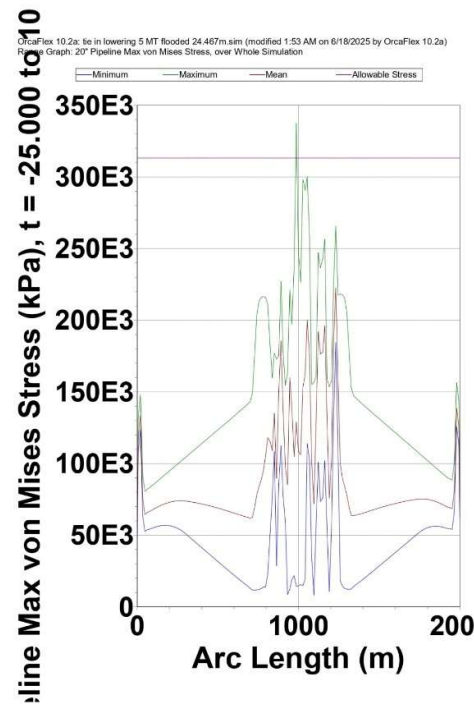
Case 7 Arah Beban Lingkungan 270°



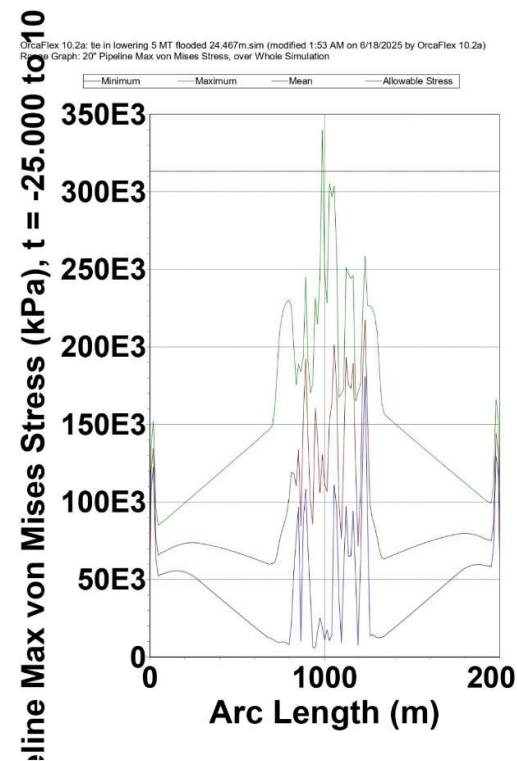
Case 8 Arah Beban Lingkungan 0°



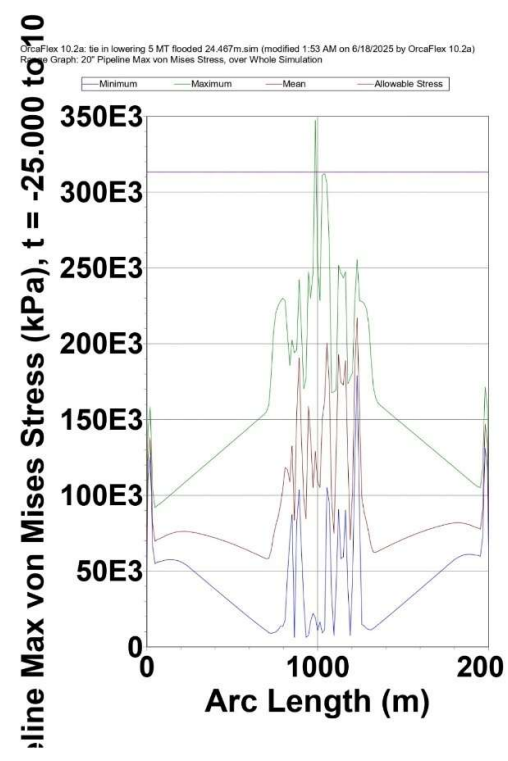
Case 8 Arah Beban Lingkungan 180°



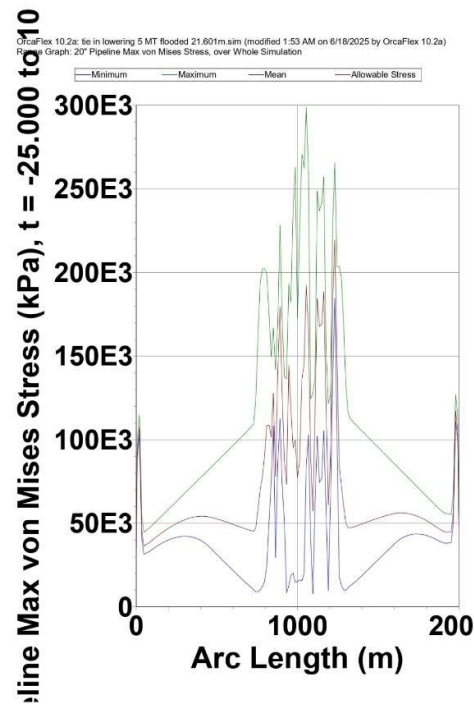
Case 8 Arah Beban Lingkungan 90°



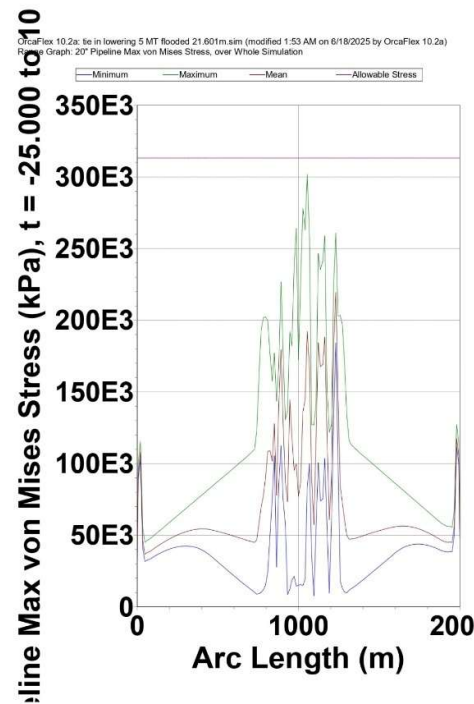
Case 8 Arah Beban Lingkungan 270°



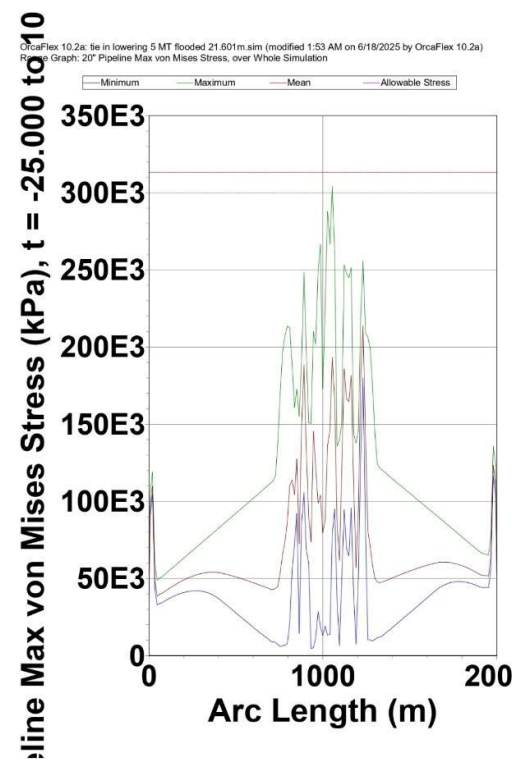
Case 9 Arah Beban Lingkungan 0°



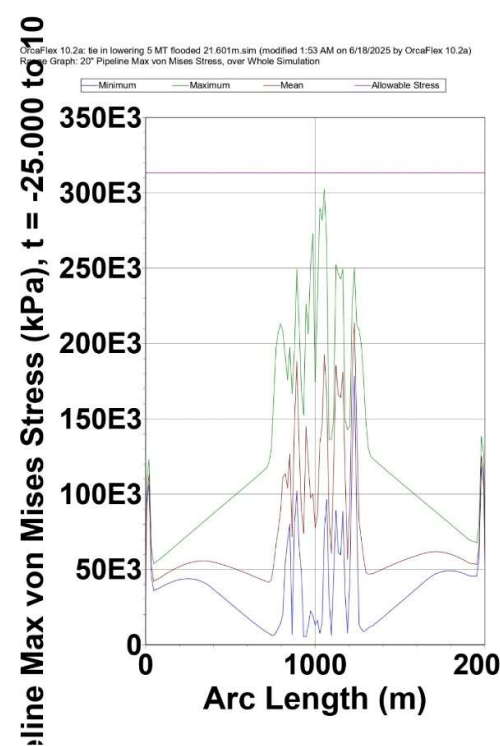
Case 9 Arah Beban Lingkungan 180°



Case 9 Arah Beban Lingkungan 90°



Case 9 Arah Beban Lingkungan 270°



lifting 23m									
0 degree									
Stage 1					Stage 5				
Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)
150487.0825	48.05	139416.4319	44.51	313200	217993.463	69.60	216753.0197	69.21	313200
Stage 2					Stage 6				
Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)
163844.8571	52.31	154034.7414	49.18	313200	226472.7495	72.31	225662.0201	72.05	313200
Stage 3					Stage 7				
Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)
212275.546	67.78	200669.1195	64.07	313200	229253.5807	73.20	223717.0843	71.43	313200
Stage 4					Stage 8				
Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)
285340.001	91.10	277330.8209	88.55	313200	221169.1333	70.62	217818.2087	69.55	313200

lifting 23m									
90 degree									
Stage 1					Stage 5				
Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)
160502.7068	51.25	153311.7583	48.95	313200	233863.5898	74.67	229326.602	73.22	313200
Stage 2					Stage 6				
Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)
156018.8987	49.81	146218.2474	46.69	313200	235811.1119	75.29	230006.041	73.44	313200
Stage 3					Stage 7				
Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)
188957.2243	60.33	183495.8978	58.59	313200	241729.8478	77.18	239681.9835	76.53	313200
Stage 4					Stage 8				
Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)

247520.0716	79.03	245500.7142	78.38	313200	242329.3982	77.37	241823.5559	77.21	313200
-------------	-------	-------------	-------	--------	-------------	-------	-------------	-------	--------

lifting 23m									
180 degree									
Stage 1					Stage 5				
Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)
154770.6561	49.42	144055.0454	45.99	313200	219135.1531	69.97	217853.9972	69.56	313200
Stage 2					Stage 6				
Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)
163843.3522	52.31	153983.9962	49.16	313200	233677.7026	74.61	230525.1049	73.60	313200
Stage 3					Stage 7				
Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)
210870.167	67.33	200598.3647	64.05	313200	233590.4131	74.58	232381.8414	74.20	313200
Stage 4					Stage 8				
Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)
286764.0848	91.56	277525.893	88.61	313200	229835.5354	73.38	224811.5049	71.78	313200

lifting 23m									
270 degree									
Stage 1					Stage 5				
Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)
161097.637	51.44	154113.9423	49.21	313200	229676.8143	73.33	226372.569	72.28	313200
Stage 2					Stage 6				
Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)

155529.5444	49.66	149216.8968	47.64	313200	243331.805	77.69	237747.0235	75.91	313200
Stage 3					Stage 7				
Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)
192328.2642	61.41	187623.305	59.91	313200	255706.0246	81.64	253640.3444	80.98	313200
Stage 4					Stage 8				
Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)
252680.6458	80.68	243625.4296	77.79	313200	246684.9811	78.76	246544.0583	78.72	313200

lifting 24,467m										
0 degree										
Stage 1					Stage 5					
Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	
186918.2655	59.68	174906.7314	55.85	313200	232881.8382	74.36	228344.5938	72.91	313200	
Stage 2					Stage 6					
Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	
178998.6109	57.15	167327.5575	53.43	313200	230711.9011	73.66	228045.7928	72.81	313200	
Stage 3					Stage 7					
Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	
221530.2377	70.73	211935.7501	67.67	313200	232778.0437	74.32	225865.9811	72.12	313200	
Stage 4					Stage 8					
Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	
292328.5921	93.34	282675.125	90.25	313200	224205.3513	71.59	223134.2055	71.24	313200	

lifting 24,467m										
90 degree										
Stage 1					Stage 5					
Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	

185501.0101	59.23	177991.9378	56.83	313200	241228.9032	77.02	235765.6751	75.28	313200
Stage 2					Stage 6				
Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)
172764.6065	55.16	162977.7268	52.04	313200	240337.1071	76.74	235037.415	75.04	313200
Stage 3					Stage 7				
Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)
198486.2993	63.37	192548.7446	61.48	313200	247860.4518	79.14	246422.1506	78.68	313200
Stage 4					Stage 8				
Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)
254451.9108	81.24	253994.39	81.10	313200	249749.1193	79.74	247204.6254	78.93	313200

lifting 24,467m									
180 degree									
Stage 1					Stage 5				
Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)
186662.1952	59.60	175139.1113	55.92	313200	236354.0647	75.46	232056.2304	74.09	313200
Stage 2					Stage 6				
Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)
179735.3191	57.39	168859.779	53.91	313200	233621.2185	74.59	233169.5824	74.45	313200
Stage 3					Stage 7				
Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)
221141.9346	70.61	209544.2744	66.90	313200	237264.3429	75.75	235016.4225	75.04	313200
Stage 4					Stage 8				
Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)
294307.2645	93.97	283082.2892	90.38	313200	232208.2544	74.14	225200.188	71.90	313200

lifting 24,467m									
270 degree									
Stage 1					Stage 5				
Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)
186025.939	59.40	179078.8668	57.18	313200	240843.8085	76.90	234814.401	74.97	313200
Stage 2					Stage 6				
Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)
176125.9502	56.23	167215.5352	53.39	313200	246837.3464	78.81	241462.4233	77.10	313200
Stage 3					Stage 7				
Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)
201774.6515	64.42	195420.8516	62.39	313200	261168.3528	83.39	258519.1334	82.54	313200
Stage 4					Stage 8				
Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)
259431.791	82.83	252329.4046	80.56	313200	253868.5707	81.06	251294.0795	80.23	313200

lifting 21,601m									
0 degree									
Stage 1					Stage 5				
Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)
139268.0266	44.47	127529.6288	40.72	313200	218431.5199	69.74	217286.4428	69.38	313200
Stage 2					Stage 6				
Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)
167988.4648	53.64	158012.0205	50.45	313200	227254.6845	72.56	227008.4271	72.48	313200
Stage 3					Stage 7				
Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)
202670.2638	64.71	190958.0237	60.97	313200	224554.7438	71.70	221264.9891	70.65	313200

Stage 4					Stage 8				
Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)
278998.7027	89.08	270492.5728	86.36	313200	217779.2968	69.53	214949.6768	68.63	313200

lifting 21,601m									
90 degree									
Stage 1					Stage 5				
Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)
139187.8949	44.44	127081.0992	40.58	313200	224009.1006	71.52	221168.585	70.62	313200
Stage 2					Stage 6				
Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)
157761.4692	50.37	149636.136	47.78	313200	226676.4814	72.37	221148.0248	70.61	313200
Stage 3					Stage 7				
Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)
179885.6551	57.43	174841.5779	55.82	313200	238082.6782	76.02	235111.7381	75.07	313200
Stage 4					Stage 8				
Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)
240821.6867	76.89	237388.6199	75.79	313200	234876.1291	74.99	233488.7333	74.55	313200

lifting 21,601m									
180 degree									
Stage 1					Stage 5				
Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)
139120.6244	44.42	127531.6911	40.72	313200	219657.8007	70.13	218346.629	69.71	313200
Stage 2					Stage 6				
Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)
164334.143	52.47	153555.5763	49.03	313200	228289.7163	72.89	223355.2679	71.31	313200

Stage 3					Stage 7				
Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)
200371.3482	63.98	190914.7306	60.96	313200	229099.5193	73.15	228981.4538	73.11	313200
Stage 4					Stage 8				
Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)
280008.5592	89.40	272162.331	86.90	313200	226885.3461	72.44	222882.4508	71.16	313200

lifting 21,601m									
270 degree									
Stage 1					Stage 5				
Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)
139109.8025	44.42	127159.1859	40.60	313200	224114.4755	71.56	220776.3372	70.49	313200
Stage 2					Stage 6				
Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)
158366.8227	50.56	151553.0811	48.39	313200	232726.8696	74.31	226638.2705	72.36	313200
Stage 3					Stage 7				
Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)
183791.293	58.68	176931.1056	56.49	313200	251060.4835	80.16	248780.0734	79.43	313200
Stage 4					Stage 8				
Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)
246082.7231	78.57	235318.3675	75.13	313200	242236.0118	77.34	238086.1632	76.02	313200

lowering empty 23 m									
0 degree									
Stage 1					Stage 3				
Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)
232148.7181	74.12	223768.9265	71.45	313200	287306.2728	91.73	286675.0129	91.53	313200
Stage 2					Stage 4				
Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)
233308.5803	74.49	227372.7383	72.60	313200	251950.7548	80.44	244640.1509	78.11	313200
lowering empty 23 m									
90 degree									
Stage 1					Stage 3				
Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)
242316.3784	77.37	233929.7305	74.69	313200	311915.3676	99.59	308633.437	98.54	313200
Stage 2					Stage 4				
Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)
254495.3796	81.26	234217.9637	74.78	313200	250173.5059	79.88	246860.0375	78.82	313200

lowering empty 23 m									
180 degree									
Stage 1					Stage 3				
Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)
230750.3685	73.68	228906.7472	73.09	313200	290124.0409	92.63	287458.5264	91.78	313200
Stage 2					Stage 4				
Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)

241102.5558	76.98	230045.4571	73.45	313200	252025.0775	80.47	245327.8138	78.33	313200
lowering empty 23 m									
270 degree									
Stage 1					Stage 3				
Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)
248740.1743	79.42	239274.2895	76.40	313200	311354.8914	99.41	280225.8744	89.47	313200
Stage 2					Stage 4				
Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)
251712.2132	80.37	239123.4247	76.35	313200	250101.3203	79.85	246206.5938	78.61	313200

lowering empty 24.467 m									
0 degree									
Stage 1					Stage 3				
Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)
248362.7769	79.30	238593.8328	76.18	313200	284602.6732	90.87	282477.6005	90.19	313200
Stage 2					Stage 4				
Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)
261135.3577	83.38	256571.8227	81.92	313200	252173.6241	80.52	244905.3429	78.19	313200
lowering empty 24.467 m									
90 degree									
Stage 1					Stage 3				
Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)
250975.1862	80.13	250975.1862	80.13	313200	305698.6561	97.60	305181.582	97.44	313200
Stage 2					Stage 4				

Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)
282335.1099	90.15	260540.2972	83.19	313200	250062.751	79.84	246474.5309	78.70	313200

lowering empty 24.467 m									
180 degree									
Stage 1					Stage 3				
Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)
246987.0781	78.86	237517.9689	75.84	313200	287831.0551	91.90	284838.6786	90.94	313200
Stage 2					Stage 4				
Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)
268243.5671	85.65	253643.4899	80.98	313200	252143.7729	80.51	245423.8888	78.36	313200
lowering empty 24.467 m									
270 degree									
Stage 1					Stage 3				
Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)
260184.9028	83.07	252015.5188	80.46	313200	308658.544	98.55	308286.095	98.43	313200
Stage 2					Stage 4				
Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)
280069.7778	89.42	266304.6265	85.03	313200	249361.9408	79.62	245441.6918	78.37	313200

lowering empty 21,601 m									
0 degree									
Stage 1					Stage 3				
Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)

221952.757	70.87	215808.5518	68.90	313200	289947.6111	92.58	289055.1185	92.29	313200
Stage 2					Stage 4				
Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)
221975.2697	70.87	217171.0596	69.34	313200	251353.2649	80.25	243941.573	77.89	313200
lowering empty 21,601 m									
90 degree									
Stage 1					Stage 3				
Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)
236178.8072	75.41	226903.153	72.45	313200	307275.1246	98.11	301986.5992	96.42	313200
Stage 2					Stage 4				
Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)
226318.6447	72.26	225785.3561	72.09	313200	249765.9555	79.75	246961.8952	78.85	313200

lowering empty 21,601 m									
180 degree									
Stage 1					Stage 3				
Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)
219428.8628	70.06	215621.0815	68.84	313200	290999.6223	92.91	289786.1919	92.52	313200
Stage 2					Stage 4				
Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)
221679.6424	70.78	217465.9428	69.43	313200	251384.7409	80.26	244619.2764	78.10	313200
lowering empty 21,601 m									
270 degree									
Stage 1					Stage 3				

Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)
245181.5834	78.28	234153.6685	74.76	313200	308114.1058	98.38	303115.5497	96.78	313200
Stage 2					Stage 4				
Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)
227093.2893	72.51	217426.3662	69.42	313200	250414.7366	79.95	246567.8945	78.73	313200

lowering flooded 23 m									
0 degree									
Stage 1					Stage 3				
Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)
300867.1542	96.06	270729.4869	86.44	313200	302768.8293	96.67	286788.0077	91.57	313200
Stage 2					Stage 4				
Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)
298687.9373	95.37	285824.8277	91.26	313200	237179.821	75.73	230133.06	73.48	313200

90 degree									
Stage 1					Stage 3				
Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)
299977.7065	95.78	278202.5875	88.83	313200	287698.0669	91.86	268239.8465	85.64	313200
Stage 2					Stage 4				
Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)
298704.7656	95.37	290038.1759	92.60	313200	234724.9163	74.94	233622.5696	74.59	313200

lowering flooded 23 m									
180 degree									
Stage 1					Stage 3				
Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)
301398.0075	96.23	273721.8877	87.40	313200	305882.6316	97.66	292693.2571	93.45	313200
Stage 2					Stage 4				
Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)
297004.6079	94.83	283877.5954	90.64	313200	233940.0365	74.69	228235.9798	72.87	313200

270 degree									
Stage 1					Stage 3				
Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)
305968.3952	97.69	282514.3571	90.20	313200	282220.8581	90.11	271073.4536	86.55	313200
Stage 2					Stage 4				
Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)
302168.3322	96.48	294595.4192	94.06	313200	232739.2642	74.31	232214.1206	74.14	313200

lowering flooded 24,467 m									
0 degree									
Stage 1					Stage 3				
Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)
336662.2087	107.49	284212.6781	90.74	313200	301782.8683	96.35	299174.8891	95.52	313200
Stage 2					Stage 4				
Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)

332291.0865	106.10	299174.8891	95.52	313200	237589.031	75.86	231893.2772	74.04	313200
-------------	--------	-------------	-------	--------	------------	-------	-------------	-------	--------

90 degree									
Stage 1					Stage 3				
Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)
335705.3106	107.19	291056.1359	92.93	313200	306517.3692	97.87	274108.8904	87.52	313200
Stage 2					Stage 4				
Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)
334636.1129	106.84	306517.3692	97.87	313200	233606.9047	74.59	231912.7009	74.05	313200

lowering flooded 24,467 m									
180 degree									
Stage 1					Stage 3				
Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)
337269.9576	107.69	287111.7247	91.67	313200	304136.9248	97.11	303410.7631	96.87	313200
Stage 2					Stage 4				
Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)
331517.9632	105.85	299647.5431	95.67	313200	235808.8997	75.29	230430.6825	73.57	313200

270 degree									
Stage 1					Stage 3				
Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)
342206.6704	109.26	298772.9858	95.39	313200	293021.3541	93.56	275776.3386	88.05	313200
Stage 2					Stage 4				

Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)
337450.3884	107.74	306035.3482	97.71	313200	234904.0802	75.00	233212.6302	74.46	313200

lowering flooded 21,601 m									
0 degree									
Stage 1					Stage 3				
Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)
265063.4625	84.63	257163.7864	82.11	313200	301079.3798	96.13	291560.0778	93.09	313200
Stage 2					Stage 4				
Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)
276513.4048	88.29	263807.3919	84.23	313200	234181.6706	74.77	228687.4332	73.02	313200

90 degree									
Stage 1					Stage 3				
Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)
265620.9159	84.81	264895.4437	84.58	313200	275050.4825	87.82	272899.8385	87.13	313200
Stage 2					Stage 4				
Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)
276756.226	88.36	263771.3914	84.22	313200	234584.2505	74.90	232372.6429	74.19	313200

lowering flooded 21,601 m									
180 degree									
Stage 1					Stage 3				
Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)

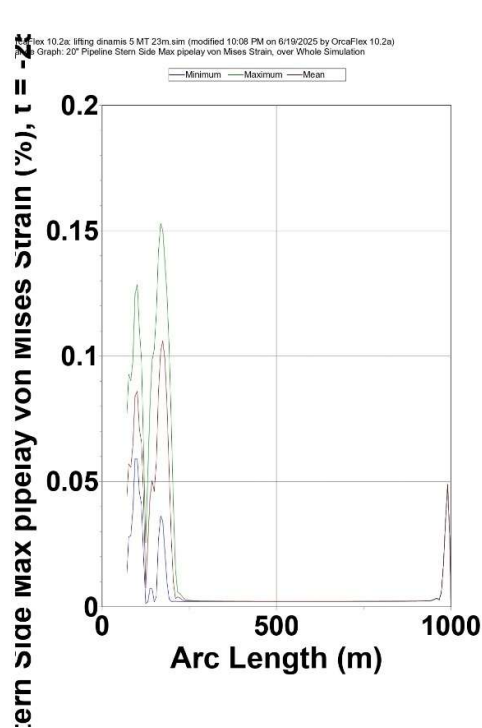
264731.8142	84.52	258654.5008	82.58	313200	304276.2247	97.15	288487.204	92.11	313200
Stage 2					Stage 4				
Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)
272491.9378	87.00	262628.8194	83.85	313200	231518.2991	73.92	226270.9583	72.24	313200

270 degree									
Stage 1					Stage 3				
Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)
269261.9502	85.97	265590.5739	84.80	313200	272323.6256	86.95	271996.8567	86.84	313200
Stage 2					Stage 4				
Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)	Overbend (kPa)	SMYS (%)	Sagbend (kPa)	SMYS (%)	Allowable (kPa)
284568.7948	90.86	265935.1289	84.91	313200	230843.3987	73.70	229192.878	73.18	313200

