

**TUGAS AKHIR - MO184804**

**ANALISIS TEGANGAN PADEYE DAN SLING TIPE WIRE ROPE  
PADA PROSES LIFTING JACKET PLATFORM DENGAN VARIASI  
KEAUSAN PADA SLING**

**DELLA AGUSTIN**  
NRP 04311840000037

Dosen Pembimbing  
**Yoyok Setyo Hadiwidodo, ST, MT, Ph.D**  
NIP 19711105 199512 1 001  
**Ir. Handyanu, M.Sc, Ph.D**  
NIP 19630728 198803 1 001

Program Studi Teknik Kelautan  
Departemen Teknik Kelautan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2022

**TUGAS AKHIR - MO184804**

**ANALISIS TEGANGAN PADEYE DAN SLING TIPE WIRE ROPE  
PADA PROSES LIFTING JACKET PLATFORM DENGAN VARIASI  
KEAUSAN PADA SLING**

**DELLA AGUSTIN**  
NRP 04311840000037

Dosen Pembimbing  
**Yoyok Setyo Hadiwidodo, ST, MT, Ph.D**  
NIP 19711105 199512 1 001  
**Ir. Handyanu, M.Sc, Ph.D**  
NIP 19630728 198803 1 001

**Program Studi Teknik Kelautan**  
Departemen Teknik Kelautan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2022

**FINAL PROJECT - M0184804**

**ANALYSIS OF PADEYE AND SLING WIRE ROPE TYPE IN THE  
LIFTING PROCESS OF THE JACKET STRUCTURE WITH  
VARIATIONS  
OF WEAR ON SLING**

**DELLA AGUSTIN**  
NRP 04311840000037

Advisor  
**Yoyok Setyo Hadiwidodo, ST, MT, Ph.D**  
NIP 19711105 199512 1 001  
**Ir. Handyanu, M.Sc, Ph.D**  
NIP 19630728 198803 1 001

**Study Program Ocean Engineering**  
Departement of Ocean Engineering  
Faculty of Marine Technology  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2022



## LEMBAR PENGESAHAN

# ANALISIS TEGANGAN PADEYE DAN SLING TIPE WIRE ROPE PADA PROSES LIFTING JACKET PLATFORM DENGAN VARIASI KEAUSAN PADA SLING

### 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 : **DELLA AGUSTIN**  
NRP. 0431184000037

Disetujui oleh Tim Penguji Proposal Tugas Akhir:

1. Yoyok Setyo Hadiwidodo, S.T., M.T., Ph.D..... (Pembimbing I)
2. Ir. Handayanu, M.Sc., Ph.D..... (Pembimbing II)
3. Nur Syahroni, S.T., M.T., Ph.D..... (Penguji I)
4. Herman Pratikno, S.T., M.T., Ph.D..... (Penguji II)

SURABAYA

JULI, 2022

## APPROVAL SHEET

### ANALYSIS OF PADEYE AND SLING WIRE ROPE TYPE IN THE LIFTING PROCESS OF THE JACKET STRUCTURE WITH VARIATIONS OF WEAR ON SLING

#### 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: **DELLA AGUSTIN**

NRP. 04311840000037

Approved by Final Project Examiner Team:

1. Yoyok Setyo Hadiwidodo, S.T., M.T., Ph.D..... (Advisor I)
2. Ir. Handayanu, M.Sc., Ph.D..... (Advisor II)
3. Nur Syahroni, S.T., M.T., Ph.D..... (Examiner I)
4. Herman Pratikno, S.T., M.T., Ph.D..... (Examiner II)



SURABAYA

JULY, 2022

## PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama mahasiswa / NRP : Della Agustin / 04311840000037

Departemen : Teknik Kelautan

Dosen pembimbing / NIP : Yoyok Setyo Hadiwidodo, ST., MT., Ph.D / 19711105  
199512 1 001

dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul “Analisis Tegangan Padeye dan Sling Tipe Wire Rope Pada Proses Lifting Jacket Platform Dengan Variasi Keausan Pada Sling” 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, 11 Juli 2022

Mengetahui

Dosen Pembimbing



(Yoyok Setyo Hadiwidodo, ST., MT., Ph.D)

NIP. 19711105 199512 1 001

Mahasiswa,



(Della Agustin)

NRP. 04311840000037

## STATEMENT OF ORIGINALITY

The undersigned below:

Name of student / NRP : Della Agustin / 0431184000034  
Department : Teknik Kelautan  
Advisor / NIP : Yoyok Setyo Hadiwidodo, ST., MT., Ph.D / 19711105  
199512 1 001

Hereby declare that the Final Project with the title of “ Analysis of Padeye and Sling Wire Rope Type In The Lifting Process of The Jacket Structure with Variations of Wear on Sling“ 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, 11 Juli 2022

Acknowledged

Advisor



(Yoyok Setyo Hadiwidodo, ST., MT., Ph.D)

NIP. 19711105 199512 1 001

Student,



(Della Agustin)

NRP. 0431184000037

# ANALISIS TEGANGAN PADEYE DAN SLING TIPE WIRE ROPE PADA PROSES LIFTING JACKET PLATFORM DENGAN VARIASI KEAUSAN PADA SLING

Nama ./ NRP : Della Agustin / 04311840000037  
Departemen : Teknik Kelautan FTK - ITS  
Dosen Pembimbing : Yoyok Setyo Hadiwidodo, ST, MT, PhD  
Ir. Handayanu, M.Sc., Ph.D

## ABSTRAK

Indonesia yang merupakan negara maritim menjadikan Indonesia menjadi penghasil sumber daya alam terbanyak dari sektor perairan salah satunya yaitu minyak dan gas bumi. Dalam proses eksplorasi dan eksploitasi minyak dan gas bumi dibutuhkan struktur penunjang dalam keberlangsungan kegiatan tersebut salah satunya adalah *jacket platform*. Proses pembangunan *jacket platform* dimulai dari proses fabrikasi, *load out* dan instalasi. Tahapan proses tersebut tidak lepas dari metode *Lifting*. *Lifting* merupakan proses pemindahan struktur dengan menggunakan alat bantu *crane*. Pada proses *lifting* pemilihan dan perhitungan sling juga sangat penting dilakukan agar kegagalan struktur pada saat *lifting* dapat diminimalisir. Hal tersebut yang mendasari untuk dilakukan analisis tegangan *sling* tipe *wire rope* pada proses *lifting jacket platform* dengan variasi keausan pada sling. Analisis tersebut dilakukan dengan bantuan software SACS 12.0. Hasil dari analisis tegangan *sling* didapatkan tegangan terbesar 796.802 kN pada *lifting point* ketiga. Pada variasi keausan pada sling yang dilakukan dengan melibatkan faktor keausan pada sling didapatkan pada keausan sling dengan *Outside Diameter* 2.75 in dengan faktor keausan 1.1 dan 1.2 telah melebihi batas dari MBL *sling*, sehingga *sling* dengan *Outside Diameter* 2.75 tidak dapat digunakan dalam proses *lifting jacket platform* ini. Dalam Tugas Akhir ini juga dilakukan analisis lokal terhadap *padeye* dengan menggunakan bantuan software ANSYS Workbench. *Padeye* yang digunakan memiliki diameter hole sebesar 105 mm. Didapatkan hasil dari tegangan von Mises yang terjadi pada *padeye* sebesar 183.17 Mpa, dimana material yang digunakan merupakan baja ASTM A36 dengan tegangan izin 250 Mpa. Sehingga hasil Unity Check yang didapatkan sebesar 0.73.

Kata kunci : *lifting, sling, padeye*

# **ANALYSIS OF PADEYE AND SLING WIRE ROPE TYPE IN THE LIFTING PROCESS OF THE JACKET STRUCTURE WITH VARIATIONS OF WEAR ON SLING**

**Name./ NRP** : **Della Agustin / 0431184000037**  
**Department** : **Ocean Engineering**  
**Advisor** : **Yoyok Setyo Hadiwidodo, ST, MT, PhD**  
**Ir. Handayanu, M.Sc., Ph.D**

## **ABSTRACT**

Indonesia, which is a maritime country, makes Indonesia the largest producer of natural resources from the water sector, one of which is oil and gas. In the process of exploration and exploitation of oil and gas, a supporting structure is needed for the sustainability of these activities, one of which is a jacket platform. The jacket platform construction process starts from the fabrication process, load out and installation. The stages of the process cannot be separated from the Lifting method. Lifting is the process of moving structures using cranes. In the lifting process, the selection and calculation of slings is also very important so that structural failure during lifting can be minimized. This is the basis for conducting a stress analysis on wire rope type slings in the lifting jacket platform process with variations in wear on the slings. The analysis was carried out with the help of SACS 12.0 software. The results of the sling stress analysis obtained the greatest stress of 796.802 kN at the third lifting point. In the variation of wear on the sling which is carried out by involving the wear factor on the sling, it is found that the wear of the sling with Outside Diameter 2.75 in with a wear factor of 1.1 and 1.2 has exceeded the limit of the MBL sling, so slings with Outside Diameter 2.75 cannot be used in this lifting jacket platform process. . In this final project, local analysis of padeye is also carried out using the ANSYS Workbench software. The padeye used has a hole diameter of 105 mm. The result of the von Mises stress that occurs in the padeye is 183.17 Mpa, where the material used is ASTM A36 steel with a allowable stress of 250 Mpa. So the Unity Check results obtained are 0.73.

Keyword : lifting, sling, padeye

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kehadirat Allah SWT atas berkat, rahmat serta hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Analisis Tegangan Padeye dan *Sling Tipe Wire Rope* Pada Proses *Lifting Jacket Platform* Dengan Variasi Keausan Pada *Sling*” dengan baik dan tepat waktu. Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi syarat wajib dalam menyelesaikan Program Studi Sarjana (S-1) Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Dalam Tugas Akhir ini berisi bahasan mengenai tegangan *sling* yang terjadi pada saat proses *lifting jacket platform*. Dalam tugas akhir ini juga dilakukan simulasi variasi keausan pada *sling* dengan mengurangi *outside diameter sling* dan memberikan faktor keausan pada *sling*. Selain itu juga dilakukan analisis tegangan lokal pada *padeye* yang digunakan dalam proses *lifting jacket platform*.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini penulis menyadari bahwa terdapat kekurangan baik yang disengaja maupun tidak disengaja dan jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun sangat penulis harapkan sebagai bahan penyempurnaan laporan selanjutnya. Penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi perkembangan teknologi di Indonesia khususnya di bidang teknik kelautan yang utamanya berhubungan dengan aspek perlindungan pantai.