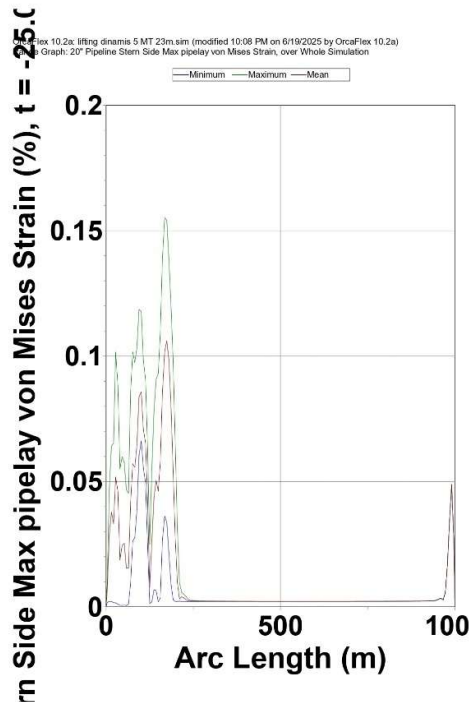
LAMPIRAN B

Output Von Mises Strain pada OrcaFlex

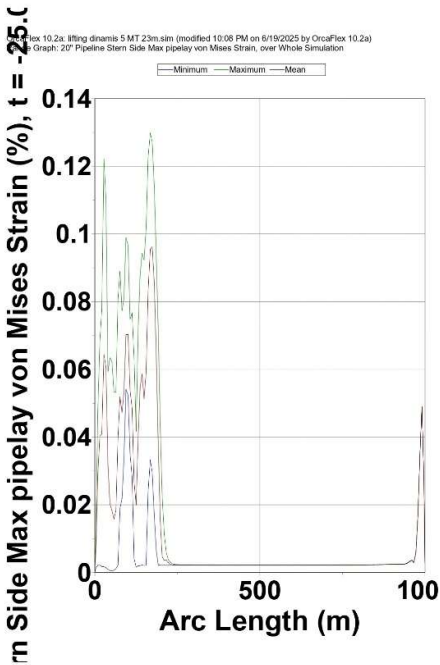
Case 1 Arah Beban Lingkungan 0°
Pipa Stern



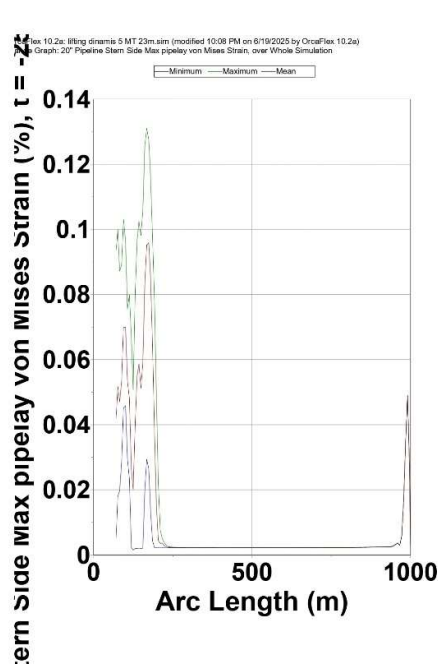
Case 1 Arah Beban Lingkungan 180°
Pipa Stern



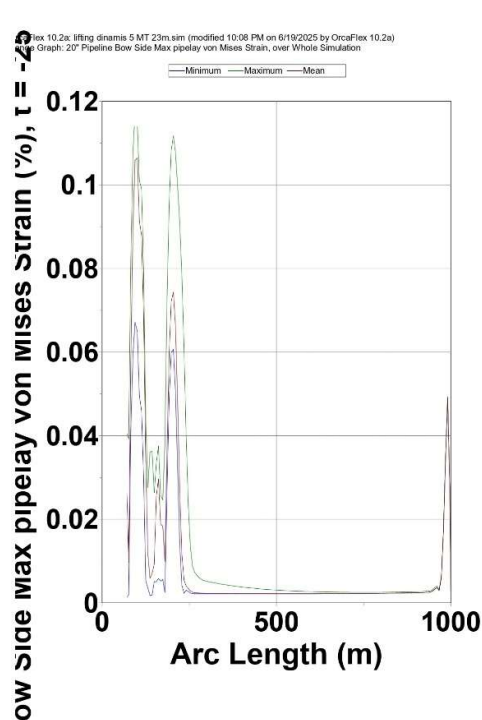
Case 1 Arah Beban Lingkungan 90°
Pipa Stern



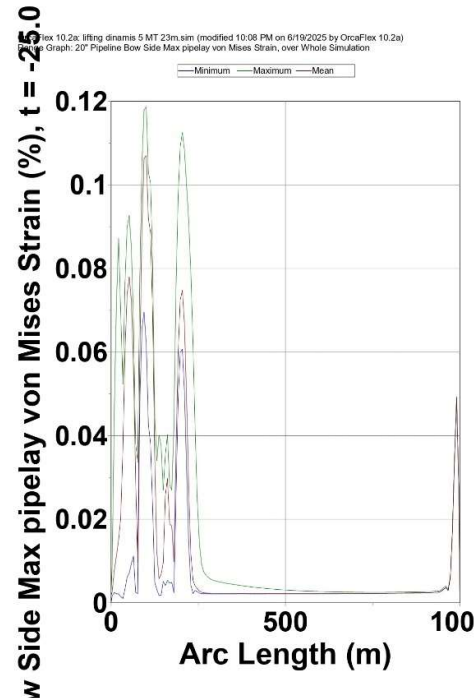
Case 1 Arah Beban Lingkungan 270°
Pipa Stern



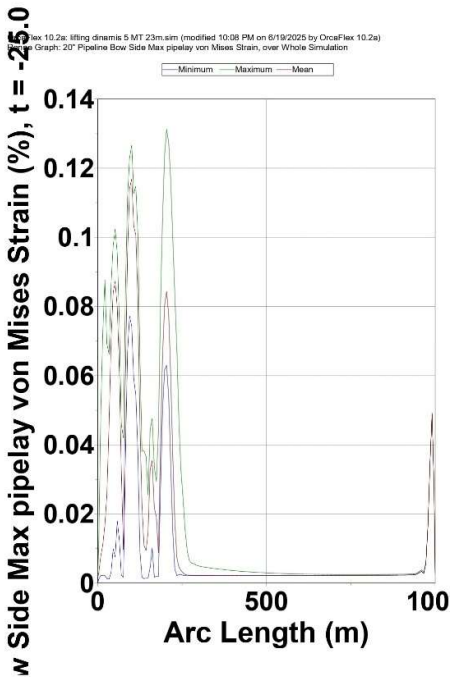
Case 1 Arah Beban Lingkungan 0°
Pipa Bow



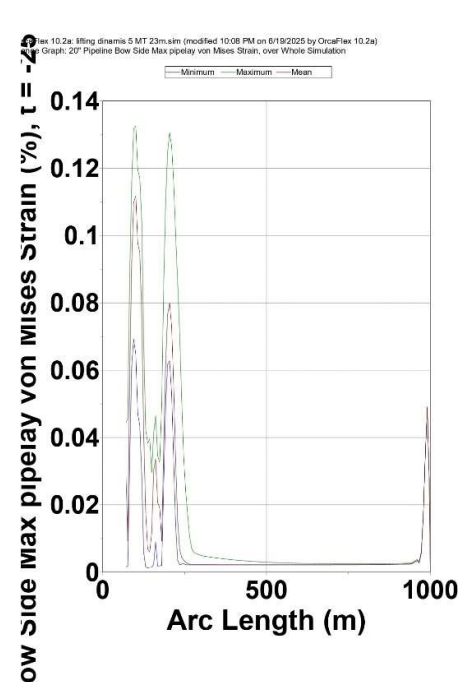
Case 1 Arah Beban Lingkungan 180°
Pipa Bow



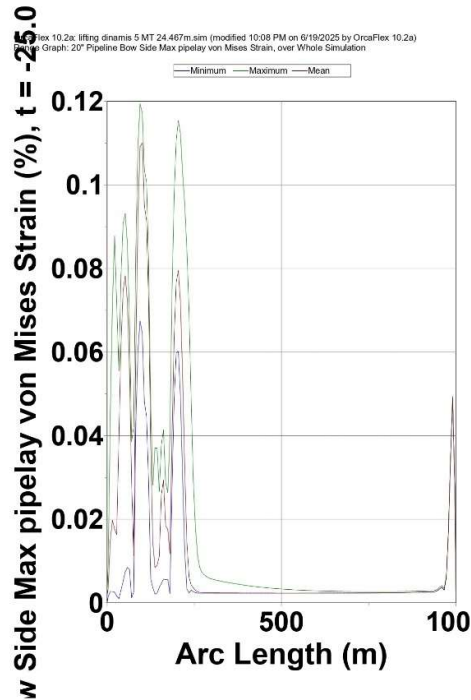
Case 1 Arah Beban Lingkungan 90°
Pipa Bow



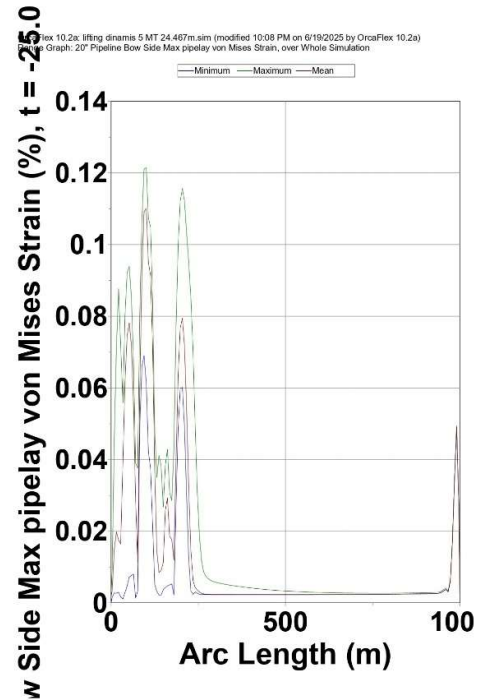
Case 1 Arah Beban Lingkungan 270°
Pipa Bow



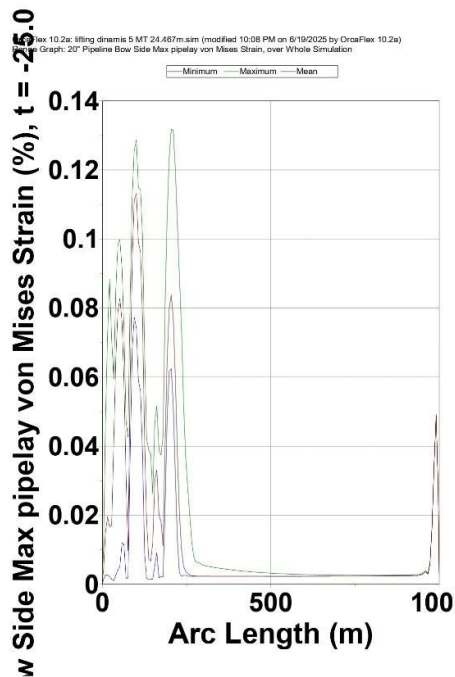
Case 2 Arah Beban Lingkungan 0°
Pipa Stern



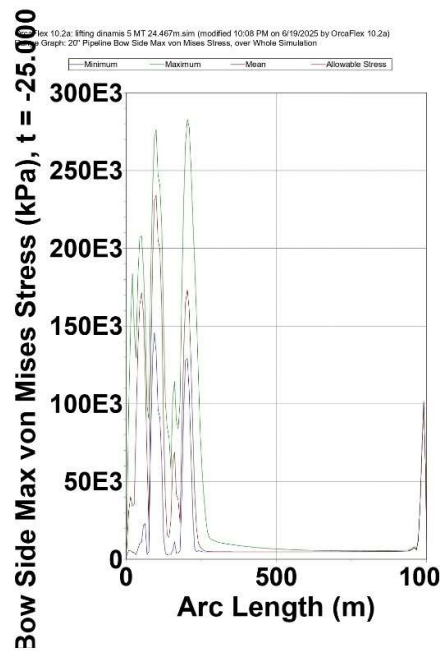
Case 2 Arah Beban Lingkungan 180°
Pipa Stern



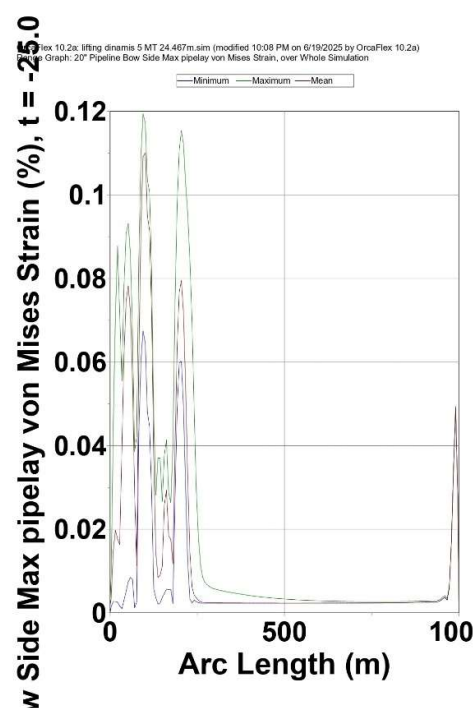
Case 2 Arah Beban Lingkungan 90°
Pipa Stern



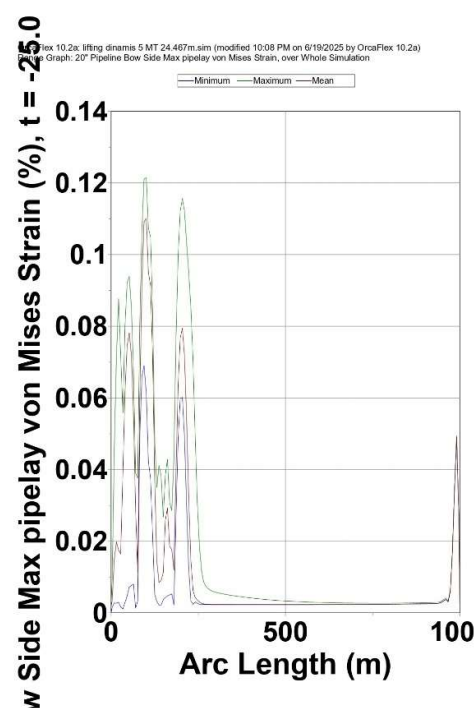
Case 2 Arah Beban Lingkungan 270°
Pipa Stern



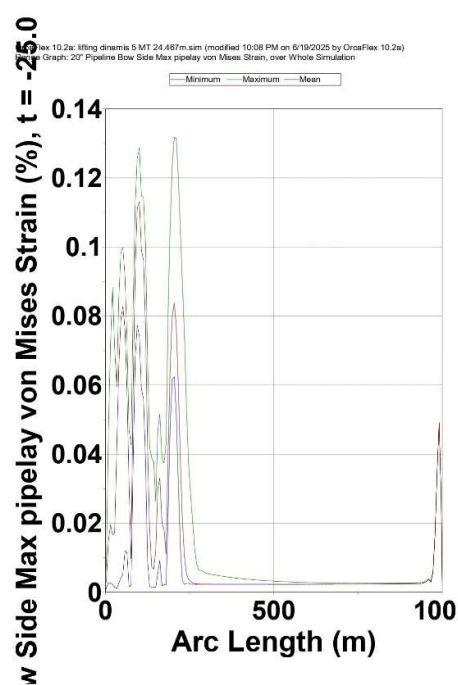
Case 2 Arah Beban Lingkungan 0°
Pipa Bow



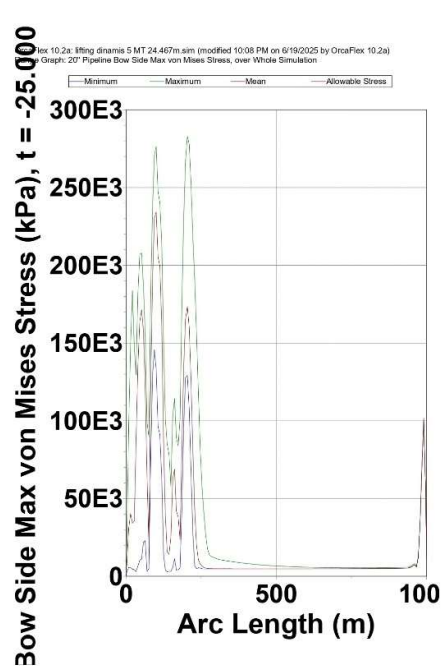
Case 2 Arah Beban Lingkungan 180°
Pipa Bow



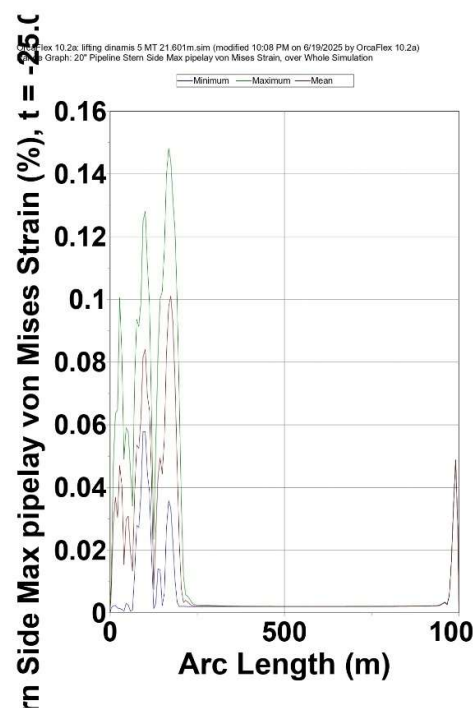
Case 2 Arah Beban Lingkungan 90°
Pipa Bow



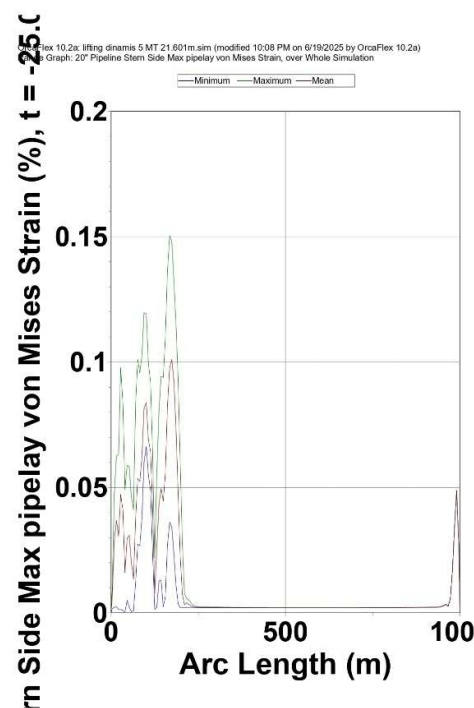
Case 2 Arah Beban Lingkungan 270°
Pipa Bow



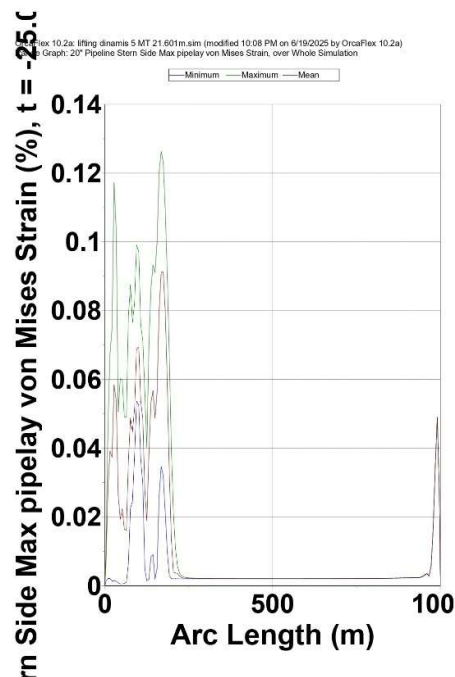
Case 3 Arah Beban Lingkungan 0°
Pipa Stern



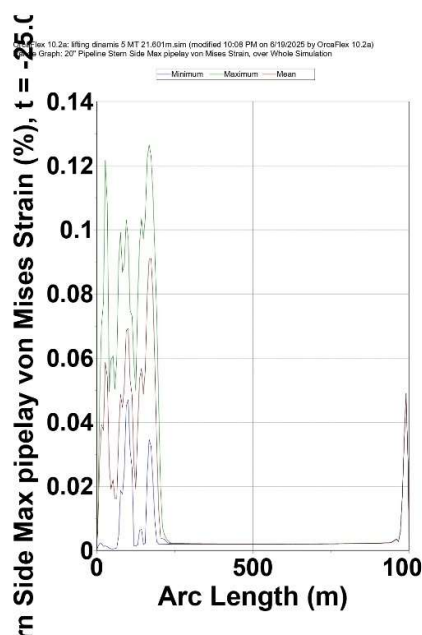
Case 3 Arah Beban Lingkungan 180°
Pipa Stern



Case 3 Arah Beban Lingkungan 90°
Pipa Stern

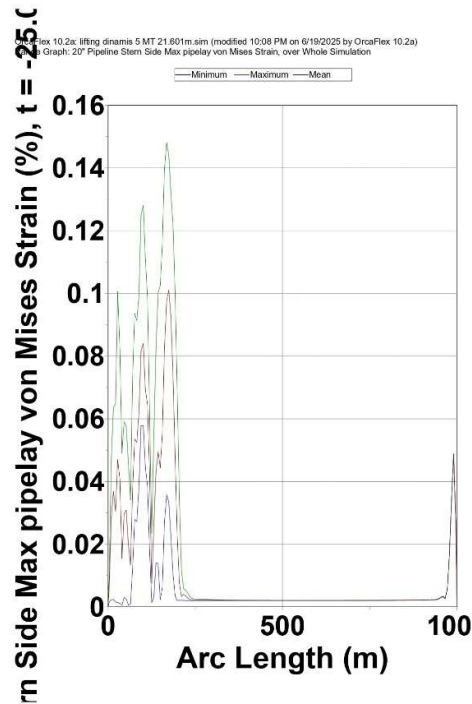


Case 3 Arah Beban Lingkungan 270°
Pipa Stern



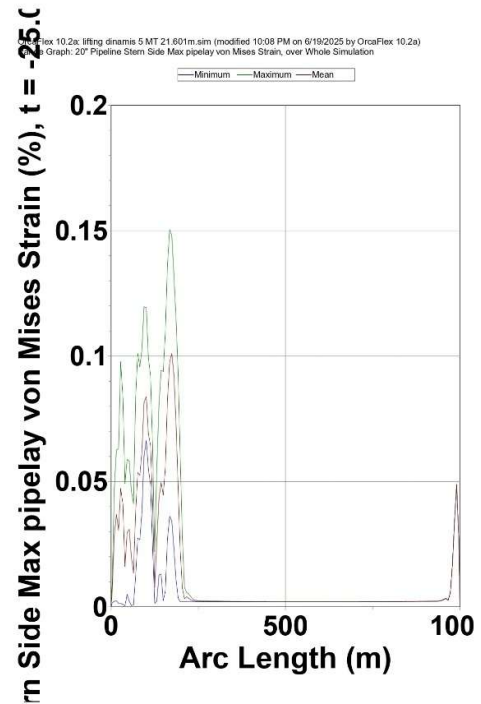
Case 3 Arah Beban Lingkungan 0°

Pipa Bow



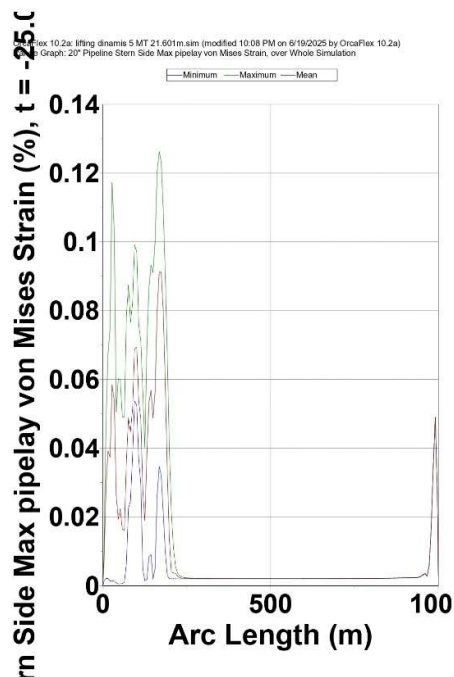
Case 3 Arah Beban Lingkungan 180°

Pipa Bow



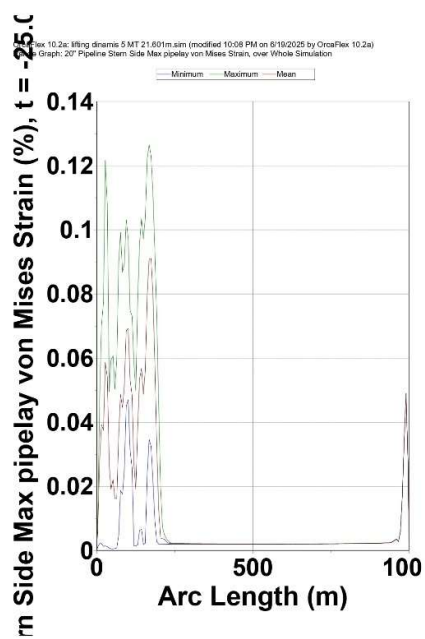
Case 3 Arah Beban Lingkungan 90°

Pipa Bow

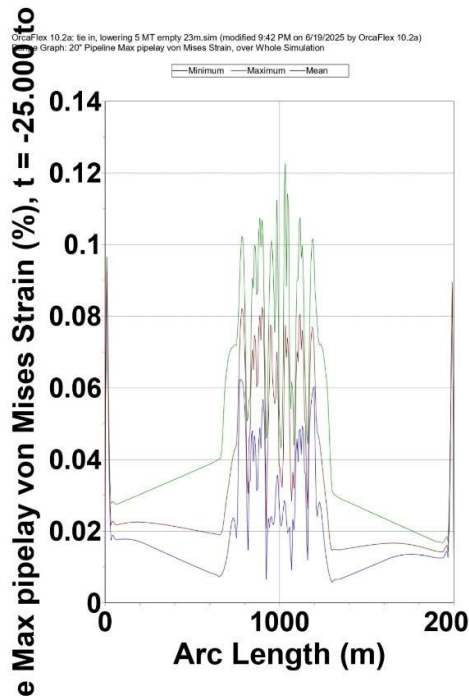


Case 3 Arah Beban Lingkungan 270°

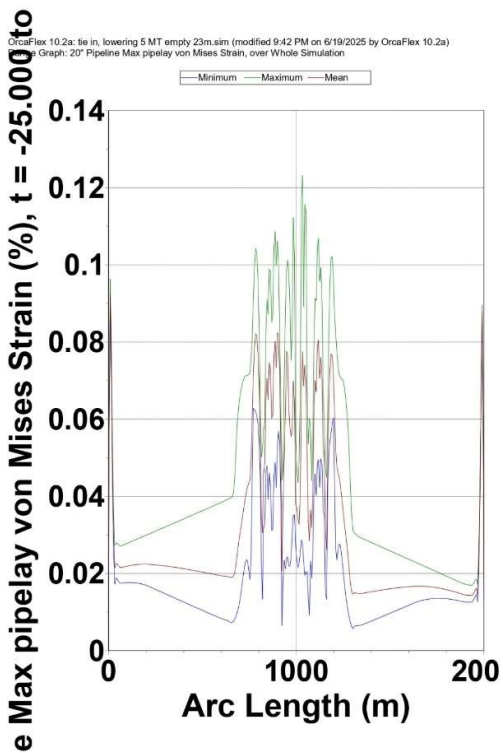
Pipa Bow



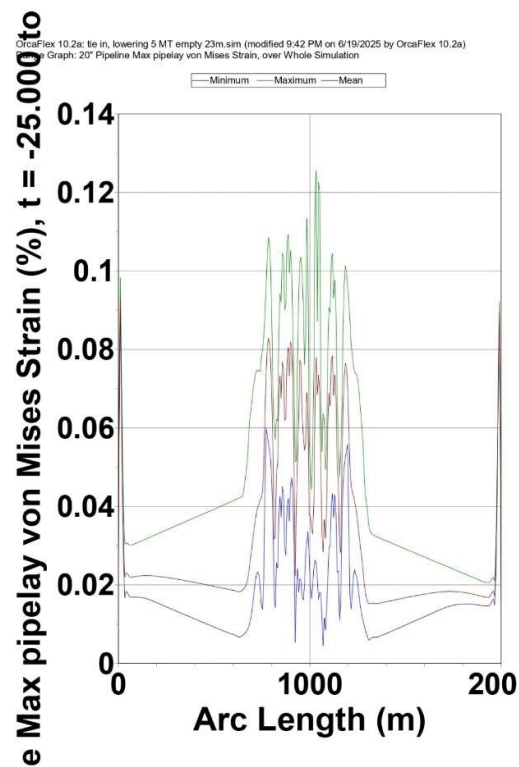
Case 4 Arah Beban Lingkungan 0°



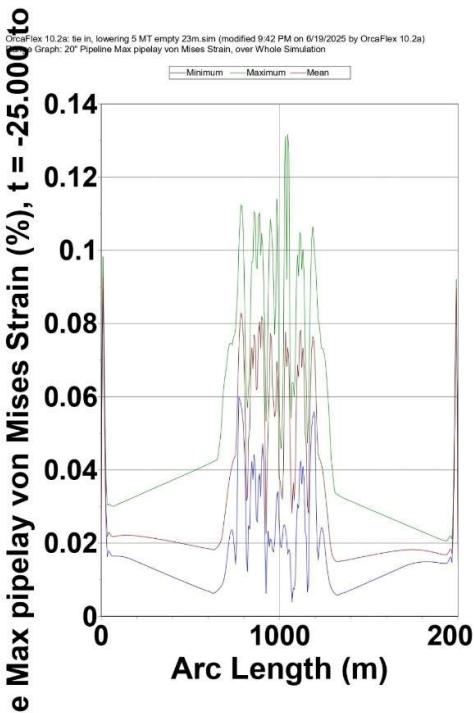
Case 4 Arah Beban Lingkungan 180°



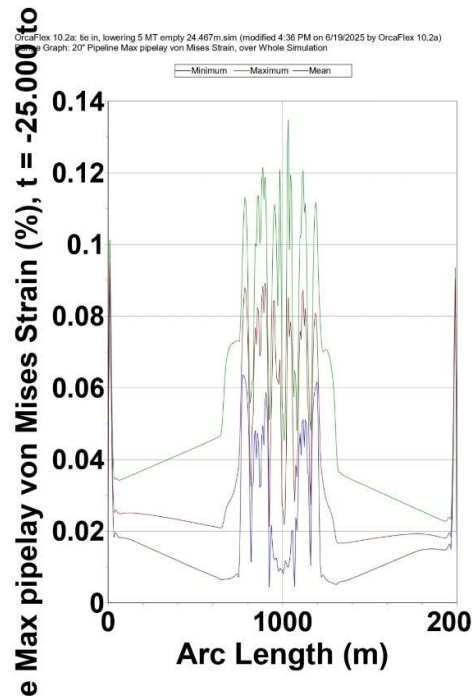
Case 4 Arah Beban Lingkungan 90°



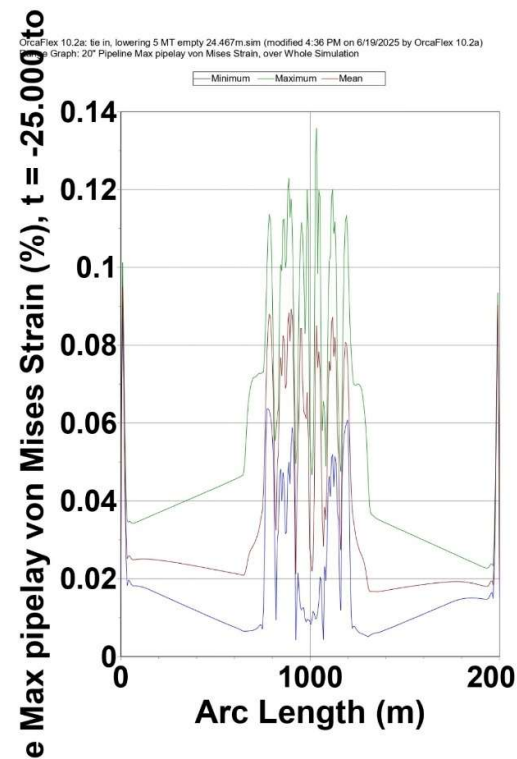
Case 4 Arah Beban Lingkungan 270°



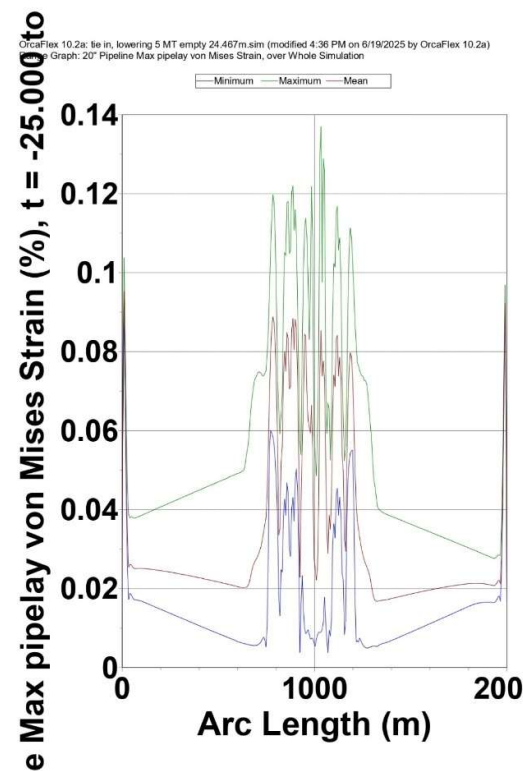
Case 5 Arah Beban Lingkungan 0°



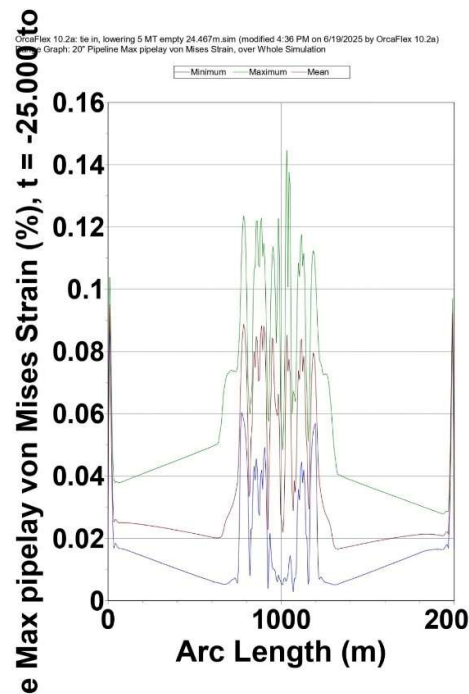
Case 5 Arah Beban Lingkungan 180°



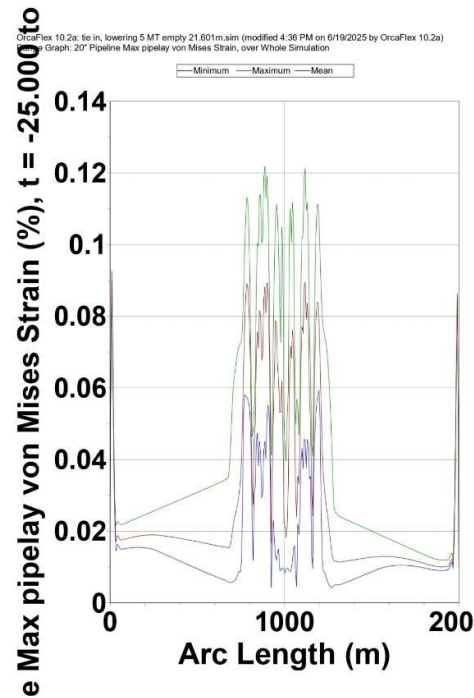
Case 5 Arah Beban Lingkungan 90°



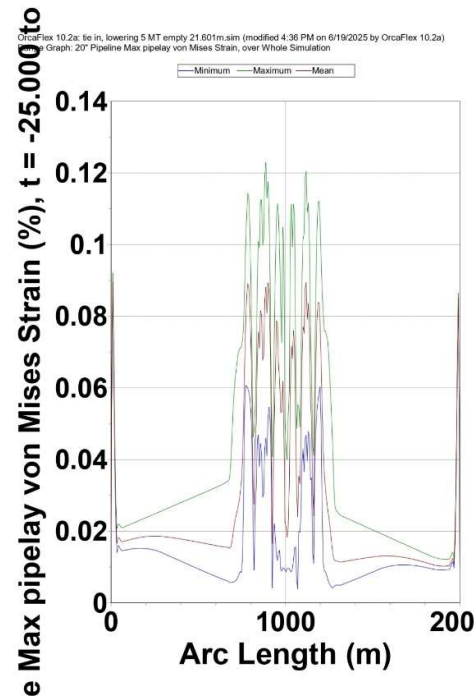
Case 5 Arah Beban Lingkungan 270°



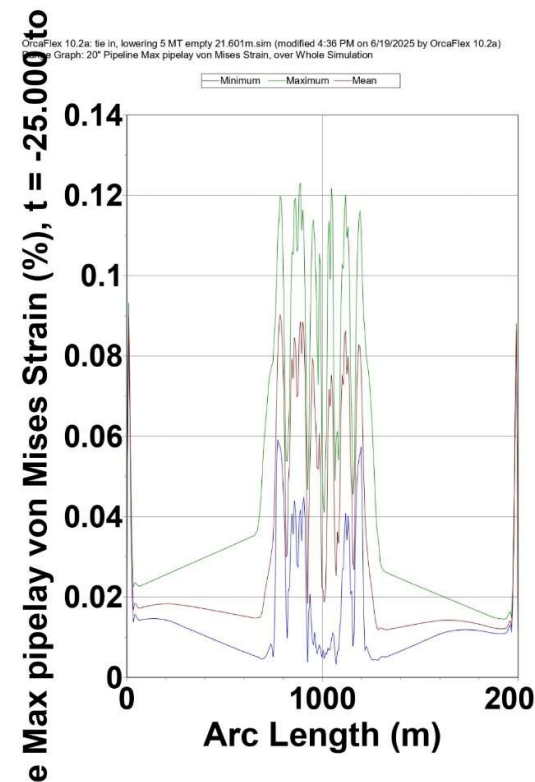
Case 6 Arah Beban Lingkungan 0°



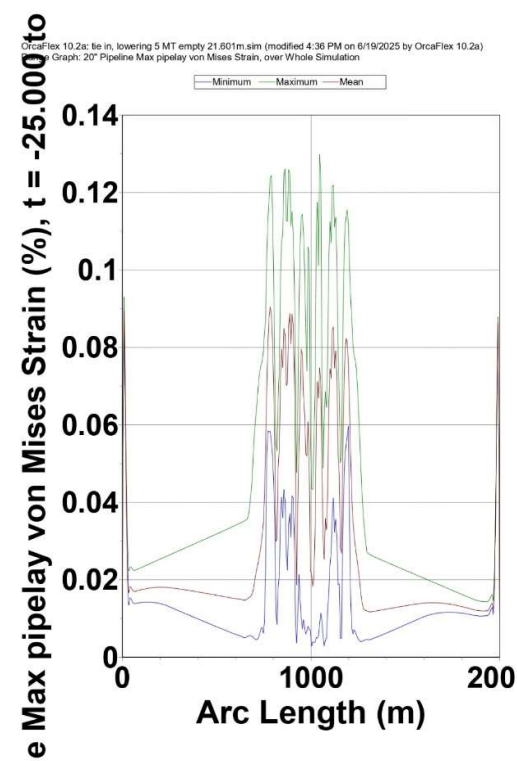
Case 6 Arah Beban Lingkungan 180°



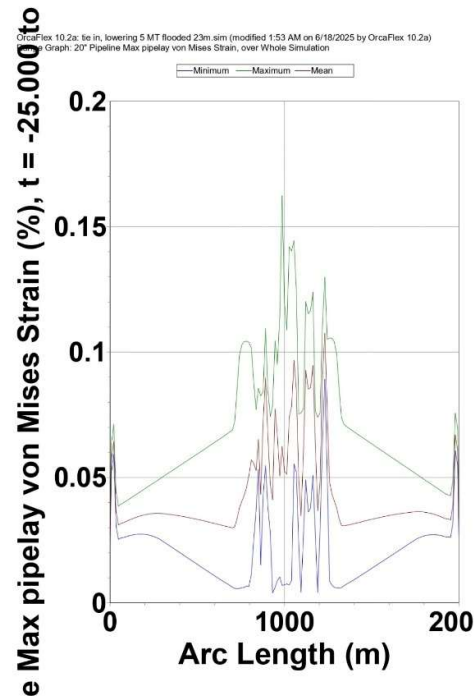
Case 6 Arah Beban Lingkungan 90°



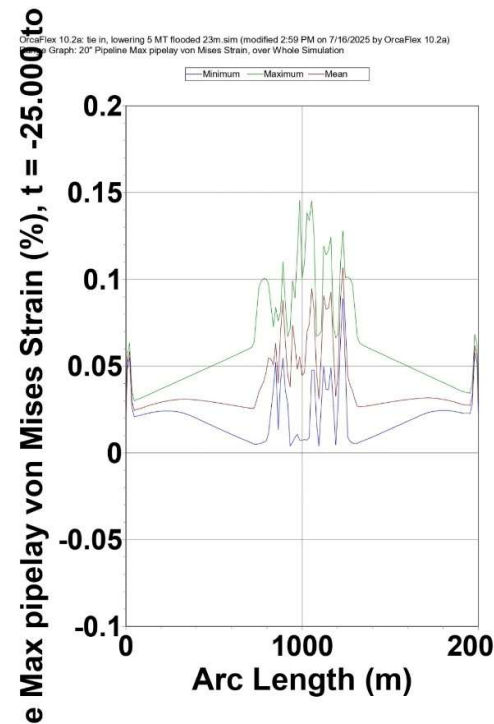
Case 6 Arah Beban Lingkungan 270°



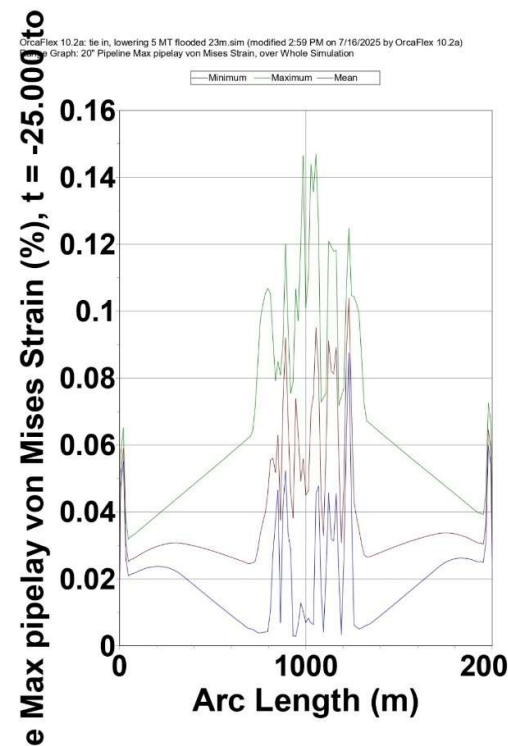
Case 7 Arah Beban Lingkungan 0°



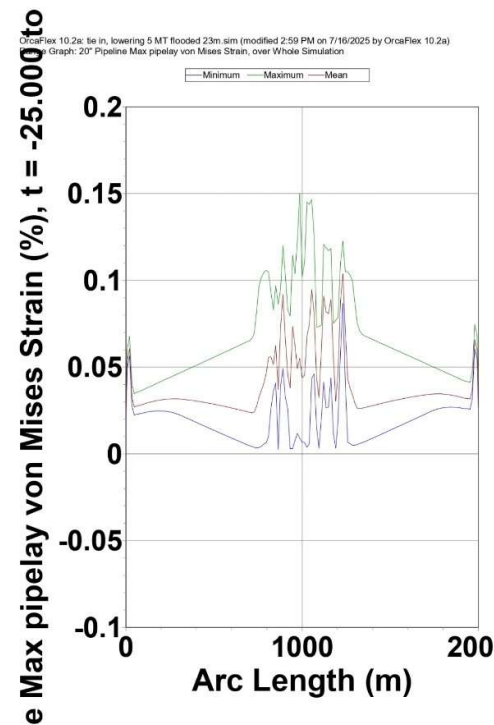
Case 7 Arah Beban Lingkungan 180°



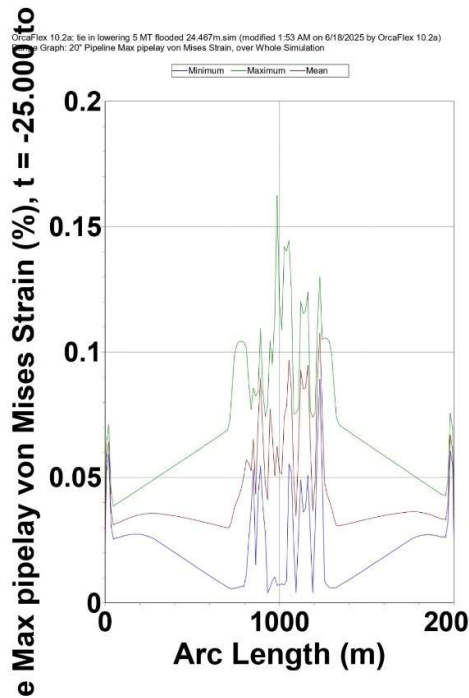
Case 7 Arah Beban Lingkungan 90°



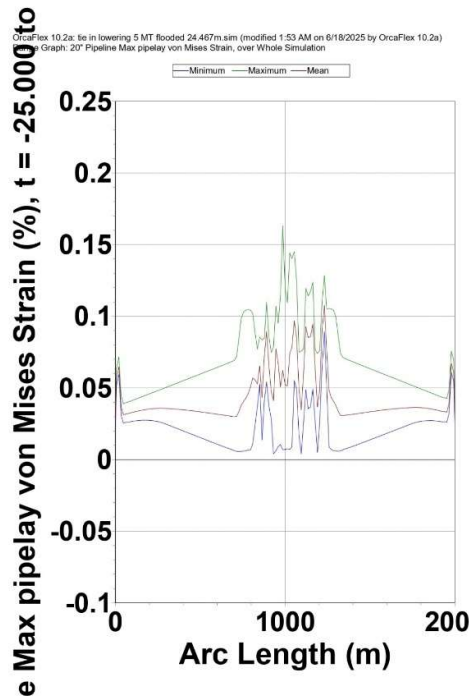
Case 7 Arah Beban Lingkungan 270°



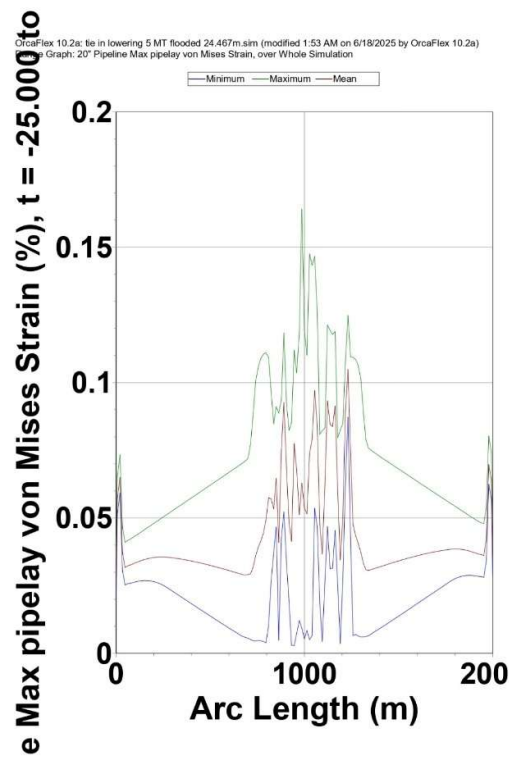
Case 8 Arah Beban Lingkungan 0°



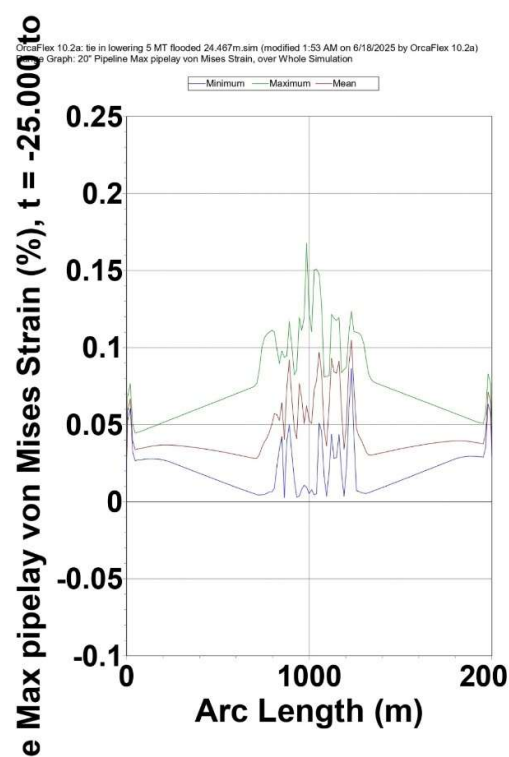
Case 8 Arah Beban Lingkungan 180°



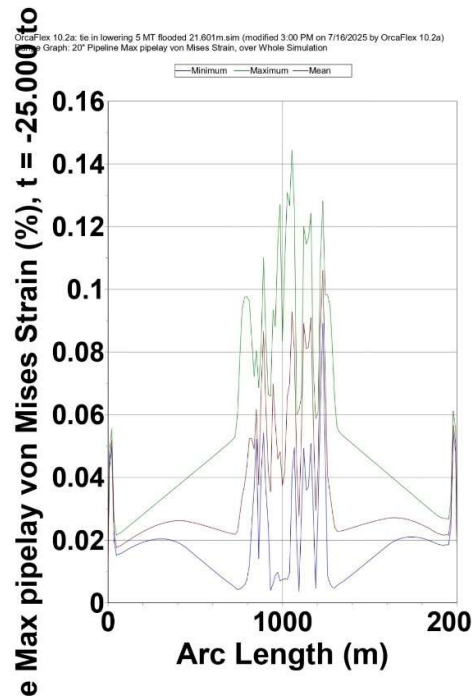
Case 8 Arah Beban Lingkungan 90°



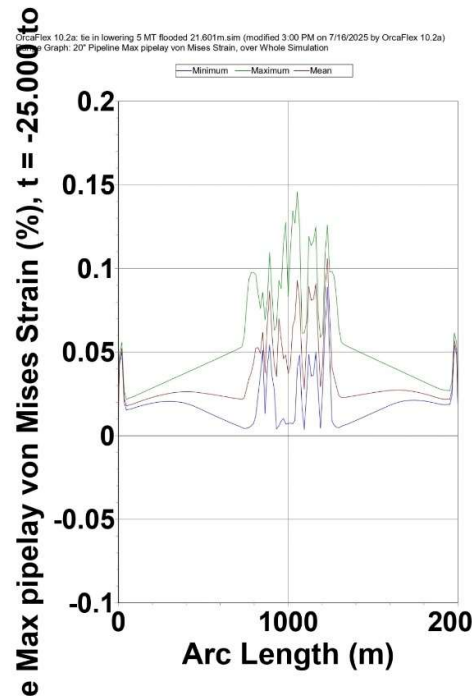
Case 8 Arah Beban Lingkungan 270°



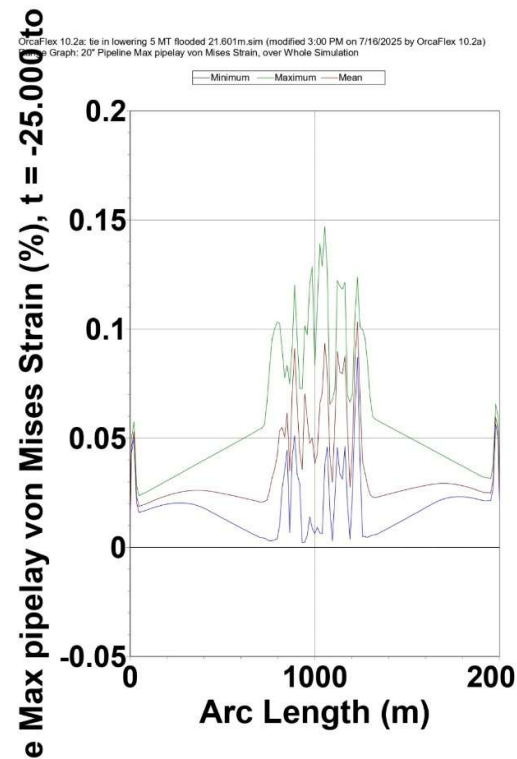
Case 9 Arah Beban Lingkungan 0°



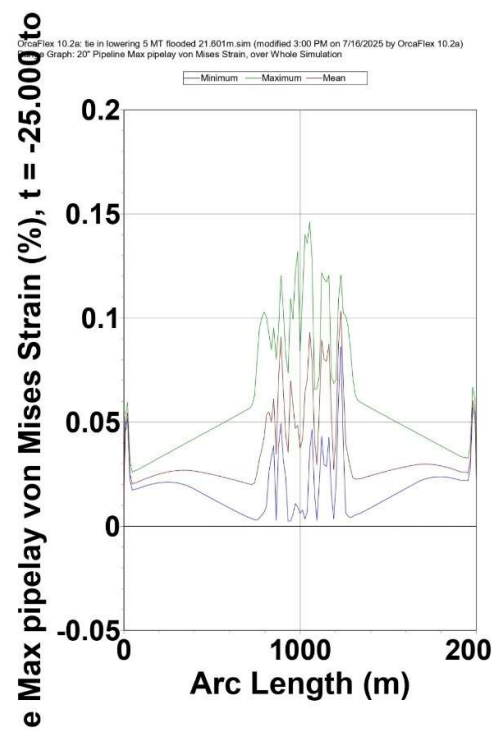
Case 9 Arah Beban Lingkungan 180°



Case 9 Arah Beban Lingkungan 90°



Case 9 Arah Beban Lingkungan 270°



23m lifting					
0 degree					
Stage 1			Stage 5		
Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.073	0.067	0.2	0.105	0.105	0.2
Stage 2			Stage 6		
Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.079	0.074	0.2	0.109	0.109	0.2
Stage 3			Stage 7		
Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.103	0.097	0.2	0.111	0.108	0.2
Stage 4			Stage 8		
Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.138	0.134	0.2	0.107	0.105	0.2
23m lifting					
90 degree					
Stage 1			Stage 5		
Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.077	0.074	0.2	0.113	0.111	0.2
Stage 2			Stage 6		
Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.075	0.071	0.2	0.114	0.111	0.2
Stage 3			Stage 7		
Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.091	0.089	0.2	0.117	0.116	0.2
Stage 4			Stage 8		
Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.120	0.119	0.2	0.117	0.117	0.2

23m lifting					
180 degree					
Stage 1			Stage 5		
Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.075	0.070	0.2	0.106	0.105	0.2
Stage 2			Stage 6		
Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.079	0.074	0.2	0.113	0.111	0.2

Stage 3			Stage 7		
Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.102	0.097	0.2	0.113	0.112	0.2
Stage 4			Stage 8		
Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.139	0.134	0.2	0.111	0.109	0.2
23m lifting					
270 degree					
Stage 1			Stage 5		
Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.078	0.074	0.2	0.111	0.109	0.2
Stage 2			Stage 6		
Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.075	0.072	0.2	0.118	0.115	0.2
Stage 3			Stage 7		
Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.093	0.091	0.2	0.124	0.123	0.2
Stage 4			Stage 8		
Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.122	0.118	0.2	0.119	0.119	0.2

24,467m lifting					
0 degree					
Stage 1			Stage 5		
Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.090	0.085	0.2	0.112	0.110	0.2
Stage 2			Stage 6		
Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.087	0.081	0.2	0.111	0.110	0.2
Stage 3			Stage 7		
Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.107	0.102	0.2	0.112	0.109	0.2
Stage 4			Stage 8		
Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.141	0.137	0.2	0.108	0.108	0.2
24,467m lifting					
90 degree					

Stage 1			Stage 5		
Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.090	0.086	0.2	0.116	0.114	0.2
Stage 2			Stage 6		
Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.084	0.079	0.2	0.116	0.114	0.2
Stage 3			Stage 7		
Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.096	0.093	0.2	0.120	0.119	0.2
Stage 4			Stage 8		
Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.123	0.123	0.2	0.121	0.119	0.2

24,467m lifting					
180 degree					
Stage 1			Stage 5		
Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.090	0.085	0.2	0.114	0.112	0.2
Stage 2			Stage 6		
Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.087	0.082	0.2	0.113	0.113	0.2
Stage 3			Stage 7		
Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.107	0.101	0.2	0.115	0.114	0.2
Stage4			Stage 8		
Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.142	0.137	0.2	0.112	0.109	0.2
24,467m lifting					
270 degree					
Stage 1			Stage 5		
Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.086	0.082	0.2	0.115	0.112	0.2
Stage 2			Stage 6		
Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.084	0.079	0.2	0.114	0.114	0.2
Stage 3			Stage 7		

Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.096	0.094	0.2	0.122	0.120	0.2
Stage4			Stage 8		
Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.123	0.122	0.2	0.122	0.121	0.2

21,601m lifting					
0 degree					
Stage 1			Stage 5		
Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.067	0.062	0.2	0.105	0.105	0.2
Stage 2			Stage 6		
Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.081	0.076	0.2	0.110	0.110	0.2
Stage 3			Stage 7		
Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.098	0.092	0.2	0.108	0.107	0.2
Stage 4			Stage 8		
Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.135	0.131	0.2	0.105	0.104	0.2
21,601m lifting					
90 degree					
Stage 1			Stage 5		
Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.067	0.061	0.2	0.108	0.107	0.2
Stage 2			Stage 6		
Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.076	0.072	0.2	0.109	0.107	0.2
Stage 3			Stage 7		
Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.087	0.085	0.2	0.115	0.114	0.2
Stage 4			Stage 8		
Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.116	0.115	0.2	0.113	0.113	0.2

21,601m lifting

180 degree					
Stage 1			Stage 5		
Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.067	0.062	0.2	0.106	0.105	0.2
Stage 2			Stage 6		
Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.079	0.074	0.2	0.110	0.108	0.2
Stage 3			Stage 7		
Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.097	0.092	0.2	0.111	0.111	0.2
Stage 4			Stage 8		
Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.135	0.132	0.2	0.110	0.108	0.2
21,601m lifting					
270 degree					
Stage 1			Stage 5		
Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.067	0.061	0.2	0.108	0.107	0.2
Stage 2			Stage 6		
Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.077	0.073	0.2	0.112	0.109	0.2
Stage 3			Stage 7		
Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.089	0.086	0.2	0.121	0.120	0.2
Stage 4			Stage 8		
Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.119	0.114	0.2	0.117	0.115	0.2

23m lowering empty					
0 degree					
Stage 1			Stage 3		
Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.112	0.108	0.2	0.139	0.138	0.2
Stage 2			Stage 4		
Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.113	0.110	0.2	0.122	0.118	0.2
23m lowering empty					

90 degree					
Stage 1			Stage 3		
Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.117	0.113	0.2	0.151	0.149	0.2
Stage 2			Stage 4		
Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.123	0.113	0.2	0.121	0.119	0.2

23m lowering empty					
180 degree					
Stage 1			Stage 3		
Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.111	0.111	0.2	0.140	0.139	0.2
Stage 2			Stage 4		
Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.116	0.111	0.2	0.122	0.118	0.2
23m lowering empty					
270 degree					
Stage 1			Stage 3		
Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.120	0.116	0.2	0.152	0.150	0.2
Stage 2			Stage 4		
Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.122	0.115	0.2	0.121	0.119	0.2

24,467m lowering empty					
0 degree					
Stage 1			Stage 3		
Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.120	0.115	0.2	0.137	0.136	0.2
Stage 2			Stage 4		
Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.126	0.124	0.2	0.122	0.118	0.2
24,467m lowering empty					
90 degree					
Stage 1			Stage 3		
Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)

0.121	0.120	0.2	0.148	0.147	0.2
Stage 2			Stage 4		
Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.136	0.126	0.2	0.121	0.119	0.2

24,467m lowering empty					
180 degree					
Stage 1			Stage 3		
Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.119	0.115	0.2	0.139	0.138	0.2
Stage 2			Stage 4		
Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.130	0.123	0.2	0.122	0.119	0.2
24,467m lowering empty					
270 degree					
Stage 1			Stage 3		
Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.126	0.122	0.2	0.149	0.149	0.2
Stage 2			Stage 4		
Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.135	0.129	0.2	0.120	0.119	0.2

21,601m lowering empty					
0 degree					
Stage 1			Stage 3		
Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.107	0.104	0.2	0.140	0.140	0.2
Stage 2			Stage 4		
Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.107	0.105	0.2	0.121	0.118	0.2
21,601m lowering empty					
90 degree					
Stage 1			Stage 3		
Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.114	0.110	0.2	0.148	0.146	0.2
Stage 2			Stage 4		
Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)

0.109	0.109	0.2	0.121	0.119	0.2
-------	-------	-----	-------	-------	-----

21,601m lowering empty					
180 degree					
Stage 1			Stage 3		
Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.106	0.104	0.2	0.141	0.140	0.2
Stage 2			Stage 4		
Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.107	0.105	0.2	0.121	0.118	0.2
21,601m lowering empty					
270 degree					
Stage 1			Stage 3		
Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.118	0.113	0.2	0.149	0.146	0.2
Stage 2			Stage 4		
Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.110	0.105	0.2	0.121	0.119	0.2

23m lowering flooded					
0 degree					
Stage 1			Stage 3		
Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.145	0.131	0.2	0.146	0.139	0.2
Stage 2			Stage 4		
Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.144	0.138	0.2	0.115	0.111	0.2
23m lowering flooded					
90 degree					
Stage 1			Stage 3		
Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.145	0.134	0.2	0.139	0.130	0.2
Stage 2			Stage 4		
Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.144	0.140	0.2	0.113	0.113	0.2

23m lowering flooded					
180 degree					
Stage 1			Stage 3		
Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.146	0.132	0.2	0.148	0.141	0.2
Stage 2			Stage 4		
Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.143	0.137	0.2	0.113	0.110	0.2
23m lowering flooded					
270 degree					
Stage 1			Stage 3		
Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.146	0.136	0.2	0.136	0.131	0.2
Stage 2			Stage 4		
Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.146	0.142	0.2	0.112	0.112	0.2

24,467m lowering flooded					
0 degree					
Stage 1			Stage 3		
Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.163	0.137	0.2	0.146	0.145	0.2
Stage 2			Stage 4		
Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.161	0.145	0.2	0.115	0.112	0.2
24,467m lowering flooded					
90 degree					
Stage 1			Stage 3		
Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.162	0.141	0.2	0.148	0.132	0.2
Stage 2			Stage 4		
Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.162	0.148	0.2	0.113	0.112	0.2

24,467m lowering flooded					
180 degree					
Stage 1			Stage 3		

Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.146	0.132	0.2	0.148	0.141	0.2
Stage 2			Stage 4		
Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.143	0.143	0.2	0.113	0.110	0.2
24,467m lowering flooded					
270 degree					
Stage 1			Stage 3		
Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.165	0.144	0.2	0.142	0.133	0.2
Stage 2			Stage 4		
Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.163	0.148	0.2	0.113	0.113	0.2

21,601m lowering flooded					
0 degree					
Stage 1			Stage 3		
Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.128	0.124	0.2	0.145	0.141	0.2
Stage 2			Stage 4		
Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.134	0.127	0.2	0.113	0.110	0.2
21,601m lowering flooded					
90 degree					
Stage 1			Stage 3		
Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.128	0.128	0.2	0.133	0.132	0.2
Stage 2			Stage 4		
Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.134	0.127	0.2	0.113	0.112	0.2

21,601m lowering flooded					
180 degree					
Stage 1			Stage 3		
Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.128	0.125	0.2	0.147	0.139	0.2
Stage 2			Stage 4		

Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.132	0.127	0.2	0.112	0.109	0.2
21,601m lowering flooded					
270 degree					
Stage 1			Stage 3		
Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.130	0.128	0.2	0.132	0.131	0.2
Stage 2			Stage 4		
Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)	Overbend (%)	Sagbend (%)	Allowable (%)
0.137	0.128	0.2	0.111	0.111	0.2

LAMPIRAN C

Output Local Buckling pada OrcaFlex

23m lifting					
0 degree					
Stage 1					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.187	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.162	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 2					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.229	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.222	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 3					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.454	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.418	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 4					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.832	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.783	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 5					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.381	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.377	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 6					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.424	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.420	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 7					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.433	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.407	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 8					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.430	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.408	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>

23m lifting					
90 degree					
Stage 1					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.218	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.205	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 2					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.208	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.192	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 3					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	

0.359	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.336	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 4					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.621	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.613	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 5					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.454	< 1	Tidak terjadi Local Buckling	0.435	< 1	Tidak terjadi Local Buckling
Stage 6					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.465	< 1	Tidak terjadi Local Buckling	0.440	< 1	Tidak terjadi Local Buckling
Stage 7					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.489	< 1	Tidak terjadi Local Buckling	0.481	< 1	Tidak terjadi Local Buckling
Stage 8					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.550	< 1	Tidak terjadi Local Buckling	0.524	< 1	Tidak terjadi Local Buckling

23m lifting					
180 degree					
Stage 1					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.199	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.173	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 2					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.229	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.216	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 3					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.448	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.405	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 4					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.841	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.783	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 5					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.386	< 1	Tidak terjadi Local Buckling	0.381	< 1	Tidak terjadi Local Buckling
Stage 6					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	

0.455625906	< 1	Tidak terjadi Local Buckling	0.442318388	< 1	Tidak terjadi Local Buckling
Stage 7					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.452642808	< 1	Tidak terjadi Local Buckling	0.446020993	< 1	Tidak terjadi Local Buckling
Stage 8					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.434	< 1	Tidak terjadi Local Buckling	0.433	< 1	Tidak terjadi Local Buckling

23m lifting					
270 degree					
Stage 1					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.219	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.208	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 2					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.206	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.199	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 3					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.373	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.352	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 4					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.648	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.603	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 5					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.434	< 1	Tidak terjadi Local Buckling	0.421	< 1	Tidak terjadi Local Buckling
Stage 6					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.499	< 1	Tidak terjadi Local Buckling	0.474	< 1	Tidak terjadi Local Buckling
Stage 7					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.556	< 1	Tidak terjadi Local Buckling	0.548	< 1	Tidak terjadi Local Buckling
Stage 8					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.550041568	< 1	Tidak terjadi Local Buckling	0.53514099	< 1	Tidak terjadi Local Buckling

24,467m lifting					
0 degree					
Stage 1					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.310	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.273	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 2					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.282	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.275	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 3					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.497	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.468	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 4					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.878	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.830	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 5					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.453	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.433	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 6					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.443	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.430	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 7					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.449	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.418	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 8					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.459	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.441	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>

24,467m lifting					
90 degree					
Stage 1					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.308	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.286	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 2					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.262	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.236	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 3					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	

0.399	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.373	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 4					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.661	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.661	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 5					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.491	< 1	Tidak terjadi Local Buckling	0.466	< 1	Tidak terjadi Local Buckling