Surabaya, 11 Juli 2022

Della Agustin

## DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Manfaat.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Tinjauan Pustaka.....	5
2.2 Dasar Teori.....	5
2.2.1 <i>Jacket</i> .....	5
2.2.2 <i>Fabrikasi</i> .....	6
2.2.3 <i>Load Out</i> .....	7
2.2.4 <i>Lifting</i> .....	7
2.2.4.1 <i>Pembebanan Lifting</i> .....	7
2.2.4.2 <i>Lifting Load Factor</i> .....	7
2.2.5 <i>Center of Gravity (COG)</i> .....	8
2.2.6 <i>Sling</i> .....	9
2.2.7 <i>Wire Rope Sling</i> .....	11
2.2.8 <i>Keausan Pada Sling</i> .....	12
2.2.9 <i>Shackle</i> .....	13
2.2.10 <i>Padeye</i> .....	14
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	17
3.1 Diagram Alir.....	17
3.2 Prosedur Penelitian.....	19
3.3 Pengumpulan Data.....	20
3.3.1 Model Struktur.....	20

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN.....	23
4.1 Data Struktur.....	23
4.2 Pembahasan.....	23
4.2.1 Pemodelan Struktur.....	23
4.2.1.1 Pemodelan Struktur <i>Jacket</i> .....	23
4.2.1.2 Pemodelan Beban pada <i>Jacket</i> .....	25
4.2.1.3 Penentuan Titik Angkat.....	26
4.2.2 Analisis Pemodelan Struktur <i>Jacket</i> .....	27
4.2.3 Perhitungan <i>Sling</i> .....	28
4.2.3.1 Perhitungan Panjang <i>Sling</i> dan Sudut Terbentuk pada <i>Sling</i> .....	28
4.2.3.2 Perhitungan Diameter <i>Sling</i> dan Kapasitas Kekuatan <i>Sling</i> .....	29
4.2.4 Perhitungan <i>Shackle</i> .....	30
4.2.5 Member <i>Check</i> pada <i>Jacket</i> .....	30
4.2.6 <i>Buckling Check</i> .....	30
4.2.7 Perhitungan <i>Sling Tension</i> .....	31
4.2.8 Variasi Keausan pada <i>Sling</i> .....	31
4.2.8.1 Keausan <i>Sling</i> dengan <i>Outside Diameter</i> 3.375 in.....	32
4.2.8.2 Keausan pada <i>Sling</i> dengan <i>Outside Diameter</i> 3.25 in.....	33
4.2.8.3 Keausan pada <i>Sling</i> dengan <i>Outside Diameter</i> 2.75 in.....	33
4.2.9 Analisis Statis <i>Padeye</i> .....	34
4.2.9.1 <i>Geometry Check</i> .....	34
4.2.9.2 Gaya yang terjadi pada <i>Padeye</i> .....	35
4.2.9.3 <i>Check Stress</i> pada <i>Padeye</i> .....	36
4.2.9.4 <i>Check Stress</i> pada <i>Attachments Padeye</i> .....	36
4.2.9.5 <i>Check Stress</i> pada <i>Pinhole Padeye</i> .....	38
4.2.10 Analisis Tegangan Lokal <i>Padeye</i> .....	40
4.2.10.1 Analisis <i>Sensitivity Meshing</i> .....	40
4.2.10.2 Kondisi Batas.....	43
4.2.10.3 Hasil Analisis Tegangan <i>Padeye</i> .....	44
4.2.10.4 Analisis Tegangan <i>Padeye</i> dengan Perhitungan Manual.....	46
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	49
5.1 Kesimpulan.....	49
5.2 Saran.....	49
DAFTAR PUSTAKA.....	51
DAFTAR LAMPIRAN.....	53
UCAPAN TERIMA KASIH.....	68

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 <i>Jacket Platform</i> .....	1
Gambar 2. 1 Pemodelan <i>Jacket Platform</i> 3D menggunakan <i>Software SACS</i> .....	6
Gambar 2. 2 <i>Center of Gravity Shift</i> .....	9
Gambar 2. 3 <i>Wire Rope Sling</i> .....	9
Gambar 2. 4 Konstruksi Serat Tali Baja.....	12
Gambar 2. 5 <i>Shackle</i> .....	13
Gambar 2. 6 Bentuk <i>Padeye</i> .....	14
Gambar 2. 7 A. <i>Tensile Stress</i> , B. <i>Shear Stress</i> , & C. <i>Bending Stress</i> .....	15
Gambar 2. 8 A. <i>Tension Stress</i> Sumbu Vertikal, B. <i>Tension Stress</i> Sumbu Horizontal, C. <i>Sheer Stress</i> , D. <i>Tear Out Stress</i> , & E. <i>Bearing Stress</i> .....	16
Gambar 3. 1 Diagram Alir Metodologi Penelitian .....	17
Gambar 3. 2 Diagram Alir Metodologi Penelitian Lanjutan .....	18
Gambar 3. 3 <i>Design</i> struktur ULA <i>Jacket Platform</i> .....	20
Gambar 3. 4 Tampak Samping ULA <i>Jacket Platform</i> .....	21
Gambar 3. 5 Tampak Depan ULA <i>Jacket Platform</i> .....	21
Gambar 4. 1 Lokasi Proyek Ula <i>Jacket Platform</i> .....	23
Gambar 4. 2 ULA <i>Jacket Platform</i> tampak <i>Isometric</i> .....	24
Gambar 4. 3 Input Beban Anoda .....	25
Gambar 4. 4 Input Beban <i>Padeye</i> .....	26
Gambar 4. 5 Pemodelan <i>Lifting Point</i> pada ULA <i>Jacket Platform</i> .....	27
Gambar 4. 6 Gaya yang terjadi pada <i>Padeye</i> .....	35
Gambar 4. 7 model <i>structure padeye</i> .....	40
Gambar 4. 8 Letak <i>Probe</i> .....	41
Gambar 4. 9 Grafik <i>Sensitivity Meshing</i> .....	42
Gambar 4. 10 <i>Padeye</i> dengan ukuran <i>meshing</i> 105 mm .....	42
Gambar 4. 11 <i>Fixed Support</i> pada <i>Tubular Frame</i> .....	43
Gambar 4. 12 <i>Fixed Support</i> pada <i>Jacket Leg</i> .....	43
Gambar 4. 13 Gaya yang bekerja pada <i>Padeye</i> .....	44
Gambar 4. 14 Hasil Analisis Tegangan pada seluruh Area .....	44
Gambar 4. 15 Bagian <i>Padeye</i> yang memiliki Tegangan Tertinggi.....	45
Gambar 4. 16 Hasil Analisis Tegangan pada sambungan <i>Padeye</i> dengan <i>Chord</i> .....	45

Gambar 4. 17 Bagian Sambungan Padeye yang memiliki Tegangan Tertinggi.....46

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 <i>Dynamic Amplification Factors</i> (Sumber: (GL Noble Denton, 2015)).....	8
Tabel 2. 2 Faktor Berat Operasi <i>Lifting</i> (Sumber: DNV OS H205 Lifting Operations (2014))..	8
Tabel 2. 3 Faktor Keausan pada Sling (Sumber: DNVGL ND-0027 (2016)).....	13
Tabel 4. 1 <i>Tubular Member Properties</i> .....	24
Tabel 4. 2 Tubular Member Properties Lanjutan .....	25
Tabel 4. 3 Kode <i>Joint Jacket Platform</i> .....	25
Tabel 4. 4 Rincian Beban pada Pemodelan Struktur <i>Jacket Platform</i> .....	26
Tabel 4. 5 Hasil <i>Member Unity Check</i> terbesar.....	27
Tabel 4. 6 Berat Beban Keseluruhan Struktur <i>Jacket</i> .....	27
Tabel 4. 7 Koordinat <i>Center of Gravity</i> .....	27
Tabel 4. 8 Beban Angkat Dari Masing-Masing <i>Lifting Point</i> .....	28
Tabel 4. 9 Nilai <i>Minimum Breaking Load</i> Berdasarkan Diameter <i>Sling</i> .....	28
Tabel 4. 10 Hasil Perhitungan Panjang <i>Sling</i> dan Sudut yang Terbentuk.....	29
Tabel 4. 11 Nominal <i>Safety Factor</i> .....	29
Tabel 4. 12 Hasil Perhitungan Diameter <i>Sling</i> .....	29
Tabel 4. 13 Hasil Perhitungan <i>Shackle</i> .....	30
Tabel 4. 14 <i>Member Stress Check</i> .....	30
Tabel 4. 15 <i>Buckling Check ULA Jacket Platform</i> .....	31
Tabel 4. 16 Hasil Perhitungan <i>Sling Tension</i> .....	31
Tabel 4. 17 Faktor Keausan pada <i>Sling</i> .....	31
Tabel 4. 18 Hasil Variasi Keausan pada <i>Sling</i> dengan OD 3.375 dan Faktor Keausan 1 .....	32
Tabel 4. 19 Hasil Variasi Keausan pada <i>Sling</i> dengan OD 3.375 dan Faktor Keausan 1.1 .....	32
Tabel 4. 20 Hasil Variasi Keausan pada <i>Sling</i> dengan OD 3.375 dan Faktor Keausan 1.2 .....	32
Tabel 4. 21 Hasil Simulasi Keausan pada <i>Sling</i> dengan OD 3.25 dan Faktor Keausan 1 .....	33
Tabel 4. 22 Hasil Simulasi Keausan pada <i>Sling</i> dengan OD 3.25 dan Faktor Keausan 1.1 .....	33
Tabel 4. 23 Hasil Simulasi Keausan pada <i>Sling</i> dengan OD 3.25 dan Faktor Keausan 1.2.....	33
Tabel 4. 24 Hasil Simulasi Keausan pada <i>Sling</i> dengan OD 2.75 dan Faktor Keausan 1 .....	34
Tabel 4. 25 Hasil Simulasi Keausan pada <i>Sling</i> dengan OD 2.75 dan Faktor Keausan 1.1 .....	34
Tabel 4. 26 Hasil Simulasi Keausan pada <i>Sling</i> dengan OD 2.75 dan Faktor Keausan 1.2.....	34
Tabel 4. 27 Dimensi <i>Padeye</i> .....	35
Tabel 4. 28 Besaran Gaya pada <i>Padeye</i> .....	35