Stage 6					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.485	< 1	Tidak terjadi Local Buckling	0.462	< 1	Tidak terjadi Local Buckling
Stage 7					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.518	< 1	Tidak terjadi Local Buckling	0.512	< 1	Tidak terjadi Local Buckling
Stage 8					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.586	< 1	Tidak terjadi Local Buckling	0.569	< 1	Tidak terjadi Local Buckling

24,467m lifting					
180 degree					
Stage 1					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.309	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.274	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 2					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.284	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.271	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 3					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.495	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.458	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 4					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.891	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.820	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 5					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.468	< 1	Tidak terjadi Local Buckling	0.449	< 1	Tidak terjadi Local Buckling
Stage 6					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	

0.455	< 1	Tidak terjadi Local Buckling	0.453	< 1	Tidak terjadi Local Buckling
Stage 7					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.469	< 1	Tidak terjadi Local Buckling	0.457	< 1	Tidak terjadi Local Buckling
Stage 8					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.464	< 1	Tidak terjadi Local Buckling	0.444	< 1	Tidak terjadi Local Buckling

24,467m lifting					
270 degree					
Stage 1					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.284	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.255	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 2					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.265	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.238	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 3					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.403	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.383	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 4					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.658	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.657	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 5					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.478	< 1	Tidak terjadi Local Buckling	0.451	< 1	Tidak terjadi Local Buckling
Stage 6					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.466638133	< 1	Tidak terjadi Local Buckling	0.466525342	< 1	Tidak terjadi Local Buckling
Stage 7					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.543459012	< 1	Tidak terjadi Local Buckling	0.526710261	< 1	Tidak terjadi Local Buckling
Stage 8					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.57666887	< 1	Tidak terjadi Local Buckling	0.547028607	< 1	Tidak terjadi Local Buckling

21,601m lifting					
0 degree					
Stage 1					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.067	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.062	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 2					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.081	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.076	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 3					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.098	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.092	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 4					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.135	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.131	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 5					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.383	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.379	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 6					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.427	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.425	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 7					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.413	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.400	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 8					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.404	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.382	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>

21,601m lifting					
90 degree					
Stage 1					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.155	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.129	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 2					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.212	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.193	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 3					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	

0.323	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.303	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 4					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.584	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.569	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 5					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.408	< 1	Tidak terjadi Local Buckling	0.308	< 1	Tidak terjadi Local Buckling
Stage 6					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.423	< 1	Tidak terjadi Local Buckling	0.334	< 1	Tidak terjadi Local Buckling
Stage 7					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.472	< 1	Tidak terjadi Local Buckling	0.415	< 1	Tidak terjadi Local Buckling
Stage 8					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.514	< 1	Tidak terjadi Local Buckling	0.483	< 1	Tidak terjadi Local Buckling

21,601m lifting					
180 degree					
Stage 1					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.154	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.130	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 2					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.230	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.202	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 3					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.401	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.361	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 4					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.798	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.749	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 5					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.388	< 1	Tidak terjadi Local Buckling	0.383	< 1	Tidak terjadi Local Buckling
Stage 6					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	

0.432	< 1	Tidak terjadi Local Buckling	0.411	< 1	Tidak terjadi Local Buckling
Stage 7					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.433	< 1	Tidak terjadi Local Buckling	0.431	< 1	Tidak terjadi Local Buckling
Stage 8					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.421	< 1	Tidak terjadi Local Buckling	0.403	< 1	Tidak terjadi Local Buckling

21,601m lifting					
270 degree					
Stage 1					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.154	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.129	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 2					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.214	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.198	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 3					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.338	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.310	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 4					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.611	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.558	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 5					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.407676997	< 1	Tidak terjadi Local Buckling	0.394545171	< 1	Tidak terjadi Local Buckling
Stage 6					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.450075776	< 1	Tidak terjadi Local Buckling	0.424982007	< 1	Tidak terjadi Local Buckling
Stage 7					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.533580532	< 1	Tidak terjadi Local Buckling	0.524131508	< 1	Tidak terjadi Local Buckling
Stage 8					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.510754932	< 1	Tidak terjadi Local Buckling	0.489411971	< 1	Tidak terjadi Local Buckling

23m lowering empty					
0 degree					
Stage 1					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.226	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.224	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 2					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.387	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.367	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 3					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.884	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.867	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 4					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.703	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.664	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>

23m lowering empty					
90 degree					
Stage 1					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.284	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.250	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 2					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.364	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.354	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 3					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
1.066	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	1.027	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 4					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.725	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.710	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>

23m lowering empty					
180 degree					
Stage 1					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.241	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.222	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 2					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	

0.386	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.365	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 3					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.883	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.872	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 4					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.707	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.673	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>

23m lowering empty					
270 degree					
Stage 1					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.305	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.264	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 2					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.362	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.358	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 3					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
1.045357074	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	1.033413466	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 4					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.717165322	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.703010803	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>

24,467m lowering empty					
0 degree					
Stage 1					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.251	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.240	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 2					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.354	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.339	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 3					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.873	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.858	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 4					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	

0.716	< 1	Tidak terjadi Local Buckling	0.674	< 1	Tidak terjadi Local Buckling
-------	--------	------------------------------	-------	--------	------------------------------

24,467m lowering empty					
90 degree					
Stage 1					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.289	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.258	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 2					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.427	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.355	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 3					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
1.029	< 1	Tidak terjadi Local Buckling	1.024	< 1	Tidak terjadi Local Buckling
Stage 4					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.735	< 1	Tidak terjadi Local Buckling	0.712	< 1	Tidak terjadi Local Buckling

24,467m lowering empty					
180 degree					
Stage 1					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.249	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.244	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 2					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.367	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.344	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 3					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.889	< 1	Tidak terjadi Local Buckling	0.878	< 1	Tidak terjadi Local Buckling
Stage 4					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.718	< 1	Tidak terjadi Local Buckling	0.676	< 1	Tidak terjadi Local Buckling

24,467m lowering empty					
270 degree					
Stage 1					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	

0.313	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.275	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 2					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.416	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.377	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 3					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
1.028	< 1	Tidak terjadi Local Buckling	1.023	< 1	Tidak terjadi Local Buckling
Stage 4					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.731	< 1	Tidak terjadi Local Buckling	0.707	< 1	Tidak terjadi Local Buckling

21,601m lowering empty					
0 degree					
Stage 1					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.244	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.208	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 2					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.415	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.399	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 3					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.860	< 1	Tidak terjadi Local Buckling	0.859	< 1	Tidak terjadi Local Buckling
Stage 4					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.687	< 1	Tidak terjadi Local Buckling	0.655	< 1	Tidak terjadi Local Buckling

21,601m lowering empty					
90 degree					
Stage 1					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.288	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.249	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 2					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.391	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.390	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 3					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	

1.023	< 1	Tidak terjadi Local Buckling	0.987	< 1	Tidak terjadi Local Buckling
Stage 4					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.710	< 1	Tidak terjadi Local Buckling	0.702	< 1	Tidak terjadi Local Buckling

21,601m lowering empty					
180 degree					
Stage 1					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.230	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.202	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 2					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.413	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.399	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 3					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.864	< 1	Tidak terjadi Local Buckling	0.863	< 1	Tidak terjadi Local Buckling
Stage 4					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.696	< 1	Tidak terjadi Local Buckling	0.668	< 1	Tidak terjadi Local Buckling

21,601m lowering empty					
270 degree					
Stage 1					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.320	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.270	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 2					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.404	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.396	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 3					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
1.003875368	< 1	Tidak terjadi Local Buckling	0.993951306	< 1	Tidak terjadi Local Buckling
Stage 4					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.702060102	< 1	Tidak terjadi Local Buckling	0.691574722	< 1	Tidak terjadi Local Buckling

23m lowering flooded					
0 degree					
Stage 1					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.382	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.292	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 2					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.625	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.455	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 3					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
1.039	< 1	Tidak terjadi Local Buckling	0.963	< 1	Tidak terjadi Local Buckling
Stage 4					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.664	< 1	Tidak terjadi Local Buckling	0.615	< 1	Tidak terjadi Local Buckling

23m lowering flooded					
90 degree					
Stage 1					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.379	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.319	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 2					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.643	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.461	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 3					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.846	< 1	Tidak terjadi Local Buckling	0.829	< 1	Tidak terjadi Local Buckling
Stage 4					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.718	< 1	Tidak terjadi Local Buckling	0.596	< 1	Tidak terjadi Local Buckling

23m lowering flooded					
180 degree					
Stage 1					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.384	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.304	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 2					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	

0.612	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.452	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 3					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
1.057	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.998	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 4					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.652	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.589	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>

23m lowering flooded					
270 degree					
Stage 1					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.403	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.336	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 2					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.664	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.450	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 3					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.846	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.839	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 4					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.701677916	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.59024893	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>

24,467m lowering flooded					
0 degree					
Stage 1					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.506	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.334	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 2					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.639	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.485	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 3					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
1.053	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	1.044	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 4					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	

0.681	< 1	Tidak terjadi Local Buckling	0.632	< 1	Tidak terjadi Local Buckling
-------	--------	------------------------------	-------	--------	------------------------------

24,467m lowering flooded					
90 degree					
Stage 1					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.503	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.363	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 2					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.689	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.498	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 3					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.888	< 1	Tidak terjadi Local Buckling	0.870	< 1	Tidak terjadi Local Buckling
Stage 4					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.711	< 1	Tidak terjadi Local Buckling	0.609	< 1	Tidak terjadi Local Buckling

24,467m lowering flooded					
180 degree					
Stage 1					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.509	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.348	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 2					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.623	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.481	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 3					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
1.086	< 1	Tidak terjadi Local Buckling	1.064	< 1	Tidak terjadi Local Buckling
Stage 4					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.679	< 1	Tidak terjadi Local Buckling	0.614	< 1	Tidak terjadi Local Buckling

24,467m lowering flooded					
270 degree					
Stage 1					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	

0.536	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.399	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 2					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.661	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.512	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 3					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.920	< 1	Tidak terjadi Local Buckling	0.887	< 1	Tidak terjadi Local Buckling
Stage 4					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.718000741	< 1	Tidak terjadi Local Buckling	0.61134244	< 1	Tidak terjadi Local Buckling

21,601m lowering flooded					
0 degree					
Stage 1					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.282	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.258	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 2					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.607	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.489	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 3					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
1.006	< 1	Tidak terjadi Local Buckling	0.973	< 1	Tidak terjadi Local Buckling
Stage 4					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.639	< 1	Tidak terjadi Local Buckling	0.585	< 1	Tidak terjadi Local Buckling

21,601m lowering flooded					
90 degree					
Stage 1					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.288	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.281	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 2					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.600	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.483	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 3					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	

0.873	> 1	Terjadi Local Buckling	0.797	< 1	Tidak terjadi Local Buckling
Stage 4					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.709	< 1	Tidak terjadi Local Buckling	0.578	< 1	Tidak terjadi Local Buckling

21,601m lowering flooded					
180 degree					
Stage 1					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.280	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.263	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 2					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.576	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.480	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 3					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
1.032	< 1	Tidak terjadi Local Buckling	0.953	< 1	Tidak terjadi Local Buckling
Stage 4					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.625	< 1	Tidak terjadi Local Buckling	0.563	< 1	Tidak terjadi Local Buckling

21,601m lowering flooded					
270 degree					
Stage 1					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.320	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.285	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
0.294725915					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.644	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>	0.487	< 1	Tidak terjadi <i>Local Buckling</i>
Stage 3					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.855440143	> 1	Terjadi Local Buckling	0.79008175	< 1	Tidak terjadi Local Buckling
Stage 4					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.686530674	< 1	Tidak terjadi Local Buckling	0.56273731	< 1	Tidak terjadi Local Buckling

LAMPIRAN D

Perhitungan Concrete Crushing

Safety Factor			1.05		
23m lifting					
0 degree					
Stage 1					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.076	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.071	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 2					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.083	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.078	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 3					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.108	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.102	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 4					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.145	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.141	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 5					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.111	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.110	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 6					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.115	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.114	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 7					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.116	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.113	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>

Stage 8					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.112	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing	0.110	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing

Safety Factor 1.05

23m lifting					
90 degree					
Stage 1					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.081	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing	0.078	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing
Stage 2					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.079	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing	0.074	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing
Stage 3					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.096	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing	0.093	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing
Stage 4					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.126	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing	0.125	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing
Stage 5					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.119	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing	0.116	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing
Stage 6					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	

0.120	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing	0.117	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing
Stage 7					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.123	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing	0.122	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing
Stage 8					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.123	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing	0.123	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing

Safety Factor

1.05

23m lifting					
180 degree					
Stage 1					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.078	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.073	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 2					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.083	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.078	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 3					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.107	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.102	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 4					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.146	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.141	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 5					

UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.111	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing	0.110	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing
Stage 6					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.118	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing	0.117	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing
Stage 7					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.118	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing	0.118	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing
Stage 8					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.117	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing	0.114	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing

Safety Factor			1.05		
23m lifting					
270 degree					
Stage 1					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.082	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.078	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 2					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.079	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.076	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 3					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.098	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.095	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>

Stage 4					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.128	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.124	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 5					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.116	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.115	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 6					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.123	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.121	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 7					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.130	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.129	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 8					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.12510733	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.125047003	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>

Safety Factor 1.05

24,467m lifting					
0 degree					
Stage 1					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.095	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.089	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 2					

UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.091	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.085	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 3					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.112	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.108	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 4					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.148	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.143	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 5					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.118	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.116	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 6					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.117	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.116	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 7					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.112	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.115	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 8					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	

0.114	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing	0.113	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing
-------	-------	---------------------------------	-------	-------	---------------------------------

Safety Factor			1.05		
24,467m lifting					
90 degree					
Stage 1					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.094	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.090	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 2					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.088	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.083	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 3					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.101	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.098	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 4					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.129	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.129	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 5					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.122	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.120	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 6					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.122	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.119	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 7					

UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.126	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing	0.125	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing
Stage 8					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.127	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing	0.125	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing

Safety Factor

1.05

24,467m lifting					
180 degree					
Stage 1					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.095	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.089	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 2					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.091	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.086	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 3					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.112	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.106	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 4					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.149	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.144	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 5					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.120	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing	0.118	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing

Stage 6					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.118	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing	0.118	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing
Stage 7					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.120	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing	0.119	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing
Stage 8					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.118	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing	0.114	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing

Safety Factor 1.05

24,467m lifting					
270 degree					
Stage 1					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.091	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing	0.086	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing
Stage 2					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.088	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing	0.083	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing
Stage 3					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.101	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing	0.099	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing
Stage 4					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	

0.129	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.128	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 5					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.121	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.118	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 6					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.120	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.120	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 7					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.128	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.126	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 8					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.128	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.128	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>

Safety Factor 1.05

21,601m lifting					
0 degree					
Stage 1					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.071	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.065	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 2					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.085	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.080	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 3					

UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.103	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.097	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 4					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.142	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.137	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 5					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.111	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.110	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 6					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.115	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.115	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 7					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.114	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.112	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 8					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.110	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.109	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>

Safety Factor			1.05		
21,601m lifting					
90 degree					
Stage 1					
UC Overbend		Keterangan		UC Sagbend	
0.071		< 0,2 Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>		0.064	
				< 0,2 Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	

Stage 2					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.080	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.076	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 3					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.091	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.089	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 4					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.122	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.120	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 5					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.114	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.112	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 6					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.115	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.112	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 7					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.080	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.119	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 8					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.119	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.118	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>

Safety Factor			1.05		
21,601m lifting					
180 degree					
Stage 1					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.071	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.065	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 2					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.083	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.078	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 3					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.102	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.097	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 4					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.142	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.138	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 5					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.111	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.111	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 6					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.116	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.113	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 7					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.116	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.116	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>

Stage 8					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.115	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing	0.113	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing

Safety Factor 1.05

21,601m lifting					
270 degree					
Stage 1					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.071	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing	0.064	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing
Stage 2					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.080	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing	0.077	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing
Stage 3					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.093	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing	0.090	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing
Stage 4					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.125	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing	0.119	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing
Stage 5					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.113638345	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing	0.111943453	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing
Stage 6					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	

0.118012747	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing	0.114916708	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing
Stage 7					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.127322728	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing	0.126165732	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing
Stage 8					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.122851377	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing	0.12074571	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing

Safety Factor 1.05

23m lowering empty					
0 degree					
Stage 1					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.118	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.113	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 2					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.118	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.115	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 3					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.146	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing	0.145	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing
Stage 4					

UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.128	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing	0.124	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing

Safety Factor

1.05

23m lowering empty					
90 degree					
Stage 1					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.123	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.119	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 2					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.129	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.119	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 3					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.158	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing	0.157	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing
Stage 4					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.127	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing	0.125	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing

Safety Factor			1.05		
23m lowering empty					
180 degree					
Stage 1					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.117	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.116	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 2					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.122	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.117	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 3					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.147	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing	0.146	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing
Stage 4					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.128	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing	0.124	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing

Safety Factor		1.05	
23m lowering empty			
270 degree			
Stage 1			
UC Overbend	Keterangan	UC Sagbend	Keterangan

0.126	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.121	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 2					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.128	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.121	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 3					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.159	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.158	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 4					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.126831112	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.12485548	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>

Safety Factor

1.05

24,467m lowering empty					
0 degree					
Stage 1					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.126	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.121	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 2					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.132	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.130	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>

Stage 3					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.144	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing	0.143	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing
Stage 4					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.128	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing	0.124	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing

Safety Factor

1.05

24,467m lowering empty					
90 degree					
Stage 1					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.127	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.126	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 2					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.143	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.132	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 3					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.155	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing	0.155	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing
Stage 4					

UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.127	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing	0.125	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing

Safety Factor 1.05

24,467m lowering empty					
180 degree					
Stage 1					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.125	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.120	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 2					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.136	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.129	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 3					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.146	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing	0.144	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing
Stage 4					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.128	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing	0.124	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing

Safety Factor			1.05		
24,467m lowering empty					
270 degree					
Stage 1					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.132	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.128	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 2					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.142	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.135	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 3					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.157	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing	0.156	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing
Stage 4					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.126452398	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing	0.12446385	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing

Safety Factor		1.05	
21,601m lowering empty			
0 degree			
Stage 1			
UC Overbend	Keterangan	UC Sagbend	Keterangan

0.113	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.109	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 2					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.113	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.110	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 3					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.147	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.147	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 4					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.127	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.124	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>

Safety Factor

1.05

21,601m lowering empty					
90 degree					
Stage 1					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.120	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.115	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 2					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.115	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.115	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>

Stage 3					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.156	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing	0.153	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing
Stage 4					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.127	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing	0.125	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing

Safety Factor

1.05

21,601m lowering empty					
180 degree					
Stage 1					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.111	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.109	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 2					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.112	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.110	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 3					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.148	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing	0.147	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing
Stage 4					

UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.127	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing	0.124	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing

Safety Factor 1.05

21,601m lowering empty					
270 degree					
Stage 1					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.124	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.119	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 2					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.115	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.110	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 3					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.156260851	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing	0.15372493	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing
Stage 4					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.1269935	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing	0.1250422	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing

Safety Factor			1.05		
23m lowering flooded					
0 degree					
Stage 1					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.153	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.137	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 2					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.152	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.145	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 3					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.154	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing	0.146	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing
Stage 4					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.120	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing	0.117	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing

Safety Factor			1.05		
23m lowering flooded					
90 degree					
Stage 1					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.152	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.141	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 2					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	

0.152	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.147	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 3					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.146	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.136	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 4					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.119	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.118	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>

Safety Factor 1.05

23m lowering flooded					
180 degree					
Stage 1					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.153	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.139	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 2					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.151	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.144	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 3					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.155	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.138	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 4					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.119	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.116	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>

Safety Factor			1.05		
23m lowering flooded					
270 degree					
Stage 1					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.153	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.143	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 2					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.153	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.149	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 3					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.143	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing	0.138	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing
Stage 4					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.118000347	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing	0.11775123	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing

Safety Factor			1.05		
24,467m lowering flooded					
0 degree					
Stage 1					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.171	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.144	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 2					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	

0.169	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.152	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 3					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.153	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.152	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 4					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.120	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.118	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>

Safety Factor 1.05

24,467m lowering flooded					
90 degree					
Stage 1					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.170	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.148	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 2					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.169	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.148	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 3					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.155	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.139	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 4					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.118	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.118	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>

Safety Factor			1.05		
24,467m lowering flooded					
180 degree					
Stage 1					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.153	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.139	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 2					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.151	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.151	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 3					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.155	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing	0.148	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing
Stage 4					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.119	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing	0.116	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing

Safety Factor			1.05		
24,467m lowering flooded					
270 degree					
Stage 1					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.174	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.152	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 2					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	

0.171	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.155	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 3					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.149	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.140	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 4					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.119094992	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.118254786	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>

Safety Factor 1.05

21,601m lowering flooded					
0 degree					
Stage 1					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.134	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.130	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 2					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.140	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.134	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 3					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.153	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.148	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 4					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.119	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.116	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>

Safety Factor			1.05		
21,601m lowering flooded					
Stage 1					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.135	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.134	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 2					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.140	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.134	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 3					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.139	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing	0.138	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing
Stage 4					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.119	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing	0.118	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing

Safety Factor			1.05		
21,601m lowering flooded					
180 degree					
Stage 1					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.134	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.131	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 2					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.138	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.133	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>

Stage 3					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.154	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing	0.146	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing
Stage 4					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.117	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing	0.115	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing

Safety Factor 1.05

21,601m lowering flooded					
270 degree					
Stage 1					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.137	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.135	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 2					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.144	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>	0.135	< 0,2	Tidak terjadi <i>Concrete Crushing</i>
Stage 3					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.138106372	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing	0.137998085	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing
Stage 4					
UC Overbend	Keterangan		UC Sagbend	Keterangan	
0.117041986	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing	0.116221924	< 0,2	Tidak terjadi Concrete Crushing

LAMPIRAN E

Perhitungan Fatigue Analysis

Case 1 pada Pipa Bagian Bow

Water Depth	Dir	Node	Bin range (Kpa)	Bin range (Mpa)	cycle count	N (Cycles to Failure)	Damage (D= (n/N)*DFF)	Allowable Fatigue Damage	Result	Total Fatigue Damage (Dtotal)	Fatigue Life (3 hours/ Dtotal)	Max Holding Time (10% of Fatigue Life)
23	0	17	5000	5	2362	2.E+11	3.E-08	< 1	Passed	6.E-05	5.E+04	4672.441098
			10000	10	489	7.E+09	2.E-07		Passed			
			15000	15	150	9.E+08	5.E-07		Passed			
			20000	20	70	2.E+08	1.E-06		Passed			
			25000	25	35	7.E+07	2.E-06		Passed			
			30000	30	28	3.E+07	3.E-06		Passed			
			35000	35	14	1.E+07	3.E-06		Passed			
			40000	40	5.5	7.E+06	2.E-06		Passed			
			45000	45	6.5	4.E+06	5.E-06		Passed			
			50000	50	4	2.E+06	6.E-06		Passed			
			55000	55	3.5	1.E+06	8.E-06		Passed			
			60000	60	0.5	9.E+05	2.E-06		Passed			
			65000	65	0	6.E+05	0.E+00		Passed			
			70000	70	0.5	4.E+05	4.E-06		Passed			
			75000	75	0	3.E+05	0.E+00		Passed			
			80000	80	0	2.E+05	0.E+00		Passed			
			85000	85	0	2.E+05	0.E+00		Passed			
			90000	90	0	1.E+05	0.E+00		Passed			
			95000	95	0	9.E+04	0.E+00		Passed			
			100000	100	0	7.E+04	0.E+00		Passed			
			105000	105	0.5	5.E+04	3.E-05		Passed			
Water Depth	Dir	Node	Bin range (Kpa)	Bin range (Mpa)	cycle count	N (Cycles to Failure)	Damage (D= (n/N)*DFF)	Allowable Fatigue Damage	Result	Total Fatigue Damage (Dtotal)	Fatigue Life (3 hours/ Dtotal)	Max Holding Time (10% of Fatigue Life)

23	90	17	5000	5	2736.5	2.E+11	4.E-08	< 1	Passed	7.E-05	39827.97782	3982.797782
			10000	10	328	7.E+09	1.E-07		Passed			
			15000	15	130	9.E+08	4.E-07		Passed			
			20000	20	93	2.E+08	1.E-06		Passed			
			25000	25	69.5	7.E+07	3.E-06		Passed			
			30000	30	37	3.E+07	4.E-06		Passed			
			35000	35	24	1.E+07	6.E-06		Passed			
			40000	40	15	7.E+06	7.E-06		Passed			
			45000	45	6	4.E+06	5.E-06		Passed			
			50000	50	2.5	2.E+06	3.E-06		Passed			
			55000	55	1	1.E+06	2.E-06		Passed			
			60000	60	1	9.E+05	3.E-06		Passed			
			65000	65	0	6.E+05	0.E+00		Passed			
			70000	70	0	4.E+05	0.E+00		Passed			
			75000	75	0	3.E+05	0.E+00		Passed			
			80000	80	0	2.E+05	0.E+00		Passed			
			85000	85	0	2.E+05	0.E+00		Passed			
			90000	90	0	1.E+05	0.E+00		Passed			
			95000	95	0	9.E+04	0.E+00		Passed			
			100000	100	0	7.E+04	0.E+00		Passed			
			105000	105	0	5.E+04	0.E+00		Passed			
			110000	110	0.5	4.E+04	4.E-05		Passed			

Water Depth	Dir	Node	Bin range (Kpa)	Bin range (Mpa)	cycle count	N (Cycles to Failure)	Damage (D= (n/N)*DFF)	Allowable Fatigue Damage	Result	Total Fatigue Damage (Dtotal)	Fatigue Life (3 hours/ Dtotal)	Max Holding Time (10% of Fatigue Life)
23	180	17	5000	5	2528.5	2.E+11	3.E-08	< 1	Passed	5.E-05	65506.3321	6550.63321
			10000	10	525	7.E+09	2.E-07		Passed			
			15000	15	165	9.E+08	6.E-07		Passed			

			20000	20	60	2.E+08	8.E-07		Passed			
			25000	25	44	7.E+07	2.E-06		Passed			
			30000	30	25.5	3.E+07	3.E-06		Passed			
			35000	35	14	1.E+07	3.E-06		Passed			
			40000	40	8	7.E+06	4.E-06		Passed			
			45000	45	4.5	4.E+06	4.E-06		Passed			
			50000	50	5.5	2.E+06	8.E-06		Passed			
			55000	55	0	1.E+06	0.E+00		Passed			
			60000	60	0.5	9.E+05	2.E-06		Passed			
			65000	65	0.5	6.E+05	3.E-06		Passed			
			70000	70	0	4.E+05	0.E+00		Passed			
			75000	75	0	3.E+05	0.E+00		Passed			
			80000	80	0	2.E+05	0.E+00		Passed			
			85000	85	0	2.E+05	0.E+00		Passed			
			90000	90	0	1.E+05	0.E+00		Passed			
			95000	95	0.5	9.E+04	2.E-05		Passed			

Water Depth	Dir	Node	Bin range (Kpa)	Bin range (Mpa)	cycle count	N (Cycles to Failure)	Damage (D= (n/N)*DFF)	Allowable Fatigue Damage	Result	Total Fatigue Damage (Dtotal)	Fatigue Life (3 hours/ Dtotal)	Max Holding Time (10% of Fatigue Life)
23	270	17	5000	5	3229	2.E+11	4.E-08	< 1	Passed	3.E-04	9479.462656	947.9462656
			10000	10	405	7.E+09	2.E-07		Passed			
			15000	15	133	9.E+08	4.E-07		Passed			
			20000	20	76	2.E+08	1.E-06		Passed			
			25000	25	66	7.E+07	3.E-06		Passed			
			30000	30	62.5	3.E+07	7.E-06		Passed			
			35000	35	44	1.E+07	1.E-05		Passed			
			40000	40	29	7.E+06	1.E-05		Passed			
			45000	45	19.5	4.E+06	2.E-05		Passed			

		50000	50	15	2.E+06	2.E-05	Passed			
		55000	55	10.5	1.E+06	2.E-05	Passed			
		60000	60	4.5	9.E+05	2.E-05	Passed			
		65000	65	2	6.E+05	1.E-05	Passed			
		70000	70	4	4.E+05	3.E-05	Passed			
		75000	75	1	3.E+05	1.E-05	Passed			
		80000	80	1	2.E+05	1.E-05	Passed			
		85000	85	0	2.E+05	0.E+00	Passed			
		90000	90	0	1.E+05	0.E+00	Passed			
		95000	95	0	9.E+04	0.E+00	Passed			
		100000	100	0	7.E+04	0.E+00	Passed			
		105000	105	0	5.E+04	0.E+00	Passed			
		110000	110	0	4.E+04	0.E+00	Passed			
		115000	115	0	3.E+04	0.E+00	Passed			
		120000	120	0	3.E+04	0.E+00	Passed			
		125000	125	0	2.E+04	0.E+00	Passed			
		130000	130	0	2.E+04	0.E+00	Passed			
		135000	135	0	2.E+04	0.E+00	Passed			
		140000	140	0	1.E+04	0.E+00	Passed			
		145000	145	0.5	1.E+04	1.E-04	Passed			

Case 1 pada Pipa Bagian Stern

Water Depth	Dir	Node	Bin range (Kpa)	Bin range (Mpa)	cycle count	N (Cycles to Failure)	Damage (D= (n/N)*DFF)	Allowable Fatigue Damage	Result	Total Fatigue Damage (Dtotal)	Fatigue Life (3 hours/ Dtotal)	Max Holding Time (10% of Fatigue Life)
23	0	27	10000	10	1252	7.E+09	6.E-07	< 1	Passed	3.E-03	1125.79523	112.579523
			20000	20	456	2.E+08	6.E-06		Passed			
			30000	30	410	3.E+07	4.E-05		Passed			
			40000	40	273.5	7.E+06	1.E-04		Passed			

			50000	50	110	2.E+06	2.E-04		Passed			
			60000	60	25	9.E+05	9.E-05		Passed			
			70000	70	4.5	4.E+05	3.E-05		Passed			
			80000	80	2.5	2.E+05	4.E-05		Passed			
			90000	90	1	1.E+05	3.E-05		Passed			
			100000	100	0	7.E+04	0.E+00		Passed			
			110000	110	0	4.E+04	0.E+00		Passed			
			120000	120	0	3.E+04	0.E+00		Passed			
			130000	130	0	2.E+04	0.E+00		Passed			
			140000	140	0	1.E+04	0.E+00		Passed			
			150000	150	0	9.E+03	0.E+00		Passed			
			160000	160	0	6.E+03	0.E+00		Passed			
			170000	170	0	5.E+03	0.E+00		Passed			
			180000	180	0	4.E+03	0.E+00		Passed			
			190000	190	0	3.E+03	0.E+00		Passed			
			200000	200	0	2.E+03	0.E+00		Passed			
			210000	210	0	2.E+03	0.E+00		Passed			
			220000	220	0	1.E+03	0.E+00		Passed			
			230000	230	0	1.E+03	0.E+00		Passed			
			240000	240	0	9.E+02	0.E+00		Passed			
			250000	250	0.5	7.E+02	2.E-03		Passed			
Water Depth	Dir	Node	Bin range (Kpa)	Bin range (Mpa)	cycle count	N (Cycles to Failure)	Damage (D= (n/N)*DFF)	Allowable Fatigue Damage	Result	Total Fatigue Damage (Dtotal)	Fatigue Life (3 hours/ Dtotal)	Max Holding Time (10% of Fatigue Life)
23	90	29	10000	10	1327	7.E+09	6.E-07	< 1	Passed	2.E-03	1479.825787	147.9825787
			20000	20	340	2.E+08	5.E-06		Passed			
			30000	30	228	3.E+07	2.E-05		Passed			
			40000	40	148.5	7.E+06	7.E-05		Passed			
			50000	50	111.5	2.E+06	2.E-04		Passed			

			60000	60	61	9.E+05	2.E-04		Passed			
			70000	70	22	4.E+05	2.E-04		Passed			
			80000	80	10.5	2.E+05	2.E-04		Passed			
			90000	90	3.5	1.E+05	9.E-05		Passed			
			100000	100	0.5	7.E+04	2.E-05		Passed			
			110000	110	0	4.E+04	0.E+00		Passed			
			120000	120	0	3.E+04	0.E+00		Passed			
			130000	130	0	2.E+04	0.E+00		Passed			
			140000	140	0	1.E+04	0.E+00		Passed			
			150000	150	0	9.E+03	0.E+00		Passed			
			160000	160	0	6.E+03	0.E+00		Passed			
			170000	170	0	5.E+03	0.E+00		Passed			
			180000	180	0	4.E+03	0.E+00		Passed			
			190000	190	0	3.E+03	0.E+00		Passed			
			200000	200	0	2.E+03	0.E+00		Passed			
			210000	210	0	2.E+03	0.E+00		Passed			
			220000	220	0.5	1.E+03	1.E-03		Passed			

Water Depth	Dir	Node	Bin range (Kpa)	Bin range (Mpa)	cycle count	N (Cycles to Failure)	Damage (D= (n/N)*DFF)	Allowable Fatigue Damage	Result	Total Fatigue Damage (Dtotal)	Fatigue Life (3 hours/ Dtotal)	Max Holding Time (10% of Fatigue Life)
23	180	27	10000	10	995	7.E+09	4.E-07	< 1	Passed	2.E-03	1464.937048	146.4937048
			20000	20	333	2.E+08	5.E-06		Passed			
			30000	30	275	3.E+07	3.E-05		Passed			
			40000	40	196.5	7.E+06	9.E-05		Passed			
			50000	50	159.5	2.E+06	2.E-04		Passed			
			60000	60	79.5	9.E+05	3.E-04		Passed			
			70000	70	35	4.E+05	3.E-04		Passed			
			80000	80	10.5	2.E+05	2.E-04		Passed			
			90000	90	4.5	1.E+05	1.E-04		Passed			

		100000	100	0	7.E+04	0.E+00		Passed			
		110000	110	0	4.E+04	0.E+00		Passed			
		120000	120	0	3.E+04	0.E+00		Passed			
		130000	130	0	2.E+04	0.E+00		Passed			
		140000	140	0	1.E+04	0.E+00		Passed			
		150000	150	0	9.E+03	0.E+00		Passed			
		160000	160	0	6.E+03	0.E+00		Passed			
		170000	170	0	5.E+03	0.E+00		Passed			
		180000	180	0	4.E+03	0.E+00		Passed			
		190000	190	0	3.E+03	0.E+00		Passed			
		200000	200	0	2.E+03	0.E+00		Passed			
		210000	210	0.5	2.E+03	9.E-04		Passed			