Tabel 4. 29 Perhitungan <i>Shear Stress</i> pada <i>Attachment Padeye</i> .....	36
Tabel 4. 30 Perhitungan <i>Tensile Stress</i> pada <i>Attachment Padeye</i> .....	37
Tabel 4. 31 Perhitungan <i>Bending Stress</i> pada <i>Attachment Padeye</i> .....	37
Tabel 4. 32 Perhitungan <i>Combined Stress</i> .....	38
Tabel 4. 33 Perhitungan <i>Tension Stress</i> pada <i>Pinhole Padeye</i> .....	38
Tabel 4. 34 Perhitungan <i>Shear Stress</i> pada <i>Pinhole Padeye</i> .....	39
Tabel 4. 35 Perhitungan <i>Tear Out Stress</i> pada <i>Pinhole Padeye</i> .....	39
Tabel 4. 36 Perhitungan <i>Bearing Stress</i> pada <i>Pinhole Padeye</i> .....	40
Tabel 4. 37 Analisa <i>Sensitivity Meshing</i> .....	41
Tabel 4. 38 Analisa <i>Sensitivity Meshing</i> Lanjutan .....	42
Tabel 4. 39 Besaran Gaya yang bekerja pada <i>Padeye</i> .....	44
Tabel 4. 40 Hasil Analisis Tegangan pada seluruh Area.....	45
Tabel 4. 41 Hasil Analisis Tegangan pada Sambungan <i>Padeye</i> dengan <i>Chord</i> .....	46
Tabel 4. 42 Perbandingan Hasil Perhitungan <i>Software ANSYS</i> dan Hasil Perhitungan Manual .....	47

## DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A RIGGING CALCULATION .....	54
LAMPIRAN B PERHITUNGAN VARIASI SLING .....	57
LAMPIRAN C PADEYE STRESS CHECK .....	61

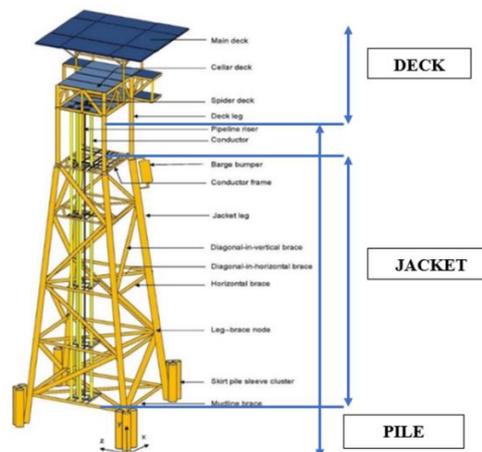
# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Indonesia yang merupakan negara dengan wilayah dua per tiganya adalah perairan menjadikan Indonesia sebagai negara maritim dengan penghasil sumber daya alam terbanyak berasal dari sektor perairan. Salah satu sumber daya yang dihasilkan adalah minyak dan gas alam. Seperti yang diketahui bahwa eksplorasi dan eksploitasi minyak dan gas bumi dunia semakin gencar dilakukan seiring dengan semakin meningkatnya kebutuhan hidup manusia akan minyak dan gas bumi. Riset dan penerapan terkait energi alternatif yang telah banyak dilakukan, tidak dapat mengurangi kegiatan eksploitasi minyak dan gas bumi dunia, selain itu pembangunan bangunan lepas pantai yang digunakan sebagai penunjang kegiatan eksplorasi dan eksploitasi juga terus dilakukan seiring dengan ditemukannya lapangan minyak yang baru. Sudah sepantasnya struktur penunjang kegiatan eksplorasi dan eksploitasi tersebut dirancang dengan tepat sesuai dengan kondisi lingkungan pada tempat yang akan ditentukan.

Struktur penunjang kegiatan eksplorasi dan eksploitasi minyak dan gas dibagi menjadi dua macam yaitu struktur lepas pantai terpancang (*fixed offshore platform*) dan struktur lepas pantai terapung (*floating offshore structure*). Struktur lepas pantai terpancang (*fixed offshore platform*) memiliki banyak tipe salah satunya yaitu *Jacket Platform*. *Jacket Platform* merupakan struktur lepas pantai terpancang (*fixed offshore platform*) yang umum digunakan di Indonesia. Hal ini dikarenakan kondisi perairan di Indonesia rata-rata adalah laut dangkal. Secara umum *Jacket Platform* terbagi menjadi tiga bagian utama yaitu, *Topside* (Geladak) yang berfungsi sebagai area atau tempat kegiatan produksi dioperasikan, hal ini dikarenakan semua peralatan dan tempat tinggal para personel diletakkan disini. Pada perancangan *Topside* (Geladak) biasanya dibagi atas beberapa level *deck* sesuai dengan kebutuhan dari *Jacket Platform* itu sendiri serta perlu dipertimbangkan dalam segi biayanya. Kemudian bagian utama *Jacket Platform* selanjutnya adalah *Jacket*. *Jacket* merupakan struktur baja penunjang utama struktur yang berfungsi sebagai penerus beban baik beban vertikal dari geladak maupun beban lateral seperti angin, gelombang, arus, *boat impact* ke pondasi. Terakhir yaitu *Pile* yang merupakan struktur beton yang berfungsi memberikan kekuatan pada struktur terutama terhadap tanah.



Gambar 1. 1 *Jacket Platform*

Tahapan proses pembangunan struktur lepas pantai terbagi menjadi tiga tahapan yaitu fabrikasi, *loadout*, dan instalasi. Proses pembangunan dari bangunan lepas pantai tahap fabrikasi dibangun dengan memperhatikan standar-standar yang ada, sehingga dapat dikatakan bahwa struktur layak untuk beroperasi. Proses Fabrikasi dilakukan pada *fabrication yard* yang berada di darat. Tahap Fabrikasi merupakan tahap yang paling awal dari struktur sebelum beroperasi pada lokasi yang sudah ditentukan. Selain proses fabrikasi, dalam pembangunan struktur terdapat beberapa tahapan lain seperti proses *design*, pengangkutan struktur dan proses instalasi. Setelah proses fabrikasi pada *fabrication yard* selesai, stuktur akan mengalami proses *loadout* atau proses pemindahan struktur dari *yard* ke *barge*. Kemudian setelah dilakukan tahapan *loadout* maka akan dilakukan tahapan instalasi yang dimana tahapan ini merupakan proses akhir dari pembangunan struktur lepas pantai pada lokasi yang sudah ditentukan sebelumnya. Dalam hal ini peletakan struktur lepas pantai dapat dilakukan dengan metode *lifting*. Proses *Lifting* merupakan proses pemindahan struktur dengan menggunakan alat bantu seperti *crane* atau *crane vessel*.

Dalam DNV OS H205 Lifting Operation (2014) dijelaskan bahwa metode *lifting* yang dilakukan perlu memperhatikan banyak faktor, hal ini dikarenakan masih sering ditemukan kegagalan struktur seperti patah pada saat proses *lifting*. Hal ini dikarenakan perhitungan yang dilakukan hanya sebatas perhitungan statik saja dan tidak memperhatikan keadaan di lapangan yang sebenarnya terjadi, seperti adanya pergerakan pada saat dilakukan pengangkatan. Faktor-faktor yang mendukung proses *lifting* antara lain seperti *lifting point*, *hook point*, *shackle*, *padeye*, *sling* dan kapasitas *crane* yang dipilih harus sesuai. Dalam hal ini pemilihan dan perhitungan terkait *sling* sangat penting dilakukan agar permasalahan seperti kegagalan struktur pada saat *lifting* dapat diminimalisir.

*Sling* sangat penting dalam proses *lifting*, hal ini dikarenakan *sling* berfungsi untuk mengangkat dan menurunkan beban yang akan di *lifting*. Pemilihan *sling* harus dilakukan sebaik mungkin sesuai dengan berat beban yang akan di *lifting*. Namun, selain itu *sling* juga harus dilakukan pengecekan secara berkala untuk melihat apakah *sling* ini masih dapat digunakan atau tidak. Hal ini dikarenakan *sling* baru yang sudah digunakan panjangnya tidak akan kembali seperti semula, dan pasti terdapat regangan yang terjadi pada *sling* tersebut sehingga panjang dari *sling* tersebut menjadi bertambah lebih panjang. Selain itu adanya faktor keausan pada *sling* juga harus diperhatikan. Karenanya kawat *sling* yang patah setelah pemakaian yang lama tidak akan menonjol keluar sehingga bagian luar *wire rope* ini akan mengalami keausan yang parah dan akan putus terlebih dahulu dibandingkan dengan bagian dalam *wire rope*.

Sesuai dengan latar belakang yang telah dijabarkan, dalam proses *lifting* harus lebih memperhatikan faktor-faktor yang berpengaruh dalam proses operasinya termasuk konfigurasi *rigging*nya. Maka pada Tugas Akhir ini akan dilakukan Analisis Tegangan Padeye dan *Sling* Tipe *Wire Rope* pada Proses *Lifting Jacket Platform* dengan memberikan variasi keausan pada *sling* untuk mengetahui pengaruh dari keausan yang terjadi pada *sling*.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan di atas, permasalahan yang akan diangkat dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana tegangan *sling* tipe *wire rope* pada proses *lifting Jacket Platform* ?
2. Bagaimana *Safety Factor* dari *Minimum Breaking Load* (MBL) *Sling* pada variasi yang dilakukan ?

3. Bagaimana Distribusi Tegangan Lokal pada *Padeye* saat proses *Lifting* ?

### 1.3 Tujuan

Dari perumusan masalah di atas, dapat diambil tujuan yang ingin dicapai dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk menghitung tegangan *slings* pada struktur *jacket* pada saat *lifting*.
2. Untuk mengetahui *Safety Factor* dari *Minimum Breaking Load* (MBL) *Sling* pada variasi yang telah dilakukan.
3. Untuk Menghitung Distribusi Tegangan Lokal pada *Padeye* saat Proses *Lifting*

### 1.4 Manfaat

Adapun manfaat dari hasil penelitian tugas akhir ini adalah sebagai bahan pertimbangan dalam analisis proses *lifting* terutama dalam pemilihan dan perhitungan tegangan *slings* pada saat proses *lifting* stuktur *Jacket Platform* dan kekuatan *padeye* menggunakan analisis lokal pada saat *lifting*.

### 1.5 Batasan Masalah

Untuk memperjelas permasalahan tugas akhir ini, maka diperlukan batasan masalah sebagai berikut:

1. Struktur *Jacket* yang dianalisis *lifting* adalah struktur ULA *Jacket Platform*.
2. Pengaruh dinamis lingkungan menggunakan pendekatan *Dynamic Amplification Factor* (DAF).
3. Pemilihan *slings*, *shackles* dan *padeye* disesuaikan dengan *design jacket* dan dipilih yang terbaik
4. Tidak dilakukan variasi terhadap konfigurasi *rigging*.
5. Tidak memperhatikan jenis nama *slings*.
6. Pemilihan *slings* dilakukan dengan memilih *safety working load* yang lebih besar dari beban yang diterima *slings*.
7. Variasi keausan dilakukan dengan mengasumsikan keausan yang terjadi dengan mengurangi OD WT dari *slings*.
8. Variasi keausan pada *slings* yang akan dilakukan dengan 3 kali percobaan, yaitu pada OD : 3.375 , 3.25 , dan 2.75.
9. Peninjauan *Safety Factor* dari *Minimum Breaking Load* (MBL) *Sling* dilakukan dengan memberikan variasi faktor pemakaian sesuai dengan codes DNVGL.
10. *Crane Boom* tidak dianalisa.
11. *Software* yang digunakan dalam pengerjaan Tugas Akhir adalah SACS dan ANSYS *Mechanical*

### 1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang dilakukan dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini terdiri atas lima bab yaitu sebagai berikut :

## **1. BAB I : Pendahuluan**

Bab ini menjelaskan beberapa hal yang melatarbelakangi penelitian ini penting untuk dilakukan dan layak untuk diajukan sebagai Tugas Akhir. Pada Bab ini berisikan latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian yang ingin dicapai, manfaat dari adanya penelitian Tugas Akhir ini, dan untuk memperjelas penelitian, disertakan pula batasan masalah dan sistematika penulisan Tugas Akhir ini.

## **2. BAB II : Tinjauan Pustaka dan Dasar Teori**

Pada Bab ini berisikan Tinjauan Pustaka yang menjadi acuan pengerjaan dari Tugas Akhir ini. Dalam menyelesaikan masalah pada Tugas Akhir ini, penulis berpedoman pada *codes standart* yang berlaku. Referensi yang digunakan adalah jurnal lokal, jurnal internasional, literatur, tugas akhir, dan buku yang sesuai dengan topik pembahasan Tugas Akhir ini.

## **3. BAB III : Metode Penelitian**

Pada Bab ini berisi metodologi penelitian yang menjelaskan alur pengerjaan Tugas Akhir ini yang akan disajikan dengan menggunakan diagram alir (*flow chart*) yang disusun secara sistematis dan dilengkapi penjelasan detail setiap langkah pengerjaan penelitian.

## **4. BAB IV : Analisis dan Pembahasan**

Pada Bab ini membahas data berdasarkan dasar teori yang ada yang dikerjakan sesuai alur pada diagram alir (*flow chart*), sehingga didapatkan hasil dari pengujian dan Analisa terhadap data yang diperoleh.

## **5. BAB V : Kesimpulan dan Saran**

Pada Bab ini berisikan kesimpulan yang berupa uraian singkat dari keseluruhan hasil analisis. Uraian singkat ini menjawab rumusan masalah yang ada pada Bab I. Selain itu terdapat saran yang disajikan agar dapat dijadikan pertimbangan dalam penyempurnaan dari hasil Analisa yang telah dilakukan.

## **6. Daftar Pustaka**

Berisi daftar referensi yang digunakan dalam penelitian Tugas Akhir.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Tinjauan Pustaka

*Jacket Platform* merupakan salah satu struktur penunjang eksplorasi dan eksploitasi minyak dan gas bumi. Pemilihan penggunaan *Jacket Platform* di Indonesia dikarenakan rata-rata laut di Indonesia termasuk dalam laut dangkal. Semakin meningkatnya kebutuhan manusia akan minyak dan gas menjadikan pembangunan *platform* penunjang eksplorasi dan eksploitasi semakin digencarkan. Pembangunan *Jacket Platform* terbagi dalam beberapa tahapan seperti proses *design*, proses fabrikasi, proses pengangkutan dan proses instalasi. Pembangunan *Jacket* dilakukan pada *fabrication yard*. Ketika pembangunan *Jacket* sudah selesai akan dilakukan pemindahan struktur dari *yard* ke *barge* yang disebut dengan proses *load out*. Pada proses *load out* biasanya dilakukan dengan metode *lifting*. Metode *lifting* merupakan salah satu metode mengangkat atau menurunkan struktur dengan menggunakan bantuan alat berat yaitu *crane* atau *crane vessel*.

Dalam operasi *lifting* sangat dibutuhkan *rigging equipment* seperti *sling*, *shackle*, *padeye* ataupun perangkat-perangkat lain yang dibutuhkan. Pada saat operasi *lifting* pemilihan *sling* juga harus diperhatikan dengan baik. Hal ini dikarenakan *sling* merupakan alat bantu yang digunakan dalam proses *lifting* dimana *sling* nantinya akan dikaitkan pada benda atau beban yang akan diangkat pada *hook crane*. Pada umumnya *sling* ini terbuat dari bahan yang kuat seperti rantai, kawat, baja atau bahan sintesis. *Shackle* dalam proses *lifting* juga penting diberikan karena *shackle* ini yang akan digunakan sebagai penyambung antara *sling* dengan struktur yang akan diangkat.

Besarnya tegangan *sling* juga disebabkan oleh adanya diameter *sling* tersebut. Karena besar dan jenis dari *sling* tersebut berpengaruh terhadap beban kerja aman dari *sling* tersebut (*safe working load*). Semakin besar dari diameter *sling*, maka semakin aman tegangan tersebut. Sehingga dalam pengerjaan tugas akhir ini juga dilakukan perhitungan terhadap tegangan yang terjadi pada *sling* tersebut. Pada tugas akhir ini akan dilakukan analisis tegangan *sling* tipe *wire rope*. Pemilihan *sling* tipe *wire rope* ini dikarenakan *sling* yang terbuat dari *wire rope* dirasa kuat untuk mengangkat struktur yang akan di *lifting*.

Hal-hal yang akan dibahas pada tugas akhir ini belum banyak yang dilakukan penelitian, terutama pada analisis tegangan *sling* pada proses *lifting jacket platform*. Beberapa penelitian yang pernah dilakukan seperti (Hilal, 2020) dengan studi analisis desain *trunnion* untuk proses *lifting jacket* pada saat proses *fabrikasi tahap roll up*, dan (Gayuh, 2016) dalam analisis keandalan struktur *padeye* berdasarkan konfigurasi *rigging* pada *lifting upper deck modul modec* dengan pendekatan dinamik.

#### 2.2 Dasar Teori

##### 2.2.1 Jacket

*Jacket* atau *template* merupakan konstruksi berbahan material dasar baja dengan bentuk pipa-pipa yang berfungsi untuk menopang sebuah anjungan lepas pantai terpancang. Sebuah struktur *jacket* berdiri mulai dari dasar laut dan menjulang hingga ke atas permukaan air laut. Struktur *jacket* merupakan konstruksi *welded tubular joint* dengan fungsi sebagai kaki-kaki atau

penopang dari *platform* dengan fungsi utama sebagai bagian utama dari struktur tersebut. *Jacket* memiliki jumlah kaki yang bervariasi disesuaikan berdasarkan ukuran besar dan kecilnya *platform* tersebut. Antara kaki yang satu dan lainnya dihubungkan dengan diagonal *bracing* ataupun horizontal *bracing* yang fungsinya sebagai *secondary member*. Hubungan antara kaki-kaki *jacket* dengan tubular *bracing* bisa berupa T joint, K joint, X joint.



Gambar 2. 1 Pemodelan *Jacket Platform* 3D menggunakan *Software SACS*

### 2.2.2 Fabrikasi

Kegiatan fabrikasi merupakan tahapan paling awal dalam pembuatan anjungan lepas pantai terpancang (*jacket*) yang dikerjakan oleh pihak fabrikator. Fabrikasi untuk struktur *jacket* umumnya dilakukan secara terpisah untuk masing-masing bagian seperti struktur utama *jacket*, *pile*, *boatlanding*, *riser*, dan lain-lain. Secara general *procedure* dan pemasangan dari fabrikasi terbagi menjadi beberapa tahapan utama yaitu :

1. *Procurement* (Pengadaan)
2. *Cut and Profile*
3. *Pre-Assembly*
4. *Assembly*
5. *Erection*

### 2.2.3 Load Out

*Load out* merupakan proses pemindahan suatu struktur dari *fabrication yard* ke *barge* (DNVGL-ST-N001). Pada saat merencanakan proses atau tahap *load out*, diperlukan perencanaan yang matang karena pada tahap ini membutuhkan perhitungan atau analisis suatu struktur ketika dipindahkan pada saat kondisi yang kritis. Menurut (API RP 2A-WSD 21st Ed., 2007)), proses *load out* ini dapat dilakukan dengan 3 metode yaitu :

1. **Skidding method** : bertumpu pada *skid shoe* dan ditarik dengan menggunakan *winch* yang diikatkan ke struktur untuk dipindahkan ke *barge*.
2. **Dolly/trailer method** : ditarik menggunakan *dollies* untuk dipindahkan ke *barge* tanpa perlu menggunakan *skid way*.
3. **Lifting method** : pemindahan struktur ke *barge* menggunakan *crane* dengan cara diangkat. Pengangkatan struktur akan dibantu menggunakan *slings* yang dikaitkan ke struktur yang akan dipindahkan.

### 2.2.4 Lifting

Menurut Tugas Akhir (Gayuh, 2016), operasi *Lifting* merupakan aktivitas menaikkan atau menurunkan sebuah struktur dengan menggunakan bantuan *crane*. Penggunaan *crane* pada operasi *lifting* terbagi menjadi dua kategori yaitu *heavy lifting* dan *light lifting*. Operasi *lifting* merupakan operasi yang tidak dapat dipisahkan dari kegiatan fabrikasi anjungan lepas pantai. Pada saat analisis dilakukan, beban struktur hasil analisis harus sesuai dengan beban sebenarnya karena beban tersebut akan terdistribusi terhadap jumlah titik angkat dan akan menjadi beban terhadap *slings*.

#### 2.2.4.1 Pembebanan Lifting

Menurut (API RP 2A WSD, 2010) menyebutkan bahwa jenis pembebanan yang harus dipertimbangkan dalam analisis *lifting* adalah sebagai berikut :

##### 1. Beban Statis

Beban Statis merupakan beban mati struktur yang merupakan berat konstruksi itu sendiri seperti perlengkapan dan peralatan yang terpasang tetap dan tidak mengalami perubahan atau bisa disebut juga *self-weight*. Namun ada kalanya semua komponen model ditransformasikan menjadi input beban pada pemodelan tersebut dengan alasan penyederhanaan.

##### 2. Beban Dinamis

Beban dinamis adalah beban yang sifatnya berubah terhadap waktu. Mengacu pada (API RP 2A WSD, 2010), beban dinamis akan di transformasikan menjadi faktor beban statis. Faktor beban akibat efek dinamis tersebut secara global dapat dihitung dengan menggunakan *dynamic amplification factor* (DAF).

#### 2.2.4.2 Lifting Load Factor

(GL Noble Denton, 2015) menyebutkan bahwa Beban lingkungan dapat dikategorikan sebagai beban dinamis dan dapat ditransformasikan menjadi faktor beban pada beban statis. Faktor beban tersebut secara global dapat dihitung menggunakan *dynamic amplification factor* (DAF). Nilai *dynamic amplification factor* (DAF) pada setiap operasi *lifting* pun berbeda-beda sesuai dengan parameter tertentu. Tabel 2.1 berikut akan menjelaskan nilai faktor *dynamic amplification factor* (DAF) pada setiap operasi *lifting*. Karena fabrikasi dilakukan di darat (*onshore*) dengan kondisi *moving*, maka akan digunakan *dynamic amplification factor* (DAF) *onshore moving*.