Water Depth	Dir	Node	Bin range (Kpa)	Bin range (Mpa)	cycle count	N (Cycles to Failure)	Damage (D= (n/N)*DFF)	Allowable Fatigue Damage	Result	Total Fatigue Damage (Dtotal)	Fatigue Life (3 hours/ Dtotal)	Max Holding Time (10% of Fatigue Life)
23	270	27	10000	10	2950.5	7.E+09	1.E-06	< 1	Passed	1.E-03	2217.008933	221.7008933
			20000	20	777	2.E+08	1.E-05		Passed			
			30000	30	380	3.E+07	4.E-05		Passed			
			40000	40	91	7.E+06	4.E-05		Passed			
			50000	50	36	2.E+06	5.E-05		Passed			
			60000	60	10	9.E+05	3.E-05		Passed			
			70000	70	3	4.E+05	2.E-05		Passed			
			80000	80	1	2.E+05	1.E-05		Passed			
			90000	90	0	1.E+05	0.E+00		Passed			
			100000	100	0	7.E+04	0.E+00		Passed			
			110000	110	0	4.E+04	0.E+00		Passed			
			120000	120	0	3.E+04	0.E+00		Passed			
			130000	130	0	2.E+04	0.E+00		Passed			
			140000	140	0	1.E+04	0.E+00		Passed			

		150000	150	0	9.E+03	0.E+00		Passed			
		160000	160	0	6.E+03	0.E+00		Passed			
		170000	170	0	5.E+03	0.E+00		Passed			
		180000	180	0	4.E+03	0.E+00		Passed			
		190000	190	0	3.E+03	0.E+00		Passed			
		200000	200	0	2.E+03	0.E+00		Passed			
		210000	210	0	2.E+03	0.E+00		Passed			
		220000	220	0.5	1.E+03	1.E-03		Passed			

Case 2 pada Pipa Bagian Bow

Water Depth	Dir	Node	Bin range (Kpa)	Bin range (Mpa)	cycle count	N (Cycles to Failure)	Damage (D= (n/N)*DFF)	Allowable Fatigue Damage	Result	Total Fatigue Damage (Dtotal)	Fatigue Life (3 hours/ Dtotal)	Max Holding Time (10% of Fatigue Life)
21.601	0	17	5000	5	3089.5	2.E+11	4.E-08	< 1	Passed	7.E-05	40524.086	4052.408635
			10000	10	226	7.E+09	1.E-07		Passed			
			15000	15	105	9.E+08	4.E-07		Passed			
			20000	20	78	2.E+08	1.E-06		Passed			
			25000	25	45	7.E+07	2.E-06		Passed			
			30000	30	25	3.E+07	3.E-06		Passed			
			35000	35	15	1.E+07	3.E-06		Passed			
			40000	40	8	7.E+06	4.E-06		Passed			
			45000	45	4.5	4.E+06	4.E-06		Passed			
			50000	50	3.5	2.E+06	5.E-06		Passed			
			55000	55	3.5	1.E+06	8.E-06		Passed			
			60000	60	1.5	9.E+05	5.E-06		Passed			
			65000	65	0	6.E+05	0.E+00		Passed			
			70000	70	0.5	4.E+05	4.E-06		Passed			
			75000	75	0	3.E+05	0.E+00		Passed			
			80000	80	0	2.E+05	0.E+00		Passed			

			85000	85	0	2.E+05	0.E+00		Passed			
			90000	90	0	1.E+05	0.E+00		Passed			
			95000	95	0	9.E+04	0.E+00		Passed			
			1E+05	100	0	7.E+04	0.E+00		Passed			
			1E+05	105	0	5.E+04	0.E+00		Passed			
			1E+05	110	0.5	4.E+04	4.E-05		Passed			

Water Depth	Dir	Node	Bin range (Kpa)	Bin range (Mpa)	cycle count	N (Cycles to Failure)	Damage (D= (n/N)*DFF)	Allowable Fatigue Damage	Result	Total Fatigue Damage (Dtotal)	Fatigue Life (3 hours/ Dtotal)	Max Holding Time (10% of Fatigue Life)
24.467	90	17	5000	5	1931.5	2.E+11	3.E-08	< 1	Passed	1.E-04	22470.539	2247.053874
			10000	10	326	7.E+09	1.E-07		Passed			
			15000	15	255	9.E+08	9.E-07		Passed			
			20000	20	253	2.E+08	4.E-06		Passed			
			25000	25	174.5	7.E+07	8.E-06		Passed			
			30000	30	110.5	3.E+07	1.E-05		Passed			
			35000	35	60.5	1.E+07	1.E-05		Passed			
			40000	40	43	7.E+06	2.E-05		Passed			
			45000	45	16	4.E+06	1.E-05		Passed			
			50000	50	9	2.E+06	1.E-05		Passed			
			55000	55	2.5	1.E+06	6.E-06		Passed			
			60000	60	0.5	9.E+05	2.E-06		Passed			
			65000	65	1.5	6.E+05	8.E-06		Passed			
			70000	70	1	4.E+05	7.E-06		Passed			
			75000	75	0	3.E+05	0.E+00		Passed			
			80000	80	0	2.E+05	0.E+00		Passed			
			85000	85	0	2.E+05	0.E+00		Passed			
			90000	90	0	1.E+05	0.E+00		Passed			
			95000	95	0	9.E+04	0.E+00		Passed			

			1E+05	100	0	7.E+04	0.E+00		Passed			
			1E+05	105	0.5	5.E+04	3.E-05		Passed			
Water Depth	Dir	Node	Bin range (Kpa)	Bin range (Mpa)	cycle count	N (Cycles to Failure)	Damage (D= (n/N)*DFF)	Allowable Fatigue Damage	Result	Total Fatigue Damage (Dtotal)	Fatigue Life (3 hours/ Dtotal)	Max Holding Time (10% of Fatigue Life)
24.467	180	17	5000	5	2528.5	2.E+11	3.E-08	< 1	Passed	5.E-05	65506.332	6550.63321
			10000	10	525	7.E+09	2.E-07		Passed			
			15000	15	165	9.E+08	6.E-07		Passed			
			20000	20	60	2.E+08	8.E-07		Passed			
			25000	25	44	7.E+07	2.E-06		Passed			
			30000	30	25.5	3.E+07	3.E-06		Passed			
			35000	35	14	1.E+07	3.E-06		Passed			
			40000	40	8	7.E+06	4.E-06		Passed			
			45000	45	4.5	4.E+06	4.E-06		Passed			
			50000	50	5.5	2.E+06	8.E-06		Passed			
			55000	55	0	1.E+06	0.E+00		Passed			
			60000	60	0.5	9.E+05	2.E-06		Passed			
			65000	65	0.5	6.E+05	3.E-06		Passed			
			70000	70	0	4.E+05	0.E+00		Passed			
			75000	75	0	3.E+05	0.E+00		Passed			
			80000	80	0	2.E+05	0.E+00		Passed			
			85000	85	0	2.E+05	0.E+00		Passed			
			90000	90	0	1.E+05	0.E+00		Passed			
			95000	95	0.5	9.E+04	2.E-05		Passed			

Water Depth	Dir	Node	Bin range (Kpa)	Bin range (Mpa)	cycle count	N (Cycles to Failure)	Damage (D= (n/N)*DFF)	Allowable Fatigue Damage	Result	Total Fatigue Damage (Dtotal)	Fatigue Life (3 hours/ Dtotal)	Max Holding Time (10% of Fatigue Life)
24.467	270	17	5000	5	1817.5	2.E+11	3.E-08	< 1	Passed	4.E-04	6998.263	699.8262999
			10000	10	225	7.E+09	1.E-07		Passed			
			15000	15	206	9.E+08	7.E-07		Passed			
			20000	20	211	2.E+08	3.E-06		Passed			
			25000	25	175.5	7.E+07	8.E-06		Passed			
			30000	30	146	3.E+07	2.E-05		Passed			
			35000	35	104	1.E+07	2.E-05		Passed			
			40000	40	63.5	7.E+06	3.E-05		Passed			
			45000	45	49	4.E+06	4.E-05		Passed			
			50000	50	26.5	2.E+06	4.E-05		Passed			
			55000	55	26	1.E+06	6.E-05		Passed			
			60000	60	9	9.E+05	3.E-05		Passed			
			65000	65	4	6.E+05	2.E-05		Passed			
			70000	70	7.5	4.E+05	6.E-05		Passed			
			75000	75	1.5	3.E+05	2.E-05		Passed			
			80000	80	1	2.E+05	1.E-05		Passed			
			85000	85	0.5	2.E+05	1.E-05		Passed			
			90000	90	0	1.E+05	0.E+00		Passed			
			95000	95	0	9.E+04	0.E+00		Passed			
			1E+05	100	0	7.E+04	0.E+00		Passed			
			1E+05	105	0	5.E+04	0.E+00		Passed			
			1E+05	110	0	4.E+04	0.E+00		Passed			
			1E+05	115	0	3.E+04	0.E+00		Passed			
			1E+05	120	0	3.E+04	0.E+00		Passed			
			1E+05	125	0.5	2.E+04	7.E-05		Passed			

Case 2 pada Pipa Bagian Stern

Water Depth	Dir	Node	Bin range (Kpa)	Bin range (Mpa)	cycle count	N (Cycles to Failure)	Damage (D= (n/N)*DFF)	Allowable Fatigue Damage	Result	Total Fatigue Damage (Dtotal)	Fatigue Life (3 hours/ Dtotal)	Max Holding Time (10% of Fatigue Life)
24.467	0	27	10000	10	1632.5	7.E+09	7.E-07	< 1	Passed	2.E-03	1570.383613	157.0383613
			20000	20	285	2.E+08	4.E-06		Passed			
			30000	30	206.5	3.E+07	2.E-05		Passed			
			40000	40	152.5	7.E+06	7.E-05		Passed			
			50000	50	96.5	2.E+06	1.E-04		Passed			
			60000	60	56	9.E+05	2.E-04		Passed			
			70000	70	21.5	4.E+05	2.E-04		Passed			
			80000	80	6	2.E+05	9.E-05		Passed			
			90000	90	4	1.E+05	1.E-04		Passed			
			100000	100	0	7.E+04	0.E+00		Passed			
			110000	110	0	4.E+04	0.E+00		Passed			
			120000	120	0	3.E+04	0.E+00		Passed			
			130000	130	0	2.E+04	0.E+00		Passed			
			140000	140	0	1.E+04	0.E+00		Passed			
			150000	150	0	9.E+03	0.E+00		Passed			
			160000	160	0	6.E+03	0.E+00		Passed			
			170000	170	0	5.E+03	0.E+00		Passed			
			180000	180	0	4.E+03	0.E+00		Passed			
			190000	190	0	3.E+03	0.E+00		Passed			
			200000	200	0	2.E+03	0.E+00		Passed			
			210000	210	0	2.E+03	0.E+00		Passed			
			220000	220	0.5	1.E+03	1.E-03		Passed			

Water Depth	Dir	Node	Bin range (Kpa)	Bin range (Mpa)	cycle count	N (Cycles to Failure)	Damage (D= (n/N)*DFF)	Allowable Fatigue Damage	Result	Total Fatigue	Fatigue Life (3 hours/ Dtotal)	Max Holding Time (10% of Fatigue Life)
-------------	-----	------	-----------------	-----------------	-------------	-----------------------	-----------------------	--------------------------	--------	---------------	--------------------------------	--

										Damage (Dtotal)		
24.467	90	18	10000	10	2404.5	7.E+09	1.E-06	< 1	Passed	1.E-03	2957.839398	295.7839398
			20000	20	735	2.E+08	1.E-05		Passed			
			30000	30	299	3.E+07	3.E-05		Passed			
			40000	40	61	7.E+06	3.E-05		Passed			
			50000	50	12	2.E+06	2.E-05		Passed			
			60000	60	5	9.E+05	2.E-05		Passed			
			70000	70	1	4.E+05	7.E-06		Passed			
			80000	80	0	2.E+05	0.E+00		Passed			
			90000	90	0	1.E+05	0.E+00		Passed			
			100000	100	0	7.E+04	0.E+00		Passed			
			110000	110	0	4.E+04	0.E+00		Passed			
			120000	120	0	3.E+04	0.E+00		Passed			
			130000	130	0	2.E+04	0.E+00		Passed			
			140000	140	0	1.E+04	0.E+00		Passed			
			150000	150	0	9.E+03	0.E+00		Passed			
			160000	160	0	6.E+03	0.E+00		Passed			
			170000	170	0	5.E+03	0.E+00		Passed			
			180000	180	0	4.E+03	0.E+00		Passed			
			190000	190	0	3.E+03	0.E+00		Passed			
			200000	200	0	2.E+03	0.E+00		Passed			
			210000	210	0.5	2.E+03	9.E-04		Passed			
Water Depth	Dir	Node	Bin range (Kpa)	Bin range (Mpa)	cycle count	N (Cycles to Failure)	Damage (D= (n/N)*DFF)	Allowable Fatigue Damage	Result	Total Fatigue Damage (Dtotal)	Fatigue Life (3 hours/ Dtotal)	Max Holding Time (10% of Fatigue Life)
24.467	180	27	10000	10	1335.5	7.E+09	6.E-07	< 1	Passed	3.E-03	866.8825854	86.68825854
			20000	20	283	2.E+08	4.E-06		Passed			

			30000	30	187	3.E+07	2.E-05						Passed
			40000	40	180.5	7.E+06	8.E-05						Passed
			50000	50	133.5	2.E+06	2.E-04						Passed
			60000	60	84	9.E+05	3.E-04						Passed
			70000	70	52.5	4.E+05	4.E-04						Passed
			80000	80	22.5	2.E+05	3.E-04						Passed
			90000	90	9	1.E+05	2.E-04						Passed
			100000	100	1.5	7.E+04	7.E-05						Passed
			110000	110	1.5	4.E+04	1.E-04						Passed
			120000	120	0	3.E+04	0.E+00						Passed
			130000	130	0	2.E+04	0.E+00						Passed
			140000	140	0	1.E+04	0.E+00						Passed
			150000	150	0	9.E+03	0.E+00						Passed
			160000	160	0	6.E+03	0.E+00						Passed
			170000	170	0	5.E+03	0.E+00						Passed
			180000	180	0	4.E+03	0.E+00						Passed
			190000	190	0	3.E+03	0.E+00						Passed
			200000	200	0	2.E+03	0.E+00						Passed
			210000	210	0	2.E+03	0.E+00						Passed
			220000	220	0	1.E+03	0.E+00						Passed
			230000	230	0	1.E+03	0.E+00						Passed
			240000	240	0.5	9.E+02	2.E-03						Passed

Water Depth	Dir	Node	Bin range (Kpa)	Bin range (Mpa)	cycle count	N (Cycles to Failure)	Damage (D= (n/N)*DFF)	Allowable Fatigue Damage	Result	Total Fatigue Damage (Dtotal)	Fatigue Life (3 hours/ Dtotal)	Max Holding Time (10% of Fatigue Life)
24.467	270	17	10000	10	2552	7.E+09	1.E-06	< 1	Passed	1.E-03	2575.420348	257.5420348
			20000	20	596	2.E+08	8.E-06		Passed			
			30000	30	406	3.E+07	4.E-05		Passed			

			40000	40	138.5	7.E+06	6.E-05		Passed			
			50000	50	41	2.E+06	6.E-05		Passed			
			60000	60	13.5	9.E+05	5.E-05		Passed			
			70000	70	4	4.E+05	3.E-05		Passed			
			80000	80	1	2.E+05	1.E-05		Passed			
			90000	90	0	1.E+05	0.E+00		Passed			
			100000	100	0	7.E+04	0.E+00		Passed			
			110000	110	0	4.E+04	0.E+00		Passed			
			120000	120	0	3.E+04	0.E+00		Passed			
			130000	130	0	2.E+04	0.E+00		Passed			
			140000	140	0	1.E+04	0.E+00		Passed			
			150000	150	0	9.E+03	0.E+00		Passed			
			160000	160	0	6.E+03	0.E+00		Passed			
			170000	170	0	5.E+03	0.E+00		Passed			
			180000	180	0	4.E+03	0.E+00		Passed			
			190000	190	0	3.E+03	0.E+00		Passed			
			200000	200	0	2.E+03	0.E+00		Passed			
			210000	210	0.5	2.E+03	9.E-04		Passed			

Case 3 pada Pipa Bagian Bow

Water Depth	Dir	Node	Bin range (Kpa)	Bin range (Mpa)	cycle count	N (Cycles to Failure)	Damage (D= (n/N)*DFF)	Allowable Fatigue Damage	Result	Total Fatigue Damage (Dtotal)	Fatigue Life (3 hours/ Dtotal)	Max Holding Time (10% of Fatigue Life)
21.6	0	17	5000	5	2342.5	2.E+11	3.E-08	< 1	Passed	6.E-05	53062.8	5306.28227
			10000	10	502	7.E+09	2.E-07		Passed			
			15000	15	190	9.E+08	6.E-07		Passed			
			20000	20	62	2.E+08	9.E-07		Passed			
			25000	25	38	7.E+07	2.E-06		Passed			

			30000	30	21	3.E+07	2.E-06		Passed			
			35000	35	10.5	1.E+07	2.E-06		Passed			
			40000	40	7	7.E+06	3.E-06		Passed			
			45000	45	5	4.E+06	4.E-06		Passed			
			50000	50	3.5	2.E+06	5.E-06		Passed			
			55000	55	4.5	1.E+06	1.E-05		Passed			
			60000	60	0.5	9.E+05	2.E-06		Passed			
			65000	65	0.5	6.E+05	3.E-06		Passed			
			70000	70	0	4.E+05	0.E+00		Passed			
			75000	75	0	3.E+05	0.E+00		Passed			
			80000	80	0	2.E+05	0.E+00		Passed			
			85000	85	0	2.E+05	0.E+00		Passed			
			90000	90	0	1.E+05	0.E+00		Passed			
			95000	95	0	9.E+04	0.E+00		Passed			
			100000	100	0.5	7.E+04	2.E-05		Passed			
Water Depth	Dir	Node	Bin range (Kpa)	Bin range (Mpa)	cycle count	N (Cycles to Failure)	Damage (D= (n/N)*DFF)	Allowable Fatigue Damage	Result	Total Fatigue Damage (Dtotal)	Fatigue Life (3 hours/ Dtotal)	Max Holding Time (10% of Fatigue Life)
21.6	90	17	5000	5	2296.5	2.E+11	3.E-08		Passed			
			10000	10	482	7.E+09	2.E-07		Passed			
			15000	15	262.5	9.E+08	9.E-07		Passed			
			20000	20	106.5	2.E+08	2.E-06		Passed			
			25000	25	64	7.E+07	3.E-06	< 1	Passed	8.E-05	39828	3982.79778
			30000	30	35.5	3.E+07	4.E-06		Passed			
			35000	35	17.5	1.E+07	4.E-06		Passed			
			40000	40	8.5	7.E+06	4.E-06		Passed			
			45000	45	8.5	4.E+06	7.E-06		Passed			

		50000	50	6	2.E+06	8.E-06		Passed			
		55000	55	3	1.E+06	7.E-06		Passed			
		60000	60	3	9.E+05	1.E-05		Passed			
		65000	65	0	6.E+05	0.E+00		Passed			
		70000	70	0	4.E+05	0.E+00		Passed			
		75000	75	0.5	3.E+05	5.E-06		Passed			
		80000	80	0.5	2.E+05	7.E-06		Passed			
		85000	85	0	2.E+05	0.E+00		Passed			
		90000	90	0	1.E+05	0.E+00		Passed			
		95000	95	0	9.E+04	0.E+00		Passed			
		100000	100	0.5	7.E+04	2.E-05		Passed			

Water Depth	Dir	Node	Bin range (Kpa)	Bin range (Mpa)	cycle count	N (Cycles to Failure)	Damage (D= (n/N)*DFF)	Allowable Fatigue Damage	Result	Total Fatigue Damage (Dtotal)	Fatigue Life (3 hours/ Dtotal)	Max Holding Time (10% of Fatigue Life)
21.6	180	17	5000	5	3210.5	2.E+11	4.E-08	< 1	Passed	8.E-05	37137.7	3713.77483
			10000	10	403	7.E+09	2.E-07		Passed			
			15000	15	253	9.E+08	8.E-07		Passed			
			20000	20	149	2.E+08	2.E-06		Passed			
			25000	25	88	7.E+07	4.E-06		Passed			
			30000	30	39	3.E+07	4.E-06		Passed			
			35000	35	30.5	1.E+07	7.E-06		Passed			
			40000	40	10.5	7.E+06	5.E-06		Passed			
			45000	45	8	4.E+06	7.E-06		Passed			
			50000	50	4.5	2.E+06	6.E-06		Passed			
			55000	55	3.5	1.E+06	8.E-06		Passed			
			60000	60	0.5	9.E+05	2.E-06		Passed			
			65000	65	0	6.E+05	0.E+00		Passed			

			70000	70	0	4.E+05	0.E+00		Passed			
			75000	75	0	3.E+05	0.E+00		Passed			
			80000	80	0	2.E+05	0.E+00		Passed			
			85000	85	0	2.E+05	0.E+00		Passed			
			90000	90	0	1.E+05	0.E+00		Passed			
			95000	95	0	9.E+04	0.E+00		Passed			
			100000	100	0	7.E+04	0.E+00		Passed			
			105000	105	0	5.E+04	0.E+00		Passed			
			110000	110	0.5	4.E+04	4.E-05		Passed			
Water Depth	Dir	Node	Bin range (Kpa)	Bin range (Mpa)	cycle count	N (Cycles to Failure)	Damage (D= (n/N)*DFF)	Allowable Fatigue Damage	Result	Total Fatigue Damage (Dtotal)	Fatigue Life (3 hours/ Dtotal)	Max Holding Time (10% of Fatigue Life)
21.6	270	17	5000	5	2223	2.E+11	3.E-08		Passed			
			10000	10	440.5	7.E+09	2.E-07		Passed			
			15000	15	231	9.E+08	8.E-07		Passed			
			20000	20	95	2.E+08	1.E-06		Passed			
			25000	25	76	7.E+07	3.E-06		Passed			
			30000	30	47.5	3.E+07	5.E-06		Passed			
			35000	35	40	1.E+07	9.E-06		Passed			
			40000	40	30	7.E+06	1.E-05	< 1	Passed	3.E-04	6248.38	624.838196
			45000	45	15.5	4.E+06	1.E-05		Passed			
			50000	50	8	2.E+06	1.E-05		Passed			
			55000	55	7.5	1.E+06	2.E-05		Passed			
			60000	60	7.5	9.E+05	3.E-05		Passed			
			65000	65	2	6.E+05	1.E-05		Passed			
			70000	70	2.5	4.E+05	2.E-05		Passed			
			75000	75	0	3.E+05	0.E+00		Passed			

		80000	80	0.5	2.E+05	7.E-06	Passed			
		85000	85	0	2.E+05	0.E+00	Passed			
		90000	90	0	1.E+05	0.E+00	Passed			
		95000	95	1	9.E+04	3.E-05	Passed			
		100000	100	0	7.E+04	0.E+00	Passed			
		105000	105	0	5.E+04	0.E+00	Passed			
		110000	110	0	4.E+04	0.E+00	Passed			
		115000	115	0	3.E+04	0.E+00	Passed			
		120000	120	0	3.E+04	0.E+00	Passed			
		125000	125	0	2.E+04	0.E+00	Passed			
		130000	130	0	2.E+04	0.E+00	Passed			
		135000	135	0.5	2.E+04	1.E-04	Passed			

Case 3 pada Pipa Bagian Stern

Water Depth	Dir	Node	Bin range (Kpa)	Bin range (Mpa)	cycle count	N (Cycles to Failure)	Damage (D= (n/N)*DFF)	Allowable Fatigue Damage	Result	Total Fatigue Damage (Dtotal)	Fatigue Life (3 hours/ Dtotal)	Max Holding Time (10% of Fatigue Life)
21.601	0	27	10000	10	1956	7.E+09	9.E-07	< 1	Passed	3.E-03	859.787621	85.9787621
			20000	20	187	2.E+08	3.E-06		Passed			
			30000	30	161	3.E+07	2.E-05		Passed			
			40000	40	172	7.E+06	8.E-05		Passed			
			50000	50	142	2.E+06	2.E-04		Passed			
			60000	60	100	9.E+05	3.E-04		Passed			
			70000	70	43	4.E+05	3.E-04		Passed			
			80000	80	23.5	2.E+05	3.E-04		Passed			
			90000	90	10.5	1.E+05	3.E-04		Passed			
			100000	100	2	7.E+04	9.E-05		Passed			
			110000	110	1	4.E+04	7.E-05		Passed			

			120000	120	0	3.E+04	0.E+00		Passed			
			130000	130	0	2.E+04	0.E+00		Passed			
			140000	140	0	1.E+04	0.E+00		Passed			
			150000	150	0	9.E+03	0.E+00		Passed			
			160000	160	0	6.E+03	0.E+00		Passed			
			170000	170	0	5.E+03	0.E+00		Passed			
			180000	180	0	4.E+03	0.E+00		Passed			
			190000	190	0	3.E+03	0.E+00		Passed			
			200000	200	0	2.E+03	0.E+00		Passed			
			210000	210	0	2.E+03	0.E+00		Passed			
			220000	220	0	1.E+03	0.E+00		Passed			
			230000	230	0	1.E+03	0.E+00		Passed			
			240000	240	0.5	9.E+02	2.E-03		Passed			
Water Depth	Dir	Node	Bin range (Kpa)	Bin range (Mpa)	cycle count	N (Cycles to Failure)	Damage (D= (n/N)*DFF)	Allowable Fatigue Damage	Result	Total Fatigue Damage (Dtotal)	Fatigue Life (3 hours/ Dtotal)	Max Holding Time (10% of Fatigue Life)
92.5	90	18	10000	10	2278.5	7.E+09	1.E-06		Passed			
			20000	20	815	2.E+08	1.E-05		Passed			
			30000	30	237.5	3.E+07	3.E-05		Passed			
			40000	40	32	7.E+06	1.E-05		Passed			
			50000	50	9.5	2.E+06	1.E-05		Passed			
			60000	60	3	9.E+05	1.E-05		Passed			
			70000	70	0	4.E+05	0.E+00	< 1	Passed	6.E-04	4817.375031	481.7375031
			80000	80	0	2.E+05	0.E+00		Passed			
			90000	90	0	1.E+05	0.E+00		Passed			
			100000	100	0	7.E+04	0.E+00		Passed			
			110000	110	0	4.E+04	0.E+00		Passed			
			120000	120	0	3.E+04	0.E+00		Passed			
			130000	130	0	2.E+04	0.E+00		Passed			

			140000	140	0	1.E+04	0.E+00		Passed			
			150000	150	0	9.E+03	0.E+00		Passed			
			160000	160	0	6.E+03	0.E+00		Passed			
			170000	170	0	5.E+03	0.E+00		Passed			
			180000	180	0	4.E+03	0.E+00		Passed			
			190000	190	0.5	3.E+03	5.E-04		Passed			
Water Depth	Dir	Node	Bin range (Kpa)	Bin range (Mpa)	cycle count	N (Cycles to Failure)	Damage (D= (n/N)*DFF)	Allowable Fatigue Damage	Result	Total Fatigue Damage (Dtotal)	Fatigue Life (3 hours/ Dtotal)	Max Holding Time (10% of Fatigue Life)
21.601	180	27	10000	10	1172.5	7.E+09	5.E-07	< 1	Passed	2.E-03	1494.118168	149.4118168
			20000	20	237.5	2.E+08	3.E-06		Passed			
			30000	30	220.5	3.E+07	2.E-05		Passed			
			40000	40	209	7.E+06	9.E-05		Passed			
			50000	50	160.5	2.E+06	2.E-04		Passed			
			60000	60	89.5	9.E+05	3.E-04		Passed			
			70000	70	39.5	4.E+05	3.E-04		Passed			
			80000	80	13.5	2.E+05	2.E-04		Passed			
			90000	90	4.5	1.E+05	1.E-04		Passed			
			100000	100	1	7.E+04	4.E-05		Passed			
			110000	110	0	4.E+04	0.E+00		Passed			
			120000	120	0	3.E+04	0.E+00		Passed			
			130000	130	0	2.E+04	0.E+00		Passed			
			140000	140	0	1.E+04	0.E+00		Passed			
			150000	150	0	9.E+03	0.E+00		Passed			
			160000	160	0	6.E+03	0.E+00		Passed			
			170000	170	0	5.E+03	0.E+00		Passed			
			180000	180	0	4.E+03	0.E+00		Passed			
			190000	190	0	3.E+03	0.E+00		Passed			
			200000	200	0.5	2.E+03	7.E-04		Passed			

Water Depth	Dir	Node	Bin range (Kpa)	Bin range (Mpa)	cycle count	N (Cycles to Failure)	Damage (D= (n/N)*DFF)	Allowable Fatigue Damage	Result	Total Fatigue Damage (Dtotal)	Fatigue Life (3 hours/ Dtotal)	Max Holding Time (10% of Fatigue Life)
21.601	270	27	10000	10	2306.5	7.E+09	1.E-06	< 1	Passed	9.E-04	3343.626874	334.3626874
			20000	20	688.5	2.E+08	1.E-05		Passed			
			30000	30	338	3.E+07	4.E-05		Passed			
			40000	40	83	7.E+06	4.E-05		Passed			
			50000	50	26.5	2.E+06	4.E-05		Passed			
			60000	60	9.5	9.E+05	3.E-05		Passed			
			70000	70	3	4.E+05	2.E-05		Passed			
			80000	80	1	2.E+05	1.E-05		Passed			
			90000	90	0	1.E+05	0.E+00		Passed			
			100000	100	0	7.E+04	0.E+00		Passed			
			110000	110	0	4.E+04	0.E+00		Passed			
			120000	120	0	3.E+04	0.E+00		Passed			
			130000	130	0	2.E+04	0.E+00		Passed			
			140000	140	0	1.E+04	0.E+00		Passed			
			150000	150	0	9.E+03	0.E+00		Passed			
			160000	160	0	6.E+03	0.E+00		Passed			
			170000	170	0	5.E+03	0.E+00		Passed			
			180000	180	0	4.E+03	0.E+00		Passed			
			190000	190	0	3.E+03	0.E+00		Passed			
			200000	200	0.5	2.E+03	7.E-04		Passed			

Case 4

Water Depth	Dir	Node	Bin range (Kpa)	Bin range (Mpa)	cycle count	N (Cycles to Failure)	Damage (D= (n/N)*DFF)	Allowable Fatigue Damage	Result	Total Fatigue Damage (Dtotal)	Fatigue Life (3 hours/ Dtotal)	Max Holding Time (10% of Fatigue Life)
-------------	-----	------	-----------------	-----------------	-------------	-----------------------	-----------------------	--------------------------	--------	-------------------------------	--------------------------------	--

23	0	170	10000	10	1689.5	7.E+09	7.E-07	< 1	Passed	2.E-03	1367.79306	136.7793061
			20000	20	325	2.E+08	5.E-06		Passed			
			30000	30	47	3.E+07	5.E-06		Passed			
			40000	40	7.5	7.E+06	3.E-06		Passed			
			50000	50	0	2.E+06	0.E+00		Passed			
			60000	60	0	9.E+05	0.E+00		Passed			
			70000	70	0.5	4.E+05	4.E-06		Passed			
			80000	80	0	2.E+05	0.E+00		Passed			
			90000	90	0	1.E+05	0.E+00		Passed			
			100000	100	0	7.E+04	0.E+00		Passed			
			110000	110	0	4.E+04	0.E+00		Passed			
			120000	120	0	3.E+04	0.E+00		Passed			
			130000	130	0	2.E+04	0.E+00		Passed			
			140000	140	0	1.E+04	0.E+00		Passed			
			150000	150	0	9.E+03	0.E+00		Passed			
			160000	160	0	6.E+03	0.E+00		Passed			
			170000	170	0	5.E+03	0.E+00		Passed			
			180000	180	0.5	4.E+03	4.E-04		Passed			
			190000	190	0	3.E+03	0.E+00		Passed			
			200000	200	0	2.E+03	0.E+00		Passed			
			210000	210	0	2.E+03	0.E+00		Passed			
			220000	220	0	1.E+03	0.E+00		Passed			
			230000	230	0	1.E+03	0.E+00		Passed			
			240000	240	0.5	9.E+02	2.E-03		Passed			
Water Depth	Dir	Node	Bin range (Kpa)	Bin range (Mpa)	cycle count	N (Cycles to Failure)	Damage (D= (n/N)*DFF)	Allowable Fatigue Damage	Result	Total Fatigue Damage (Dtotal)	Fatigue Life (3 hours/ Dtotal)	Max Holding Time (10% of Fatigue Life)
23	90	170	10000	10	1996.5	7.E+09	9.E-07	< 1	Passed	2.E-03	1260.87283	126.0872826

		20000	20	294.5	2.E+08	4.E-06	Passed			
		30000	30	143	3.E+07	2.E-05	Passed			
		40000	40	119	7.E+06	5.E-05	Passed			
		50000	50	37.5	2.E+06	5.E-05	Passed			
		60000	60	15	9.E+05	5.E-05	Passed			
		70000	70	3.5	4.E+05	3.E-05	Passed			
		80000	80	0	2.E+05	0.E+00	Passed			
		90000	90	0	1.E+05	0.E+00	Passed			
		100000	100	0	7.E+04	0.E+00	Passed			
		110000	110	0	4.E+04	0.E+00	Passed			
		120000	120	0	3.E+04	0.E+00	Passed			
		130000	130	0	2.E+04	0.E+00	Passed			
		140000	140	0	1.E+04	0.E+00	Passed			
		150000	150	0	9.E+03	0.E+00	Passed			
		160000	160	0	6.E+03	0.E+00	Passed			
		170000	170	0	5.E+03	0.E+00	Passed			
		180000	180	0.5	4.E+03	4.E-04	Passed			
		190000	190	0	3.E+03	0.E+00	Passed			
		200000	200	0	2.E+03	0.E+00	Passed			
		210000	210	0	2.E+03	0.E+00	Passed			
		220000	220	0	1.E+03	0.E+00	Passed			
		230000	230	0	1.E+03	0.E+00	Passed			
		240000	240	0.5	9.E+02	2.E-03	Passed			

Water Depth	Dir	Node	Bin range (Kpa)	Bin range (Mpa)	cycle count	N (Cycles to Failure)	Damage (D= (n/N)*DFF)	Allowable Fatigue Damage	Result	Total Fatigue Damage (Dtotal)	Fatigue Life (3 hours/ Dtotal)	Max Holding Time (10% of Fatigue Life)
23	180	170	10000	10	1635.5	7.E+09	7.E-07	< 1	Passed	2.E-03	1364.29269	136.4292687

			20000	20	311.5	2.E+08	4.E-06		Passed			
			30000	30	67.5	3.E+07	7.E-06		Passed			
			40000	40	12.5	7.E+06	6.E-06		Passed			
			50000	50	1	2.E+06	1.E-06		Passed			
			60000	60	0	9.E+05	0.E+00		Passed			
			70000	70	0.5	4.E+05	4.E-06		Passed			
			80000	80	0	2.E+05	0.E+00		Passed			
			90000	90	0	1.E+05	0.E+00		Passed			
			100000	100	0	7.E+04	0.E+00		Passed			
			110000	110	0	4.E+04	0.E+00		Passed			
			120000	120	0	3.E+04	0.E+00		Passed			
			130000	130	0	2.E+04	0.E+00		Passed			
			140000	140	0	1.E+04	0.E+00		Passed			
			150000	150	0	9.E+03	0.E+00		Passed			
			160000	160	0	6.E+03	0.E+00		Passed			
			170000	170	0	5.E+03	0.E+00		Passed			
			180000	180	0.5	4.E+03	4.E-04		Passed			
			190000	190	0	3.E+03	0.E+00		Passed			
			200000	200	0	2.E+03	0.E+00		Passed			
			210000	210	0	2.E+03	0.E+00		Passed			
			220000	220	0	1.E+03	0.E+00		Passed			
			230000	230	0	1.E+03	0.E+00		Passed			
			240000	240	0.5	9.E+02	2.E-03		Passed			
Water Depth	Dir	Node	Bin range (Kpa)	Bin range (Mpa)	cycle count	N (Cycles to Failure)	Damage (D= (n/N)*DFF)	Allowable Fatigue Damage	Result	Total Fatigue Damage (Dtotal)	Fatigue Life (3 hours/ Dtotal)	Max Holding Time (10% of Fatigue Life)
23	270	170	10000	10	1343	7.E+09	6.E-07	< 1	Passed	2.E-03	1340.65631	134.0656305
			20000	20	393	2.E+08	6.E-06		Passed			

		30000	30	245.5	3.E+07	3.E-05	Passed			
		40000	40	171	7.E+06	8.E-05	Passed			
		50000	50	103	2.E+06	1.E-04	Passed			
		60000	60	43	9.E+05	1.E-04	Passed			
		70000	70	17	4.E+05	1.E-04	Passed			
		80000	80	9	2.E+05	1.E-04	Passed			
		90000	90	1	1.E+05	3.E-05	Passed			
		100000	100	0	7.E+04	0.E+00	Passed			
		110000	110	0	4.E+04	0.E+00	Passed			
		120000	120	0	3.E+04	0.E+00	Passed			
		130000	130	0	2.E+04	0.E+00	Passed			
		140000	140	0	1.E+04	0.E+00	Passed			
		150000	150	0	9.E+03	0.E+00	Passed			
		160000	160	0	6.E+03	0.E+00	Passed			
		170000	170	0	5.E+03	0.E+00	Passed			
		180000	180	0.5	4.E+03	4.E-04	Passed			
		190000	190	0	3.E+03	0.E+00	Passed			
		200000	200	0	2.E+03	0.E+00	Passed			
		210000	210	0	2.E+03	0.E+00	Passed			
		220000	220	0.5	1.E+03	1.E-03	Passed			

Case 5

Water Depth	Dir	Node	Bin range (Kpa)	Bin range (Mpa)	cycle count	N (Cycles to Failure)	Damage (D= (n/N)*DFF)	Allowable Fatigue Damage	Result	Total Fatigue Damage (Dtotal)	Fatigue Life (3 hours/ Dtotal)	Max Holding Time (10% of Fatigue Life)
24.47	0	27	10000	10	1847	7.E+09	8.E-07	< 1	Passed	1.E-03	2637.643037	263.7643037
			20000	20	356.5	2.E+08	5.E-06		Passed			
			30000	30	51	3.E+07	5.E-06		Passed			
			40000	40	4.5	7.E+06	2.E-06		Passed			

			50000	50	0	2.E+06	0.E+00		Passed			
			60000	60	0	9.E+05	0.E+00		Passed			
			70000	70	0	4.E+05	0.E+00		Passed			
			80000	80	0	2.E+05	0.E+00		Passed			
			90000	90	0	1.E+05	0.E+00		Passed			
			100000	100	0	7.E+04	0.E+00		Passed			
			110000	110	0	4.E+04	0.E+00		Passed			
			120000	120	0	3.E+04	0.E+00		Passed			
			130000	130	0	2.E+04	0.E+00		Passed			
			140000	140	0	1.E+04	0.E+00		Passed			
			150000	150	0	9.E+03	0.E+00		Passed			
			160000	160	0	6.E+03	0.E+00		Passed			
			170000	170	0	5.E+03	0.E+00		Passed			
			180000	180	0.5	4.E+03	4.E-04		Passed			
			190000	190	0	3.E+03	0.E+00		Passed			
			200000	200	0.5	2.E+03	7.E-04		Passed			

Water Depth	Dir	Node	Bin range (Kpa)	Bin range (Mpa)	cycle count	N (Cycles to Failure)	Damage (D= (n/N)*DFF)	Allowable Fatigue Damage	Result	Total Fatigue Damage (Dtotal)	Fatigue Life (3 hours/ Dtotal)	Max Holding Time (10% of Fatigue Life)
24.47	90	170	10000	10	1520	7.E+09	7.E-07	< 1	Passed	2.E-03	1929.799192	192.9799192
			20000	20	517.5	2.E+08	7.E-06		Passed			
			30000	30	245	3.E+07	3.E-05		Passed			
			40000	40	88	7.E+06	4.E-05		Passed			
			50000	50	13	2.E+06	2.E-05		Passed			
			60000	60	4	9.E+05	1.E-05		Passed			
			70000	70	0	4.E+05	0.E+00		Passed			

		80000	80	0	2.E+05	0.E+00	Passed					
		90000	90	0	1.E+05	0.E+00	Passed					
		100000	100	0	7.E+04	0.E+00	Passed					
		110000	110	0	4.E+04	0.E+00	Passed					
		120000	120	0	3.E+04	0.E+00	Passed					
		130000	130	0	2.E+04	0.E+00	Passed					
		140000	140	0	1.E+04	0.E+00	Passed					
		150000	150	0	9.E+03	0.E+00	Passed					
		160000	160	0	6.E+03	0.E+00	Passed					
		170000	170	0	5.E+03	0.E+00	Passed					
		180000	180	0	4.E+03	0.E+00	Passed					
		190000	190	0.5	3.E+03	5.E-04	Passed					
		200000	200	0	2.E+03	0.E+00	Passed					
		210000	210	0.5	2.E+03	9.E-04	Passed					

Water Depth	Dir	Node	Bin range (Kpa)	Bin range (Mpa)	cycle count	N (Cycles to Failure)	Damage (D= (n/N)*DFF)	Allowable Fatigue Damage	Result	Total Fatigue Damage (Dtotal)	Fatigue Life (3 hours/ Dtotal)	Max Holding Time (10% of Fatigue Life)
24.47	180	170	10000	10	2459.5	7.E+09	1.E-06	< 1	Passed	1.E-03	2657.015215	265.7015215
			20000	20	206	2.E+08	3.E-06		Passed			
			30000	30	10	3.E+07	1.E-06		Passed			
			40000	40	0	7.E+06	0.E+00		Passed			
			50000	50	0	2.E+06	0.E+00		Passed			
			60000	60	0	9.E+05	0.E+00		Passed			
			70000	70	0	4.E+05	0.E+00		Passed			
			80000	80	0	2.E+05	0.E+00		Passed			
			90000	90	0	1.E+05	0.E+00		Passed			
			100000	100	0	7.E+04	0.E+00		Passed			

			110000	110	0	4.E+04	0.E+00		Passed			
			120000	120	0	3.E+04	0.E+00		Passed			
			130000	130	0	2.E+04	0.E+00		Passed			
			140000	140	0	1.E+04	0.E+00		Passed			
			150000	150	0	9.E+03	0.E+00		Passed			
			160000	160	0	6.E+03	0.E+00		Passed			
			170000	170	0	5.E+03	0.E+00		Passed			
			180000	180	0.5	4.E+03	4.E-04		Passed			
			190000	190	0	3.E+03	0.E+00		Passed			
			200000	200	0.5	2.E+03	7.E-04		Passed			

Water Depth	Dir	Node	Bin range (Kpa)	Bin range (Mpa)	cycle count	N (Cycles to Failure)	Damage (D= (n/N)*DFF)	Allowable Fatigue Damage	Result	Total Fatigue Damage (Dtotal)	Fatigue Life (3 hours/ Dtotal)	Max Holding Time (10% of Fatigue Life)
24.47	270	170	10000	10	1285.5	7.E+09	6.E-07	< 1	Passed	2.E-03	1451.590987	145.1590987
			20000	20	376.5	2.E+08	5.E-06		Passed			
			30000	30	218.5	3.E+07	2.E-05		Passed			
			40000	40	154.5	7.E+06	7.E-05		Passed			
			50000	50	82	2.E+06	1.E-04		Passed			
			60000	60	40.5	9.E+05	1.E-04		Passed			
			70000	70	8.5	4.E+05	6.E-05		Passed			
			80000	80	3	2.E+05	4.E-05		Passed			
			90000	90	0	1.E+05	0.E+00		Passed			
			100000	100	0	7.E+04	0.E+00		Passed			
			110000	110	0	4.E+04	0.E+00		Passed			
			120000	120	0	3.E+04	0.E+00		Passed			
			130000	130	0	2.E+04	0.E+00		Passed			
			140000	140	0	1.E+04	0.E+00		Passed			
			150000	150	0	9.E+03	0.E+00		Passed			

		160000	160	0	6.E+03	0.E+00		Passed			
		170000	170	0	5.E+03	0.E+00		Passed			
		180000	180	0	4.E+03	0.E+00		Passed			
		190000	190	0	3.E+03	0.E+00		Passed			
		200000	200	0.5	2.E+03	7.E-04		Passed			
		210000	210	0.5	2.E+03	9.E-04		Passed			

Case
6

Water Depth	Dir	Node	Bin range (Kpa)	Bin range (Mpa)	cycle count	N (Cycles to Failure)	Damage (D= (n/N)*DFF)	Allowable Fatigue Damage	Result	Total Fatigue Damage (Dtotal)	Fatigue Life (3 hours/ Dtotal)	Max Holding Time (10% of Fatigue Life)
21.6	0	27	10000	10	1708.5	7.E+09	8.E-07	< 1	Passed	1.E-03	2236.833	223.6833464
			20000	20	319.5	2.E+08	5.E-06		Passed			
			30000	30	63.5	3.E+07	7.E-06		Passed			
			40000	40	12	7.E+06	5.E-06		Passed			
			50000	50	0.5	2.E+06	7.E-07		Passed			
			60000	60	0	9.E+05	0.E+00		Passed			
			70000	70	0.5	4.E+05	4.E-06		Passed			
			80000	80	0	2.E+05	0.E+00		Passed			
			90000	90	0	1.E+05	0.E+00		Passed			
			100000	100	0	7.E+04	0.E+00		Passed			
			110000	110	0	4.E+04	0.E+00		Passed			
			120000	120	0	3.E+04	0.E+00		Passed			
			130000	130	0	2.E+04	0.E+00		Passed			
			140000	140	0	1.E+04	0.E+00		Passed			
			150000	150	0	9.E+03	0.E+00		Passed			
			160000	160	0	6.E+03	0.E+00		Passed			
			170000	170	0	5.E+03	0.E+00		Passed			

			180000	180	0.5	4.E+03	4.E-04		Passed			
			190000	190	0	3.E+03	0.E+00		Passed			
			200000	200	0	2.E+03	0.E+00		Passed			
			210000	210	0.5	2.E+03	9.E-04		Passed			

Water Depth	Dir	Node	Bin range (Kpa)	Bin range (Mpa)	cycle count	N (Cycles to Failure)	Damage (D= (n/N)*DFF)	Allowable Fatigue Damage	Result	Total Fatigue Damage (Dtotal)	Fatigue Life (3 hours/ Dtotal)	Max Holding Time (10% of Fatigue Life)
21.6	90	170	10000	10	2174	7.E+09	1.E-06	< 1	Passed	2.E-03	1306.579	130.6578686
			20000	20	278	2.E+08	4.E-06		Passed			
			30000	30	123	3.E+07	1.E-05		Passed			
			40000	40	119	7.E+06	5.E-05		Passed			
			50000	50	67.5	2.E+06	9.E-05		Passed			
			60000	60	29	9.E+05	1.E-04		Passed			
			70000	70	8.5	4.E+05	6.E-05		Passed			
			80000	80	0	2.E+05	0.E+00		Passed			
			90000	90	0	1.E+05	0.E+00		Passed			
			100000	100	0	7.E+04	0.E+00		Passed			
			110000	110	0	4.E+04	0.E+00		Passed			
			120000	120	0	3.E+04	0.E+00		Passed			
			130000	130	0	2.E+04	0.E+00		Passed			
			140000	140	0	1.E+04	0.E+00		Passed			
			150000	150	0	9.E+03	0.E+00		Passed			
			160000	160	0	6.E+03	0.E+00		Passed			
			170000	170	0	5.E+03	0.E+00		Passed			
			180000	180	0	4.E+03	0.E+00		Passed			
			190000	190	0.5	3.E+03	5.E-04		Passed			
			200000	200	0	2.E+03	0.E+00		Passed			
			210000	210	0	2.E+03	0.E+00		Passed			

			220000	220	0	1.E+03	0.E+00		Passed			
			230000	230	0.5	1.E+03	1.E-03		Passed			
Water Depth	Dir	Node	Bin range (Kpa)	Bin range (Mpa)	cycle count	N (Cycles to Failure)	Damage (D= (n/N)*DFF)	Allowable Fatigue Damage	Result	Total Fatigue Damage (Dtotal)	Fatigue Life (3 hours/ Dtotal)	Max Holding Time (10% of Fatigue Life)
21.6	180	170	10000	10	1712.5	7.E+09	8.E-07	< 1	Passed	2.E-03	1879.347	187.9346783
			20000	20	283.5	2.E+08	4.E-06		Passed			
			30000	30	73.5	3.E+07	8.E-06		Passed			
			40000	40	27	7.E+06	1.E-05		Passed			
			50000	50	3.5	2.E+06	5.E-06		Passed			
			60000	60	0	9.E+05	0.E+00		Passed			
			70000	70	1.5	4.E+05	1.E-05		Passed			
			80000	80	0	2.E+05	0.E+00		Passed			
			90000	90	0	1.E+05	0.E+00		Passed			
			100000	100	0	7.E+04	0.E+00		Passed			
			110000	110	0	4.E+04	0.E+00		Passed			
			120000	120	0	3.E+04	0.E+00		Passed			
			130000	130	0	2.E+04	0.E+00		Passed			
			140000	140	0	1.E+04	0.E+00		Passed			
			150000	150	0	9.E+03	0.E+00		Passed			
			160000	160	0	6.E+03	0.E+00		Passed			
			170000	170	0	5.E+03	0.E+00		Passed			
			180000	180	0.5	4.E+03	4.E-04		Passed			
			190000	190	0	3.E+03	0.E+00		Passed			
			200000	200	0	2.E+03	0.E+00		Passed			
			210000	210	0	2.E+03	0.E+00		Passed			
			220000	220	0.5	1.E+03	1.E-03		Passed			

Water Depth	Dir	Node	Bin range (Kpa)	Bin range (Mpa)	cycle count	N (Cycles to Failure)	Damage (D= (n/N)*DFF)	Allowable Fatigue Damage	Result	Total Fatigue Damage (Dtotal)	Fatigue Life (3 hours/ Dtotal)	Max Holding Time (10% of Fatigue Life)
21.6	270	170	10000	10	1830	7.E+09	8.E-07	< 1	Passed	3.E-03	9.E+02	9.E+01
			20000	20	371.5	2.E+08	5.E-06		Passed			
			30000	30	109	3.E+07	1.E-05		Passed			
			40000	40	106	7.E+06	5.E-05		Passed			
			50000	50	89	2.E+06	1.E-04		Passed			
			60000	60	53.5	9.E+05	2.E-04		Passed			
			70000	70	23	4.E+05	2.E-04		Passed			
			80000	80	10	2.E+05	1.E-04		Passed			
			90000	90	5.5	1.E+05	1.E-04		Passed			
			100000	100	1	7.E+04	4.E-05		Passed			
			110000	110	1	4.E+04	7.E-05		Passed			
			120000	120	0	3.E+04	0.E+00		Passed			
			130000	130	0	2.E+04	0.E+00		Passed			
			140000	140	0	1.E+04	0.E+00		Passed			
			150000	150	0	9.E+03	0.E+00		Passed			
			160000	160	0	6.E+03	0.E+00		Passed			
			170000	170	0	5.E+03	0.E+00		Passed			
			180000	180	0	4.E+03	0.E+00		Passed			
			190000	190	0.5	3.E+03	5.E-04		Passed			
			200000	200	0	2.E+03	0.E+00		Passed			
			210000	210	0	2.E+03	0.E+00		Passed			
			220000	220	0	1.E+03	0.E+00		Passed			
			230000	230	0	1.E+03	0.E+00		Passed			
			240000	240	0.5	9.E+02	2.E-03		Passed			