Tabel 2. 1 *Dynamic Amplification Factors* (Sumber: (GL Noble Denton, 2015))

Gross weight, W (tonnes)	DAF		
	Offshore	Floating Inshore	Onshore
			Moving
$W \leq 100$	1.30	1.15	1.00
$100 < W \leq 500$	1.25	1.10	1.00
$500 < W \leq 1,000$	1.20	1.10	1.00
$1,000 < W \leq 2,500$	1.15	1.05	1.00
$2,500 < W \leq 10,000$	1.10	1.05	1.00

Selain *dynamic amplification factor* (DAF), pada saat operasi *lifting* terdapat faktor berat yang juga harus dipertimbangkan. Mengacu pada DNV OS H205 *Lifting Operations* (2014), faktor berat yang diperhitungkan dapat dilihat pada Tabel 2.2 dibawah ini.

Tabel 2. 2 Faktor Berat Operasi *Lifting* (Sumber: DNV OS H205 *Lifting Operations* (2014))

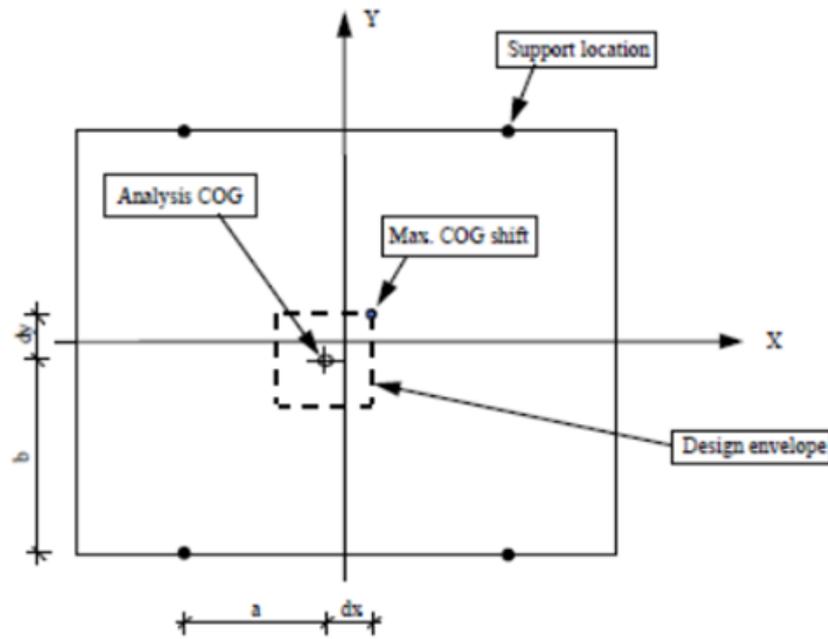
Deskripsi	Faktor Berat
Titik angkat yang dikaitkan pada objek angkat	1,3
Komponen <i>lifting</i> yang tidak turut serta pada analisis <i>lifting</i> ( <i>spreader bar, plate, shackle</i> )	1,3
Elemen utama yang mendukung titik angkat	1,15
Elemen lain dari objek yang diangkat	1,0

### 2.2.5 *Center of Gravity* (COG)

Perhitungan *Center of Gravity* sering kali terjadi ketidak akuratan, untuk mengantisipasi ketidak akuratan tersebut maka perlu dilakukan perhitungan lanjutan terhadap *center of gravity envelope*. *Center of gravity envelope* adalah bagian dari adanya pergeseran *center of gravity* atau biasa disebut dengan *COG Shift*. *COG shift* merupakan pergeseran titik tengah berat suatu struktur yang didapatkan dari titik awal *center of gravity* (COG) berada dengan mempertimbangkan berbagai aspek.

Berdasarkan DNV OS H-102 (2012), *center of gravity envelope* haruslah menggambarkan sensitivitas dari struktur dna operasional untuk menentukan adanya pergeseran COG. Hal-hal yang harus dipertimbangkan dalam pergeseran COG ini antara lain bentuk struktur, ukuran, tipe operasi, elemen-elemen yang bisa dihitung (pembebanan dan pemindahan struktur), dan lain-lain. Beberapa hal tersebutlah yang harus dipertimbangkan ketika akan membuat *center of gravity envelope*. Berdasarkan *ISO 19901-5 part 5*, *center of gravity envelope* memiliki panjang setiap sisinya adalah 5% dari seluruh lebar dan tinggi pada struktur utama. Sehingga apabila ditarik kesimpulan, besaran dari *center of gravity envelope* ini berada pada kisaran 1-2 meter tiap sisinya.

Oleh sebab itu perhitungan terkait pergeseran COG ini haruslah diperhitungkan dengan baik. Karena titik berat struktur angkat sangat mempengaruhi titik angkat pada saat proses *lifting* dan juga kegiatan *rigging* pada proses *lifting*. Perhitungan ini dilakukan saat model struktur telah selesai dikerjakan.



Gambar 2. 2 *Center of Gravity Shift*  
(Sumber: (Liang Li, 2004))

### 2.2.6 Sling

*Sling* merupakan salah satu komponen dari proses *lifting*. *Sling* umumnya berbahan *wire rope* atau tali kawat, seperti yang akan ditunjukkan pada Gambar 2.3. *sling* ini yang akan menjadi pengikat antara *lift point* dengan *hook* pada *crane* atau antara benda yang akan diangkat dengan alat pengangkat.

AA/M TYPE



RR/M TYPE



Gambar 2. 3 *Wire Rope Sling*

(Sumber : [www.teci.it](http://www.teci.it))

Pada saat proses *lifting* dilakukan, sebelumnya perlu dilakukan perhitungan terlebih dahulu terhadap seluruh *lifting arrangement* termasuk *sling*. Hal ini dilakukan agar ketika proses *lifting* sedang berlangsung, kemungkinan kegagalan mampu diminimalisir karena sudah diperhitungkan terlebih dahulu. Sehingga untuk menentukan *sling properties* yang akan

digunakan dalam proses *lifting*, diperlukan perhitungan nominal *safety factor* yang berdasarkan DNV OS H-205 formulasinya yaitu:

$$F_{sling} < \frac{MBL_{sling}}{\gamma_{sf}} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :  $F_{sling}$  = Maksimum *Dynamic Sling Load*  
 $MBL_{sling}$  = Minimum *Breaking Load Sling*  
 $\gamma_{sf}$  = total nominal safety factor  
 =  $\gamma_f \times \gamma_c \times \gamma_m \times \gamma_r \times \gamma_w$   
 = 3

Keterangan *Safety Factor* pada rumus diatas :

$\gamma_f$  = *load factor* (nilai sebesar 1.3)

$\gamma_c$  = faktor konsekuensi (nilai sebesar 1.3)\*

$\gamma_m$  = faktor material (untuk *steel wire rope sling* nilai minimum sebesar 1.5)

\*menurut DNV OS H-205 : sebuah faktor ketika konsekuensi kegagalan sling dianggap dapat diabaikan

Untuk mereduksi faktor  $\gamma_b$  akibat adanya bending (untuk *steel wire sling*) dijabarkan seperti pada rumus berikut:

$$\gamma_b = 1/(1 - 0.5/(D/d)^{0.5}) \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana:

D = Diameter of *bend* (jika D memiliki variasi, diameter minimum harus digunakan)

D = *nominal diameter of sling or single part cable laid grommet*

Adapun tegangan pada sling dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

➤ **Bending Stress (S<sub>b</sub>)**

$$S_b = \frac{ED_w}{D_s} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana:

E = Modulus Elastisitas

D<sub>w</sub> = perkiraan diameter kawat

D<sub>s</sub> = Diameter Sheave

➤ **Bending Load (F<sub>b</sub>)**

$$F_b = A \left[ \frac{ED_w}{D_s} \right] \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana:

A = Luas penampang tali kawat

➤ **Factor of Safety (FS)**

$$FS = \frac{F_u - F_b}{F_t} \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana:

$F_u$  = Kekuatan putus *wire rope*

$F_t$  = Total gaya Tarik akibat beban

$F_b$  = Beban lentur setara

### ➤ Gaya Akibat Percepatan

a. Berat karena tali kawat ( $W_{La}$ )

$$W_{ra} = \frac{W_r a}{g} \dots \dots \dots (2.6)$$

b. Berat terhubung karena tali kawat ( $W_{La}$ )

$$W_{La} = \frac{W_L a}{g} \dots \dots \dots (2.7)$$

Dimana:

$W_r$  = Berat tali

$W_L$  = Beban yang bekerja

$a$  = Percepatan

$g$  = Gaya Gravitasi

### ➤ Tegangan Total *Wire Rope*

$$F_t = W_{ra} + W_{La} + W_r + W_L \dots \dots \dots (2.8)$$

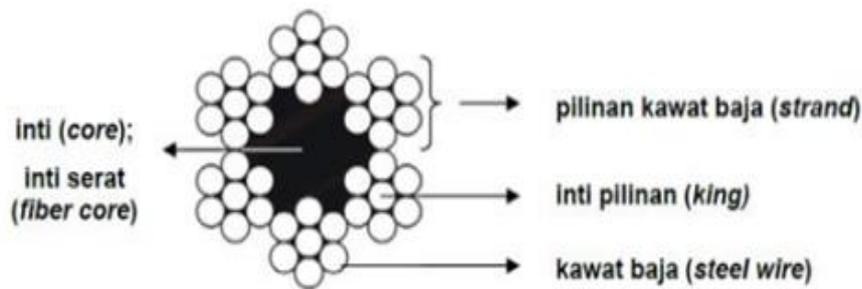
$$F_t = (W_r + W_L) \left(1 + \frac{a}{g}\right) \dots \dots \dots (2.9)$$

#### 2.2.7 *Wire Rope Sling*

*Wire rope* adalah tali baja yang terbuat dari beberapa *wire* yang dipilin membentuk *strand*, lalu beberapa *strand* tersebut dipilin mengelilingi *core* untuk membentuk sebuah *wire rope*. *Wire rope sling* adalah *Wire rope* yang salah satu atau kedua ujungnya sudah diterminasi atau dibuat mata. *Wire rope sling* ini banyak digunakan di lapangan untuk aplikasi mengangkat barang (*Lifting*), menarik (*Towing*), menambat kapal (*Mooring*), mengikat (*Lashing (chocket)*) dan masih banyak lagi. Pembuatan *wire rope sling* sifatnya *customized*, yang berarti *wire rope sling* ini dapat difabrikasi sesuai dengan pesanan *user*, maka diperlukan data-data untuk membuat *wire rope sling* tersebut.