Case 7

Water Depth	Dir	Node	Bin range (Kpa)	Bin range (Mpa)	cycle count	N (Cycles to Failure)	Damage (D= (n/N)*DFF)	Allowable Fatigue Damage	Result	Total Fatigue Damage (Dtotal)	Fatigue Life (3 hours/ Dtotal)	Max Holding Time (10% of Fatigue Life)
23	0	27	10000	10	2274	7.E+09	1.E-06	< 1	Passed	9.E-04	3160.4692	316.0469185
			20000	20	180	2.E+08	3.E-06		Passed			
			30000	30	8.5	3.E+07	9.E-07		Passed			
			40000	40	0	7.E+06	0.E+00		Passed			
			50000	50	0	2.E+06	0.E+00		Passed			
			60000	60	0	9.E+05	0.E+00		Passed			
			70000	70	0	4.E+05	0.E+00		Passed			
			80000	80	0.5	2.E+05	7.E-06		Passed			
			90000	90	0	1.E+05	0.E+00		Passed			
			100000	100	0	7.E+04	0.E+00		Passed			
			110000	110	0.5	4.E+04	4.E-05		Passed			
			120000	120	0	3.E+04	0.E+00		Passed			
			130000	130	0	2.E+04	0.E+00		Passed			
			140000	140	0	1.E+04	0.E+00		Passed			
			150000	150	0	9.E+03	0.E+00		Passed			
			160000	160	0	6.E+03	0.E+00		Passed			
			170000	170	0	5.E+03	0.E+00		Passed			
			180000	180	0	4.E+03	0.E+00		Passed			
			190000	190	0	3.E+03	0.E+00		Passed			
			200000	200	0	2.E+03	0.E+00		Passed			
			210000	210	0.5	2.E+03	9.E-04		Passed			

Water Depth	Dir	Node	Bin range (Kpa)	Bin range (Mpa)	cycle count	N (Cycles to Failure)	Damage (D= (n/N)*DFF)	Allowable Fatigue Damage	Result	Total Fatigue Damage (Dtotal)	Fatigue Life (3 hours/ Dtotal)	Max Holding Time (10% of Fatigue Life)
23	90	78	10000	10	1385.5	7.E+09	6.E-07	< 1	Passed	1.E-03	2393.0814	239.3081356
			20000	20	542.5	2.E+08	8.E-06		Passed			
			30000	30	200	3.E+07	2.E-05		Passed			
			40000	40	30	7.E+06	1.E-05		Passed			
			50000	50	3	2.E+06	4.E-06		Passed			
			60000	60	0	9.E+05	0.E+00		Passed			
			70000	70	0	4.E+05	0.E+00		Passed			
			80000	80	0	2.E+05	0.E+00		Passed			
			90000	90	0.5	1.E+05	1.E-05		Passed			
			100000	100	0	7.E+04	0.E+00		Passed			
			110000	110	0	4.E+04	0.E+00		Passed			
			120000	120	0.5	3.E+04	5.E-05		Passed			
			130000	130	0	2.E+04	0.E+00		Passed			
			140000	140	0	1.E+04	0.E+00		Passed			
			150000	150	0	9.E+03	0.E+00		Passed			
			160000	160	0	6.E+03	0.E+00		Passed			
			170000	170	0	5.E+03	0.E+00		Passed			
			180000	180	0	4.E+03	0.E+00		Passed			
			190000	190	0	3.E+03	0.E+00		Passed			
			200000	200	0	2.E+03	0.E+00		Passed			
			210000	210	0	2.E+03	0.E+00		Passed			
			220000	220	0.5	1.E+03	1.E-03		Passed			
Water Depth	Dir	Node	Bin range (Kpa)	Bin range (Mpa)	cycle count	N (Cycles to Failure)	Damage (D= (n/N)*DFF)	Allowable Fatigue Damage	Result	Total Fatigue Damage (Dtotal)	Fatigue Life (3 hours/ Dtotal)	Max Holding Time (10% of Fatigue Life)

23	180	78	10000	10	2226.5	7.E+09	1.E-06	< 1	Passed	1.E-03	3156.9018	315.6901794
			20000	20	227	2.E+08	3.E-06		Passed			
			30000	30	12.5	3.E+07	1.E-06		Passed			
			40000	40	0	7.E+06	0.E+00		Passed			
			50000	50	0	2.E+06	0.E+00		Passed			
			60000	60	0	9.E+05	0.E+00		Passed			
			70000	70	0	4.E+05	0.E+00		Passed			
			80000	80	0.5	2.E+05	7.E-06		Passed			
			90000	90	0	1.E+05	0.E+00		Passed			
			100000	100	0	7.E+04	0.E+00		Passed			
			110000	110	0.5	4.E+04	4.E-05		Passed			
			120000	120	0	3.E+04	0.E+00		Passed			
			130000	130	0	2.E+04	0.E+00		Passed			
			140000	140	0	1.E+04	0.E+00		Passed			
			150000	150	0	9.E+03	0.E+00		Passed			
			160000	160	0	6.E+03	0.E+00		Passed			
			170000	170	0	5.E+03	0.E+00		Passed			
			180000	180	0	4.E+03	0.E+00		Passed			
			190000	190	0	3.E+03	0.E+00		Passed			
			200000	200	0	2.E+03	0.E+00		Passed			
			210000	210	0.5	2.E+03	9.E-04		Passed			
Water Depth	Dir	Node	Bin range (Kpa)	Bin range (Mpa)	cycle count	N (Cycles to Failure)	Damage (D= (n/N)*DFF)	Allowable Fatigue Damage	Result	Total Fatigue Damage (Dtotal)	Fatigue Life (3 hours/ Dtotal)	Max Holding Time (10% of Fatigue Life)
23	270	78	10000	10	1090	7.E+09	5.E-07	< 1	Passed	2.E-03	1963.3187	196.3318721
			20000	20	480	2.E+08	7.E-06		Passed			

		30000	30	224.5	3.E+07	2.E-05	Passed			
		40000	40	97	7.E+06	4.E-05	Passed			
		50000	50	45.5	2.E+06	6.E-05	Passed			
		60000	60	21	9.E+05	7.E-05	Passed			
		70000	70	4.5	4.E+05	3.E-05	Passed			
		80000	80	1	2.E+05	1.E-05	Passed			
		90000	90	0.5	1.E+05	1.E-05	Passed			
		100000	100	0	7.E+04	0.E+00	Passed			
		110000	110	0	4.E+04	0.E+00	Passed			
		120000	120	0	3.E+04	0.E+00	Passed			
		130000	130	0	2.E+04	0.E+00	Passed			
		140000	140	0.5	1.E+04	1.E-04	Passed			
		150000	150	0	9.E+03	0.E+00	Passed			
		160000	160	0	6.E+03	0.E+00	Passed			
		170000	170	0	5.E+03	0.E+00	Passed			
		180000	180	0	4.E+03	0.E+00	Passed			
		190000	190	0	3.E+03	0.E+00	Passed			
		200000	200	0	2.E+03	0.E+00	Passed			
		210000	210	0	2.E+03	0.E+00	Passed			
		220000	220	0.5	1.E+03	1.E-03	Passed			

Case 8

Water Depth	Dir	Node	Bin range (Kpa)	Bin range (Mpa)	cycle count	N (Cycles to Failure)	Damage (D= (n/N)*DFF)	Allowable Fatigue Damage	Result	Total Fatigue Damage (Dtotal)	Fatigue Life (3 hours/ Dtotal)	Max Holding Time (10% of Fatigue Life)
24.467'	0	78	10000	10	2235.5	7.E+09	1.E-06	< 1	Passed	6.E-04	5043.24367	504.3243672
			20000	20	185	2.E+08	3.E-06		Passed			
			30000	30	15	3.E+07	2.E-06		Passed			

			40000	40	0	7.E+06	0.E+00	Passed			
			50000	50	0	2.E+06	0.E+00	Passed			
			60000	60	0	9.E+05	0.E+00	Passed			
			70000	70	0	4.E+05	0.E+00	Passed			
			80000	80	0.5	2.E+05	7.E-06	Passed			
			90000	90	0	1.E+05	0.E+00	Passed			
			100000	100	0	7.E+04	0.E+00	Passed			
			110000	110	0.5	4.E+04	4.E-05	Passed			
			120000	120	0	3.E+04	0.E+00	Passed			
			130000	130	0	2.E+04	0.E+00	Passed			
			140000	140	0	1.E+04	0.E+00	Passed			
			150000	150	0	9.E+03	0.E+00	Passed			
			160000	160	0	6.E+03	0.E+00	Passed			
			170000	170	0	5.E+03	0.E+00	Passed			
			180000	180	0	4.E+03	0.E+00	Passed			
			190000	190	0.5	3.E+03	5.E-04	Passed			

Water Depth	Dir	Node	Bin range (Kpa)	Bin range (Mpa)	cycle count	N (Cycles to Failure)	Damage (D= (n/N)*DFF)	Allowable Fatigue Damage	Result	Total Fatigue Damage (Dtotal)	Fatigue Life (3 hours/ Dtotal)	Max Holding Time (10% of Fatigue Life)
24.47	90	78	10000	10	1403.5	7.E+09	6.E-07	< 1	Passed	8.E-04	3636.87084	363.6870844
			20000	20	477	2.E+08	7.E-06		Passed			
			30000	30	178.5	3.E+07	2.E-05		Passed			
			40000	40	34	7.E+06	2.E-05		Passed			
			50000	50	6	2.E+06	8.E-06		Passed			
			60000	60	0	9.E+05	0.E+00		Passed			
			70000	70	0	4.E+05	0.E+00		Passed			
			80000	80	0	2.E+05	0.E+00		Passed			
			90000	90	0.5	1.E+05	1.E-05		Passed			

			100000	100	0	7.E+04	0.E+00		Passed			
			110000	110	0	4.E+04	0.E+00		Passed			
			120000	120	0.5	3.E+04	5.E-05		Passed			
			130000	130	0	2.E+04	0.E+00		Passed			
			140000	140	0	1.E+04	0.E+00		Passed			
			150000	150	0	9.E+03	0.E+00		Passed			
			160000	160	0	6.E+03	0.E+00		Passed			
			170000	170	0	5.E+03	0.E+00		Passed			
			180000	180	0	4.E+03	0.E+00		Passed			
			190000	190	0	3.E+03	0.E+00		Passed			
			200000	200	0.5	2.E+03	7.E-04		Passed			

Water Depth	Dir	Node	Bin range (Kpa)	Bin range (Mpa)	cycle count	N (Cycles to Failure)	Damage (D= (n/N)*DFF)	Allowable Fatigue Damage	Result	Total Fatigue Damage (Dtotal)	Fatigue Life (3 hours/ Dtotal)	Max Holding Time (10% of Fatigue Life)
24.47	180	78	10000	10	2231.5	7.E+09	1.E-06	< 1	Passed	6.E-04	5035.94828	503.5948283
			20000	20	206.5	2.E+08	3.E-06		Passed			
			30000	30	16	3.E+07	2.E-06		Passed			
			40000	40	1	7.E+06	5.E-07		Passed			
			50000	50	0	2.E+06	0.E+00		Passed			
			60000	60	0	9.E+05	0.E+00		Passed			
			70000	70	0	4.E+05	0.E+00		Passed			
			80000	80	0.5	2.E+05	7.E-06		Passed			
			90000	90	0	1.E+05	0.E+00		Passed			
			100000	100	0	7.E+04	0.E+00		Passed			
			110000	110	0.5	4.E+04	4.E-05		Passed			
			120000	120	0	3.E+04	0.E+00		Passed			
			130000	130	0	2.E+04	0.E+00		Passed			
			140000	140	0	1.E+04	0.E+00		Passed			

			150000	150	0	9.E+03	0.E+00		Passed			
			160000	160	0	6.E+03	0.E+00		Passed			
			170000	170	0	5.E+03	0.E+00		Passed			
			180000	180	0	4.E+03	0.E+00		Passed			
			190000	190	0.5	3.E+03	5.E-04		Passed			
Water Depth	Dir	Node	Bin range (Kpa)	Bin range (Mpa)	cycle count	N (Cycles to Failure)	Damage (D= (n/N)*DFF)	Allowable Fatigue Damage	Result	Total Fatigue Damage (Dtotal)	Fatigue Life (3 hours/ Dtotal)	Max Holding Time (10% of Fatigue Life)
24.47	270	78	10000	10	1144	7.E+09	5.E-07	< 1	Passed	1.E-03	2248.57787	224.857787
			20000	20	434.5	2.E+08	6.E-06		Passed			
			30000	30	173.5	3.E+07	2.E-05		Passed			
			40000	40	89.5	7.E+06	4.E-05		Passed			
			50000	50	50	2.E+06	7.E-05		Passed			
			60000	60	29	9.E+05	1.E-04		Passed			
			70000	70	8	4.E+05	6.E-05		Passed			
			80000	80	3	2.E+05	4.E-05		Passed			
			90000	90	0.5	1.E+05	1.E-05		Passed			
			100000	100	0	7.E+04	0.E+00		Passed			
			110000	110	0	4.E+04	0.E+00		Passed			
			120000	120	0	3.E+04	0.E+00		Passed			
			130000	130	0.5	2.E+04	8.E-05		Passed			
			140000	140	0	1.E+04	0.E+00		Passed			
			150000	150	0	9.E+03	0.E+00		Passed			
			160000	160	0	6.E+03	0.E+00		Passed			
			170000	170	0	5.E+03	0.E+00		Passed			
			180000	180	0	4.E+03	0.E+00		Passed			
			190000	190	0	3.E+03	0.E+00		Passed			
			200000	200	0	2.E+03	0.E+00		Passed			

		210000	210	0.5	2.E+03	9.E-04		Passed			
--	--	--------	-----	-----	--------	--------	--	--------	--	--	--

Case 9

Water Depth	Dir	Node	Bin range (Kpa)	Bin range (Mpa)	cycle count	N (Cycles to Failure)	Damage (D=(n/N)*DFF)	Allowable Fatigue Damage	Result	Total Fatigue Damage (Dtotal)	Fatigue Life (3 hours/ DtotalxDFF)	Max Holding Time (10% of Fatigue Life)
21.601	0	78	10000	10	2332	7.E+09	1.E-06	< 1	Passed	1.E-03	2560.526642	256.0526642
			20000	20	186.5	2.E+08	3.E-06		Passed			
			30000	30	4.5	3.E+07	5.E-07		Passed			
			40000	40	0	7.E+06	0.E+00		Passed			
			50000	50	0	2.E+06	0.E+00		Passed			
			60000	60	0	9.E+05	0.E+00		Passed			
			70000	70	0	4.E+05	0.E+00		Passed			
			80000	80	0.5	2.E+05	7.E-06		Passed			
			90000	90	0	1.E+05	0.E+00		Passed			
			100000	100	0.5	7.E+04	2.E-05		Passed			
			110000	110	0	4.E+04	0.E+00		Passed			
			120000	120	0	3.E+04	0.E+00		Passed			
			130000	130	0	2.E+04	0.E+00		Passed			
			140000	140	0	1.E+04	0.E+00		Passed			
			150000	150	0	9.E+03	0.E+00		Passed			
			160000	160	0	6.E+03	0.E+00		Passed			
			170000	170	0	5.E+03	0.E+00		Passed			
			180000	180	0	4.E+03	0.E+00		Passed			
			190000	190	0	3.E+03	0.E+00		Passed			
			200000	200	0	2.E+03	0.E+00		Passed			
			210000	210	0	2.E+03	0.E+00		Passed			
			220000	220	0.5	1.E+03	1.E-03		Passed			

Water Depth	Dir	Node	Bin range (Kpa)	Bin range (Mpa)	cycle count	N (Cycles to Failure)	Damage (D= (n/N)*DFF)	Allowable Fatigue Damage	Result	Total Fatigue Damage (Dtotal)	Fatigue Life (3 hours/ Dtotal)	Max Holding Time (10% of Fatigue Life)
21.601	90	78	10000	10	1560	7.E+09	7.E-07	< 1	Passed	2.E-03	1942.727133	194.2727133
			20000	20	604	2.E+08	9.E-06		Passed			
			30000	30	215	3.E+07	2.E-05		Passed			
			40000	40	36	7.E+06	2.E-05		Passed			
			50000	50	2	2.E+06	3.E-06		Passed			
			60000	60	1	9.E+05	3.E-06		Passed			
			70000	70	0	4.E+05	0.E+00		Passed			
			80000	80	0	2.E+05	0.E+00		Passed			
			90000	90	0.5	1.E+05	1.E-05		Passed			
			100000	100	0	7.E+04	0.E+00		Passed			
			110000	110	0	4.E+04	0.E+00		Passed			
			120000	120	0.5	3.E+04	5.E-05		Passed			
			130000	130	0	2.E+04	0.E+00		Passed			
			140000	140	0	1.E+04	0.E+00		Passed			
			150000	150	0	9.E+03	0.E+00		Passed			
			160000	160	0	6.E+03	0.E+00		Passed			
			170000	170	0	5.E+03	0.E+00		Passed			
			180000	180	0	4.E+03	0.E+00		Passed			
			190000	190	0	3.E+03	0.E+00		Passed			
			200000	200	0	2.E+03	0.E+00		Passed			
			210000	210	0	2.E+03	0.E+00		Passed			
			220000	220	0	1.E+03	0.E+00		Passed			
			230000	230	0.5	1.E+03	1.E-03		Passed			

Water Depth	Dir	Node	Bin range (Kpa)	Bin range (Mpa)	cycle count	N (Cycles to Failure)	Damage (D= (n/N)*DFF)	Allowable Fatigue Damage	Result	Total Fatigue Damage (Dtotal)	Fatigue Life (3 hours/ Dtotal)	Max Holding Time (10% of Fatigue Life)
21.601	180	78	10000	10	2249.5	7.E+09	1.E-06	< 1	Passed	1.E-03	2515.157735	251.5157735
			20000	20	278	2.E+08	4.E-06		Passed			
			30000	30	10	3.E+07	1.E-06		Passed			
			40000	40	0	7.E+06	0.E+00		Passed			
			50000	50	0	2.E+06	0.E+00		Passed			
			60000	60	0	9.E+05	0.E+00		Passed			
			70000	70	0	4.E+05	0.E+00		Passed			
			80000	80	0	2.E+05	0.E+00		Passed			
			90000	90	0.5	1.E+05	1.E-05		Passed			
			100000	100	0	7.E+04	0.E+00		Passed			
			110000	110	0.5	4.E+04	4.E-05		Passed			
			120000	120	0	3.E+04	0.E+00		Passed			
			130000	130	0	2.E+04	0.E+00		Passed			
			140000	140	0	1.E+04	0.E+00		Passed			
			150000	150	0	9.E+03	0.E+00		Passed			
			160000	160	0	6.E+03	0.E+00		Passed			
			170000	170	0	5.E+03	0.E+00		Passed			
			180000	180	0	4.E+03	0.E+00		Passed			
			190000	190	0	3.E+03	0.E+00		Passed			
			200000	200	0	2.E+03	0.E+00		Passed			
			210000	210	0	2.E+03	0.E+00		Passed			
			220000	220	0.5	1.E+03	1.E-03		Passed			
Water Depth	Dir	Node	Bin range (Kpa)	Bin range (Mpa)	cycle count	N (Cycles to Failure)	Damage (D= (n/N)*DFF)	Allowable Fatigue Damage	Result	Total Fatigue Damage (Dtotal)	Fatigue Life (3 hours/ Dtotal)	Max Holding Time (10% of Fatigue Life)

21.601	270	78	10000	10	1283	7.E+09	6.E-07	< 1	Passed	2.E-03	1757.539584	175.7539584
			20000	20	521.5	2.E+08	7.E-06		Passed			
			30000	30	263	3.E+07	3.E-05		Passed			
			40000	40	108	7.E+06	5.E-05		Passed			
			50000	50	39.5	2.E+06	5.E-05		Passed			
			60000	60	10.5	9.E+05	4.E-05		Passed			
			70000	70	2	4.E+05	1.E-05		Passed			
			80000	80	0	2.E+05	0.E+00		Passed			
			90000	90	0.5	1.E+05	1.E-05		Passed			
			100000	100	0	7.E+04	0.E+00		Passed			
			110000	110	0	4.E+04	0.E+00		Passed			
			120000	120	0	3.E+04	0.E+00		Passed			
			130000	130	0.5	2.E+04	8.E-05		Passed			
			140000	140	0	1.E+04	0.E+00		Passed			
			150000	150	0	9.E+03	0.E+00		Passed			
			160000	160	0	6.E+03	0.E+00		Passed			
			170000	170	0	5.E+03	0.E+00		Passed			
			180000	180	0	4.E+03	0.E+00		Passed			
			190000	190	0	3.E+03	0.E+00		Passed			
			200000	200	0	2.E+03	0.E+00		Passed			
			210000	210	0	2.E+03	0.E+00		Passed			
			220000	220	0	1.E+03	0.E+00		Passed			
			230000	230	0.5	1.E+03	1.E-03		Passed			

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas rahmat dan hidayah-Nya, sehingga Penulis dapat menyelesaikan penelitian Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik. Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan penelitian Tugas Akhir ini kepada:

Agus Cahyono, Ida Khumaidah, Abdullah Azzam, Aufa Khonsa Syahidah, Abid Kamiluddin, Muftiah, Akmal Nagib, Maulida Alfu Chusniyyah, Tasya Putri Ramadhani, Alkahfi Ihsam Ahsani, Abiyya Fairuz Nusaly, Sintya Dewi Santosa, Salsabila Novia Maharani, Gerhana Ratna Assyifa, Sabrina Alma Etania Aliffiari Rahadian, Aulia Della Cornellia, Moch. Farid Tsalaatsa, Ulfi Shofiya Fadhila, Casilda Marat'atus Sholihah, Hasna Salsabila, Fathiyah Qonitah, Teman-Teman Kontrakan Wayan, Fernanda Krisna Susanto, Shintia Octaviani Simanjuntak, Teman-Teman Anggota Grup Txdarisambaters, Mohammad Fahmi, Teman-Teman Grup Pantai, Teman-Teman Anggota Dosbing Pak Yoyok dan Pak Yeyes, Teman-Teman NIRTASENA P-61 L-39, Yoyok Setyo Hadiwidodo, S.T., M.T., Ph.D., Dr. Eng Yeyes Mulyadi, S.T., M.Sc., Prof. Herman Pratikno, S.T., M.T., Ph.D., Ferdita Syalsabila, S.T., M.T., Harish Wirayuhanto, S.T., M.T., Nadira Ifti Raisya, Mohammad Robbani Hafizh Hanafi, Vebby Akbar Kurniawan, Seluruh Dosen dan Tenaga Pendidik Departemen Teknik Kelautan FTK ITS.

BIODATA PENULIS



Nama lengkap penulis adalah Shabrina Ra'fatul Jannah. Lahir di Sidoarjo, 2 Mei 2003 dan merupakan putri pertama dari empat bersaudara. Penulis menempuh pendidikan dasar di SDIT Insan Permata Malang (2009-2015), pendidikan menengah pertama di SMPIT Ibnu Abbas Klaten (2015-2018), dan melanjutkan pendidikan menengah atas di SMPAT Ibnu Abbas Klaten (2018-2021). Kemudian pada tahun 2021, penulis diterima sebagai Mahasiswa S-1 di Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember melalui jalur Mandiri Prestasi. Selama masa perkuliahan, penulis aktif mengikuti beberapa kegiatan, seperti organisasi, kepanitiaan, dan pelatihan. Di tahun pertama, penulis mengikuti kegiatan pelatihan terkait manajemen diri dan manajemen kegiatan dalam pelatihan LKMM. Di tahun kedua, penulis aktif dalam kepanitiaan seperti OCEANO 2022 sebagai LO Volunteer serta GERIGI ITS 2022 sebagai Staf Kestari. Di tahun ketiga, penulis kembali aktif dalam kegiatan organisasi sebagai Sekretaris DPA HIMATEKLA FTK ITS periode (2024-2025) dan organisasi LKKI Bahrul Ilmi sebagai Kepala Bagian Syi'ar (untuk Akhwat). Penulis juga aktif dalam kegiatan kepanitiaan seperti GERIGI ITS 2023 sebagai Mentor dan OCEANO 2023 sebagai Staff Ahli *Fundraising*. Selain itu, di tahun ketiga penulis juga mengikuti proyek dari perusahaan PT PTD (Permata Tera Daya) sebagai *Junior Engineering Consultan Internship*, mengerjakan proyek pembuatan Buku Pedoman Sistem Pembangkit Energi Laut untuk PLN dan penulis juga berkesempatan mengikuti magang mandiri pada perusahaan penyedia fasilitas peti kemas yaitu PT TPS (Terminal Petikemas Surabaya) pada posisi *Engineering Departement*. Di tahun keempat, penulis menjalani kegiatan Kerja Praktik di PT Meindo Elang Indah di Jakarta Pusat selama 2 bulan pada Divisi *Transportation and Installation* dan penulis juga menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul "Analisa Kelelahan pada Proses *Above Water Tie-in*" sebagai syarat kelulusan. Untuk berkomunikasi dengan penulis, dapat menghubungi melalui LinkedIn Shabrina Ra'fatul Jannah atau via e-mail ke: shabrinabrinong@gmail.com