Data-data yang diperlukan untuk membuat *wire rope sling* sebagai berikut:

1. Spesifikasi *wire rope* itu sendiri (Konstruksi, *Core*, Asal, Ukuran, Putaran, *Finishing*)
2. Jenis Terminasi apa yang ingin digunakan
3. Berapa jumlah terminasi yang akan dibuat pada *wire rope sling* nantinya, hanya di satu ujungnya atau dikedua ujungnya.
4. Untuk terminasi mata: Berapa diameter besat matanya, Menggunakan *thimble* atau tidak, Menggunakan aksesoris tambahan atau tidak seperti *Hook, Masterlink, Ring*)
5. Berapa panjang jadi yang diminta *user*
6. Untuk *Multi Legged Sling*, berapa jumlah kaki yang dibutuhkan
7. Berapa set *sling* yang dibutuhkan.



**Gambar 2. 4 Konstruksi Serat Tali Baja**

*Wire Rope* banyak sekali digunakan pada mesin pengangkat karena dibandingkan dengan rantai, tali baja mempunyai keunggulan antara lain seperti berikut :

1. Lebih ringan dan lebih murah harganya
2. Lebih tahan terhadap sentakan, karena beban terbagi rata pada semua strand
3. Operasi yang tenang walaupun pada kecepatan operasi yang tinggi
4. Keandalan operasi yang tinggi
5. Lebih fleksibel, saat beban lengkungan tidak perlu mengatasi internal stress
6. Sedikit mengalami *fatigue* dan internal *wear* karena tidak ada kecenderungan kawat untuk menjadi lurus yang selalu menyebabkan internal stress
7. Kurangnya kecenderungan untuk membelit karena peletakan yang tepat, pada drum dan puli, penyambungan yang lebih cepat, mudah dijepit (*clip*), atau ditekuk (*socket*).

Sifat-sifat yang tampak pada *wire rope* antara lain:

- Kawat baja harus berpenampang melintang bulat dan permukaan halus bebas dari cacat yang dapat merugikan dalam penggunaan, seperti retak dan sejenisnya, keseluruhan panjangnya.
- Tali kawat baja harus bebas dari cacat yang dapat merugikan dalam penggunaan, seperti bagian yang rusak an retak, keseluruhan panjangnya.
- Diameter kawat baja dan panjang pilinan harus seragam sepanjang tali kawat tersebut.

### 2.2.8 Keausan Pada *Sling*

Setiap peralatan yang bergerak selalu mengalami kerusakan. Hal ini diakibatkan adanya dua benda yang saling bergesekan. Kedua benda yang saling bergesekan dapat menimbulkan kerusakan atau hilangnya partikel dari suatu material yang dinamakan dengan keausan. Biasanya keausan lebih banyak terjadi pada bahan yang lebih lunak. Faktor-faktor yang mempengaruhi keausan antara lain kecepatan tekanan, kekasaran permukaan dan kekerasan bahan. Keausan tersebut sebagaimana pula dapat terjadi pada *sling* atau tali yang digunakan dalam proses *lifting*. Biasanya dalam proses *lifting sling* yang digunakan adalah berupa *Wire rope* karena *sling* jenis *Wire rope* dipercaya lebih kuat dari *sling* jenis lain. Pada *Wire rope*, Kawat yang patah setelah pemakaian yang lama tidak akan menonjol keluar sehingga lebih aman dalam pengangkatan dan tidak akan merusak kawat yang berdekatan. *Wire rope* pada bagian luar akan mengalami keausan yang lebih parah dan putus lebih dahulu dibandingkan dengan bagian dalamnya. Sehingga bagian luar tali kawatnya mulai terputus jauh sebelum putus dan menandakan tali baja tersebut perlu diganti, sedangkan kerusakan pada rantai akan terjadi tiba-tiba. Tali baja lebih murah harganya dibandingkan dengan rantai, tetapi memerlukan diameter drum yang lebih besar sehingga mekanisme pengangkat lebih besar dan berat. Lapisan dalam tali mengelompokkan menjadi:

1. Tali pintal *sling* atau tali biasa
2. Tali pintal paralel atau jenis langsung
3. Tali komposit atau pintal balik

Tali biasa mempunyai penerapan yang paling luas. Tali ini dikonstruksi sedemikian rupa sehingga arah anyaman kawat dalam untaian berlawanan dengan arah anyaman untaian pada tali. Pada tali paralel arah anyaman kawat dalam untaian sama dengan arah anyaman untaian pada tali. Tali ini mampu menahan gesekan lebih baik dan lebih fleksibel tetapi cenderung untuk terpuntir. Tali paralel di pakai pada lift dan pengangkat lainnya yang mempunyai jalur pandu dan sebagai tali penghela. Pada tali komposit kedua untaian yang berdekatan dianyam dengan arah yang berlawanan atau terbalik. Tali baja dibuat dari kawat baja (*steel wire*) dengan ultimate strength  $\Sigma b = 130 \text{ kg/mm}^2$ . Dengan adanya keausan tersebut maka diperlukan monitoring secara berkala dan rutin untuk *sling* tersebut. Hal ini bertujuan agar *sling* tersebut dapat bertahan lebih lama dan tidak mengalami kerusakan secara signifikan sehingga *sling* dapat digunakan berkali-kali dan kekuatan dari *sling* masih tetap terjaga.

**Tabel 2. 3 Faktor Keausan pada Sling (Sumber: DNVGL ND-0027 (2016))**

NOMINAL FAKTOR	PENJELASAN
1	Jika dilakukan perawatan dengan baik
1.1	Jika tanpa perawatan
1.2	Jika digunakan secara berulang

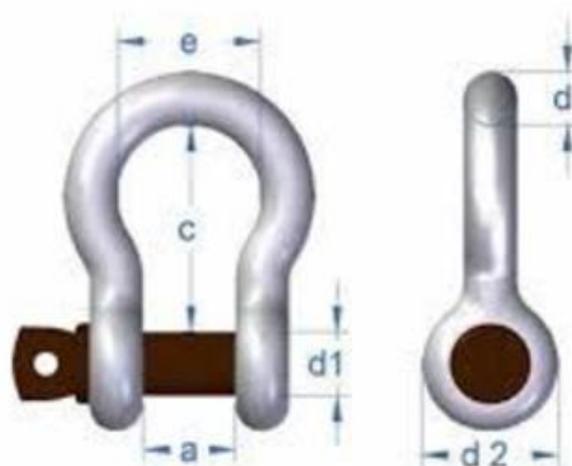
### 2.2.9 Shackle

*Shackle* merupakan alat bantu pengait antara *sling* dengan *padeye*. Terdapat istilah *Safe Working Load* (SWL), *Working Load Limit* (WLL) atau yang sering disebut juga *Maximum Rated Load* dan *Minimum Breaking Load*, beserta perhitungannya seperti berikut:

$$SWL = WLL = \frac{1}{5} MBL \dots\dots\dots (2.10)$$

$$MBL = 5 \times (SWL \text{ atau } WLL) \dots\dots\dots (2.11)$$

Menurut DNV OS-H205 *Lifting Operation* (2014), faktor keamanan beban untuk *shackle* adalah 3. DNV OS-H205 *Lifting Operation* (2014) juga menyatakan jika *Safe Working Load* (SWL) umumnya digunakan sebagai acuan untuk beban dinamis yang diijinkan pada *shackle*.

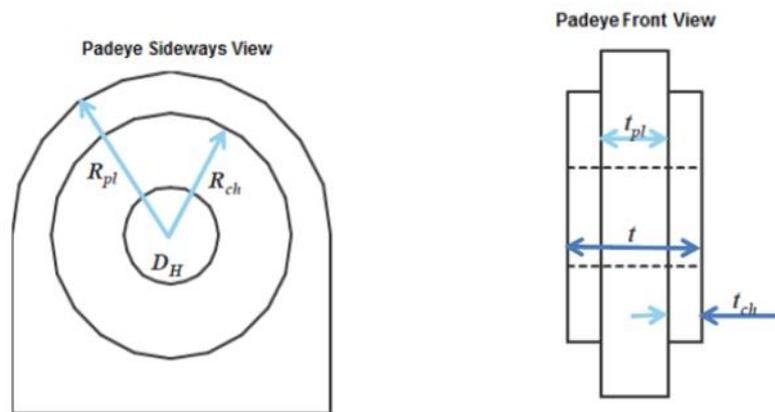


Gambar 2. 5 *Shackle*

Keterangan Gambar:			
Diameter <i>pin</i>	= d1	Lebar <i>bow</i>	= d
Panjang dalam	= c	Diameter <i>eye</i>	= d2
Lebar dalam	= e	Lebar <i>jaw</i>	= a

### 2.2.10 *Padeye*

*Padeye* merupakan komponen pada proses *lifting* dimana *lift point* yang berada pada sebuah struktur yang terdiri dari sebuah pelat utama baja dengan lubang mesin atau bor yang cocok untuk pin dari *shackle*. Lubang pada *padeye* dapat diperkuat dengan plat disetiap sisinya. *Padeye* menerima gaya secara vertikal dan horizontal. Pada gaya vertikal berasal dari gaya angkat struktur itu sendiri dan sedangkan pada gaya horizontal berasal dari gaya *sling* pada saat proses *lifting*.



Gambar 2. 6 Bentuk *Padeye*  
(Sumber: DNV OS-H205 *Lifting Operation* (2014))

Dimana:

$R_{pl}$  = Radius *Main Plate*

$R_{ch}$  = Radius *Cheek Plate*

$t_{pl}$  = Tebal *Main Plate*

$t_{ch}$  = Tebal *Cheek Plate*

$t$  = Tebal Keseluruhan Plat

Pada umumnya, desain *padeye* bisa dikatakan memenuhi verifikasi apabila sudah memenuhi kategori-kategori yang ada. Pada DNV OS-H205 *Lifting Operation* (2014), terdapat ketentuan-ketentuan yang harus dipenuhi yaitu :

1. Jari-jari luar *main plate padeye* harus lebih dari diameter lubang pin
2. Ketebalan lubang pada *padeye* tidak boleh kurang dari 75% dari lebar bagian dalam dari *shackle*.
3. Pemilihan diameter lubang *padeye* haruslah dipilih dengan seksama agar sesuai dengan diameter *pin* dari *shackle*. Perbedaan diameter lubang dan *pin* harus sekecil mungkin sedangkan untuk diameter maksimum *pin* pada *shackle* yang termasuk toleransi juga harus dipertimbangkan agar dapat memastikan bahwa *pin* bisa masuk ke lubang. Hal ini ditujukan agar kekuatan dari *shackle* tersebut bisa sesuai dengan yang disyaratkan
4. Direkomendasikan untuk pemilihan diameter pada *shackle* tidak kurang dari 94% dari diameter lubang *padeye* ketika *padeye* dengan pembebanan luar bidang yang signifikan.
5. Nominal diameter *pin* dan lubang pada *shackle* harus atau dapat diterapkan dalam perhitungan kekuatan.

Adapun tegangan yang terjadi pada *padeye* dihitung berdasarkan dua area yang ada yaitu pada *attachments* dan pada sekitar lubang *padeye*.

**A. Stress pada Attachments**

➤ **Tensile Stress**

Gaya yang bekerja = Fv

Luas area = A

Actual Tensile Stress (Ft) =  $\frac{Fv}{A}$

Allowable Stress, AISC 9<sup>th</sup> Ed. Sect. D1 (St) = 0,6  $\sigma_y$

➤ **Shear Stress**

Gaya Horizontal = Fh

Gaya Lateral = Fy

Luas area = A

Shear Stress sumbu-y (Fsy) =  $\frac{Fh}{A}$

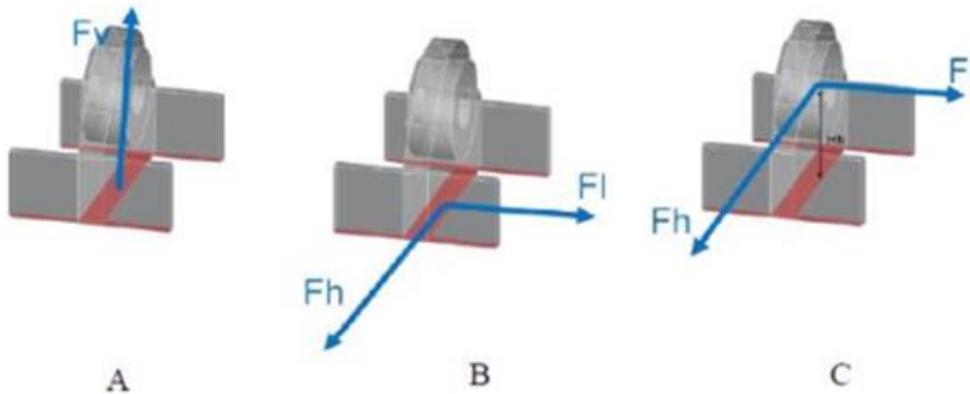
Shear Stress sumbu-x (Fsx) =  $\frac{Fy}{A}$

Allowable Stress, AISC 9<sup>th</sup> Ed. Sect. F4 (Ssh) = 0,4  $\sigma_y$

➤ **Bending Stress**

Actual Bending Stress (Fba) =  $Hh \times \left( \frac{Fh}{Sxx} + \frac{Fy}{Syy} \right)$

Allowable Stress, AISC 9<sup>th</sup> Ed. Sect. F1.1 (Sba) = 0,66  $\sigma_y$



Gambar 2. 7 A. Tensile Stress, B. Shear Stress, & C. Bending Stress

**B. Stress pada hole**

➤ **Tension Stress**

Gaya yang bekerja = Fv dan Fh

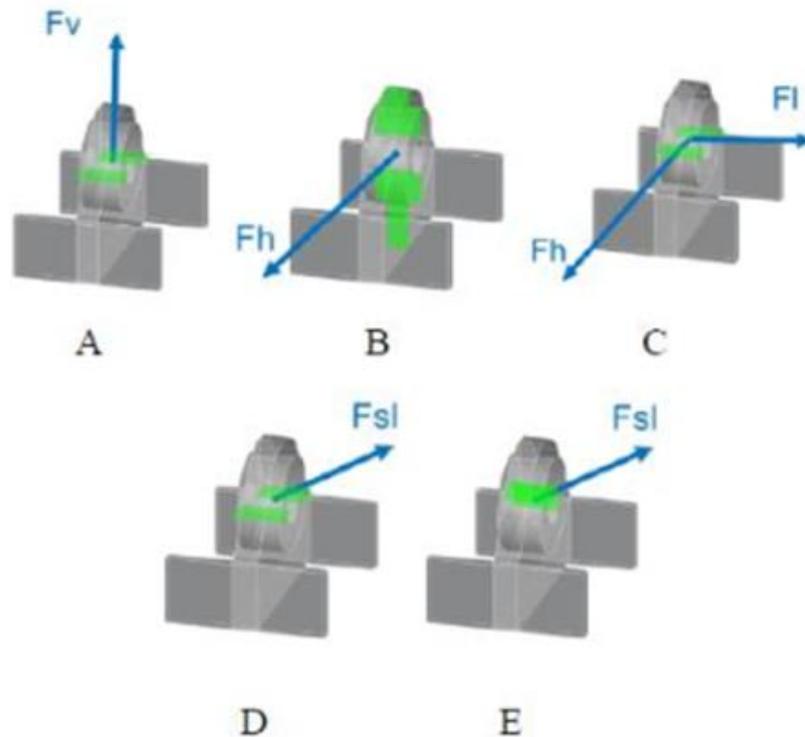
Luas area = As

Ftv =  $\frac{K \times Fv}{Atv}$

Fth =  $\frac{K \times Fh}{Ath}$

Allowable Stress, AISC 9<sup>th</sup> Ed. Sect. D3 (Ssh) = 0,4  $\sigma_y$

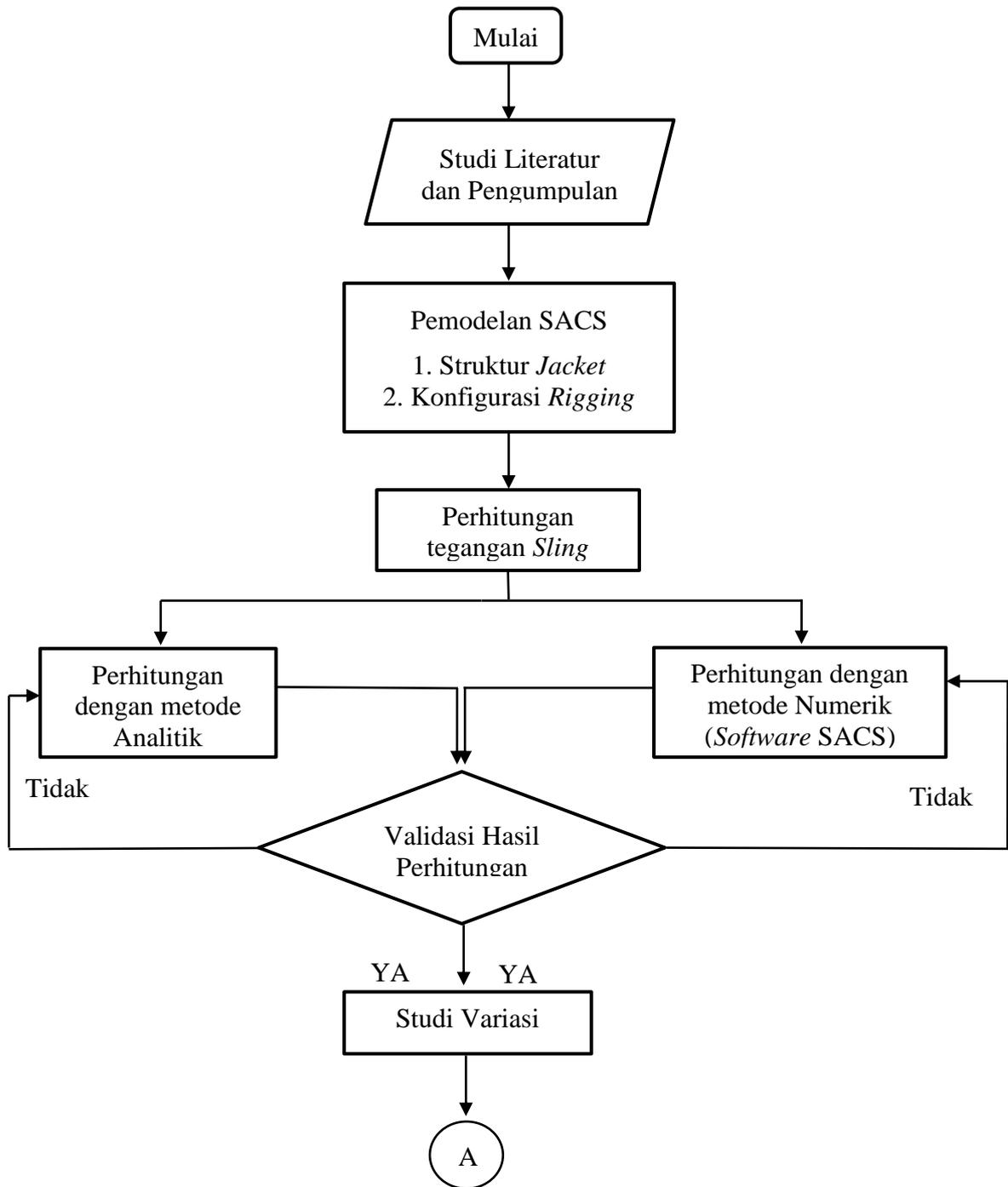
- **Shear Stress**  
 Gaya yang bekerja =  $F_l$  dan  $F_h$   
 Luas area =  $A_s$   
 $F_{sy} = \frac{K \times F_h}{A_s}$   
 $F_{sy} = \frac{K \times F_l}{A_s}$   
 Allowable Stress, AISC 9<sup>th</sup> Ed. Sect. F4 (Ssh) =  $0,4 \sigma_y$
  
- **Tear Out Stress**  
 Gaya yang bekerja =  $F_{sl}$   
 Luas area =  $A_{tr}$   
 $F_{tr} = \frac{F_{sl}}{A_{tr}}$   
 Allowable Stress, AISC 9<sup>th</sup> Ed. Sect. J4 (Str) =  $0,3 \sigma_u$
  
- **Bearing Stress**  
 Gaya yang bekerja =  $F_{sl}$   
 Luas area =  $A_{br}$   
 $F_{br} = \frac{F_{sl}}{A_{br}}$   
 Allowable Stress, AISC 9<sup>th</sup> Ed. Sect. J8 (Sbr) =  $0,9 \sigma_y$



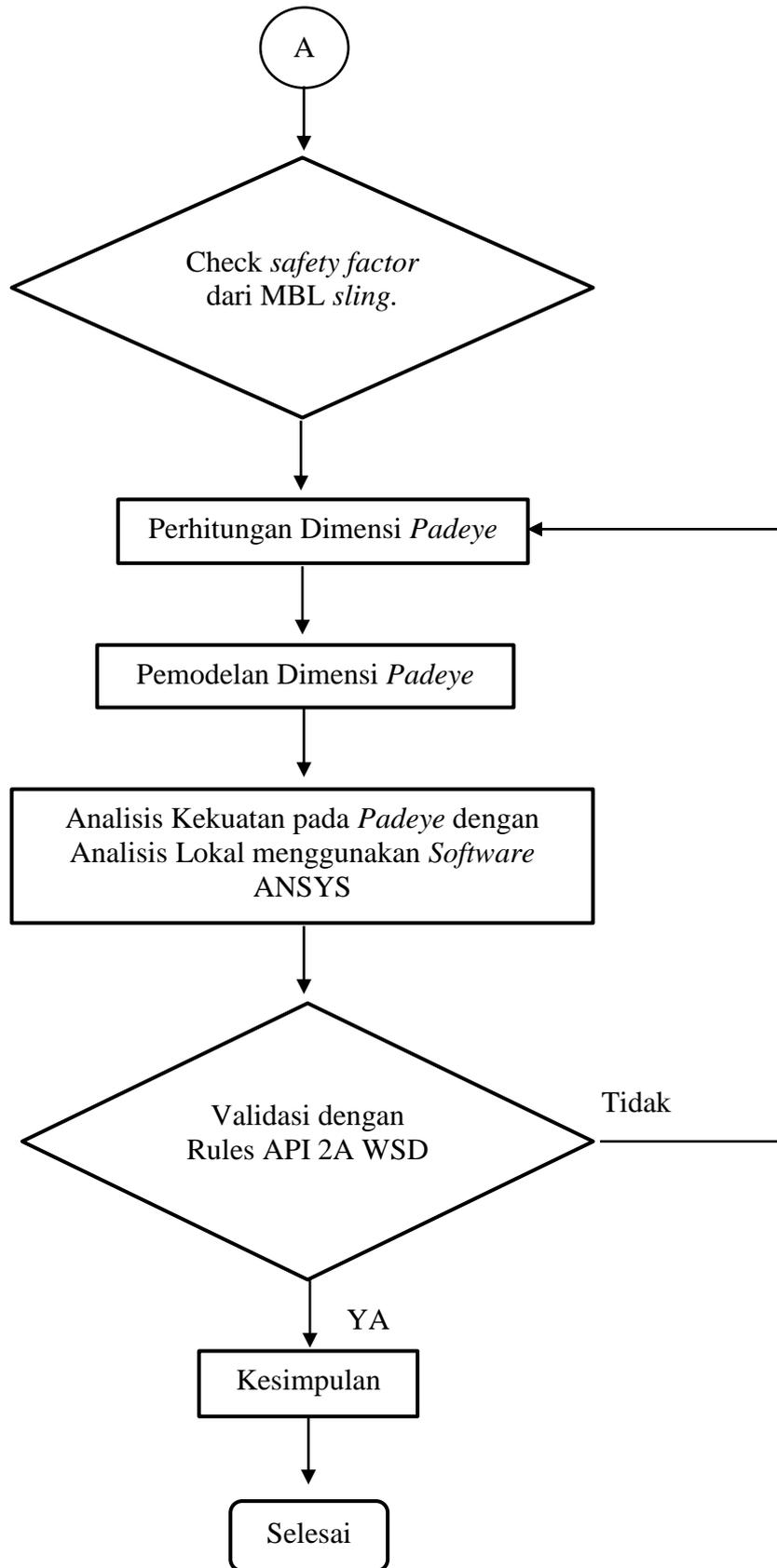
Gambar 2. 8 A. Tension Stress Sumbu Vertikal, B. Tension Stress Sumbu Horizontal, C. Shear Stress, D. Tear Out Stress, & E. Bearing Stress

# BAB III METODOLOGI PENELITIAN

## 3.1 Diagram Alir



Gambar 3. 1 Diagram Alir Metodologi Penelitian



Gambar 3. 2 Diagram Alir Metodologi Penelitian Lanjutan

### 3.2 Prosedur Penelitian

Berikut ini merupakan penjelasan dari langkah-langkah rencana penelitian yang digambarkan dalam diagram alir (*Flowchart*) pada Gambar 3. 2:

#### 1. Studi literatur

Studi literatur yang dilakukan bertujuan untuk memperjelas permasalahan yang diangkat dalam penelitian, bahan-bahan acuan yang diperlukan dalam tugas akhir ini didapat dari jurnal, buku, tugas akhir, *website*, dan sebagainya.

#### 2. Pengumpulan data struktur

Pengumpulan data struktur merupakan tahap dimana informasi terkait data struktur ULA *Jacket Platform* didapatkan. Data struktur yang digunakan merupakan data dari perancangan model ULA *Jacket Platform*.

#### 3. Pemodelan SACS

Dari data-data yang telah diperoleh dan Batasan masalah yang telah ditentukan, akan dilakukan pemodelan struktur menggunakan *software* SACS. Dalam pemodelan struktur juga dilakukan konfigurasi rigging pada *software* SACS. Menentukan *slings*, *shackles*, dan *padeyes*.

#### 4. Perhitungan *Sling*

Pada tahap ini dilakukan analisis tegangan *sling* yang telah ditentukan menggunakan metode analitik dan metode numerik. Perhitungan metode analitik akan dilakukan dengan menggunakan bantuan Excel dan Perhitungan Metode Numerik akan dilakukan pada *software* SACS.

#### 5. Validasi Hasil Perhitungan

Setelah perhitungan dari kedua metode telah selesai, selanjutnya akan dilakukan validasi dengan membandingkan hasil dari kedua metode tersebut. Apabila hasilnya tidak sama akan dilakukan perhitungan kembali pada *software* SACS, dan jika hasilnya sama akan dilanjutkan ke prosedur selanjutnya.

#### 6. Studi Variasi

Pada tahap ini studi Variasi dilakukan dengan simulasi keausan dari *sling* dengan cara mengurangi *Outside Diameter* dan *Wall Thickness* dari *Sling*. Variasi ini dilakukan untuk melihat apakah keausan pada *sling* dapat berpengaruh pada *safety factor* dari *Minimum Breaking Load* (MBL) *sling*. Karena jika *safety factor* dari *Minimum Breaking Load* (MBL) *sling* tidak baik maka *sling* tidak bisa digunakan kembali, karena akan berakibat fatal pada *sling* dan proses *lifting* tersebut.

#### 7. Check *safety factor* dari *Minimum Breaking Load* (MBL) *sling*

Pada tahap ini merupakan tahap dimana dilakukan *Check safety factor* dari *Minimum Breaking Load* (MBL) *sling*. Hal ini dilakukan karena ketika *sling* mengalami keausan maka akan berpengaruh pada *safety factor* dari *Minimum Breaking Load* (MBL) dari *sling*-nya. Dan jika *safety factor* dari *Minimum Breaking Load* (MBL) *sling* tidak baik maka *sling* tidak bisa digunakan kembali, karena akan berakibat fatal pada *sling* dan proses *lifting* tersebut.

#### 8. Perhitungan Dimensi *Padeye*

Pada tahapan ini dilakukan dengan menggunakan perhitungan matematis untuk mendapatkan dimensi *padeye* yang aman dan layak sesuai dengan standar API 2A WSD.

#### 9. Analisis Kekuatan pada *Padeye* dengan Analisis Lokal

Pada tahapan ini bertujuan untuk mendapatkan hasil dari analisis tegangan local pada *padeye*. Analisis dilakukan dengan bantuan *software* ANSYS agar memudahkan pengerjaan.

## 10. Kesimpulan

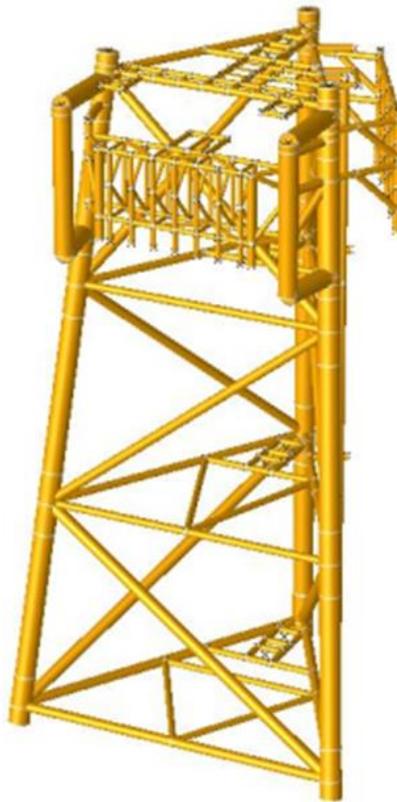
Pada tahapan ini akan dijelaskan beberapa kesimpulan yang diperoleh sesuai dengan analisa data dan pembahasan yang telah dilakukan.

### 3.3 Pengumpulan Data

Berikut ini merupakan data yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir ini yang telah didapatkan dari PT. ZEE INDONESIA mengenai ULA *Jacket Platform*.

#### 3.3.1 Model Struktur

Sebuah struktur setelah melalui tahap fabrikasi, tahap selanjutnya akan mengalami tahap pemindahan struktur dari *yard* ke *barge* yang biasa disebut tahap *load out*. Pada tahap *load out* dilakukan proses *lifting* dan objek yang diangkat pada tugas akhir ini adalah ULA *Jacket Platform*. Data yang diperoleh merupakan data gambar spesifikasi *Jacket* berbentuk 2D. Bentuk *design* dari ULA *Jacket* dapat dilihat pada Gambar 3. 3, Gambar 3. 4, dan Gambar 3. 5 berikut:

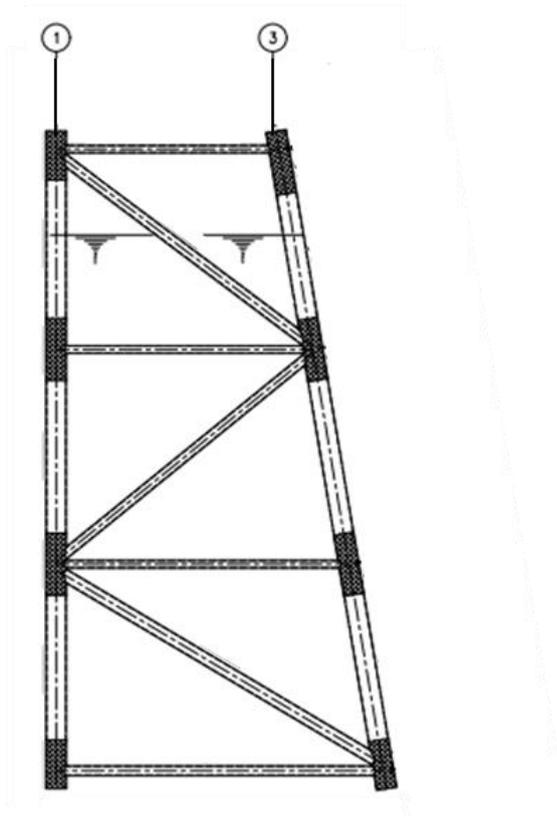


Gambar 3. 3 *Design* struktur ULA *Jacket Platform*

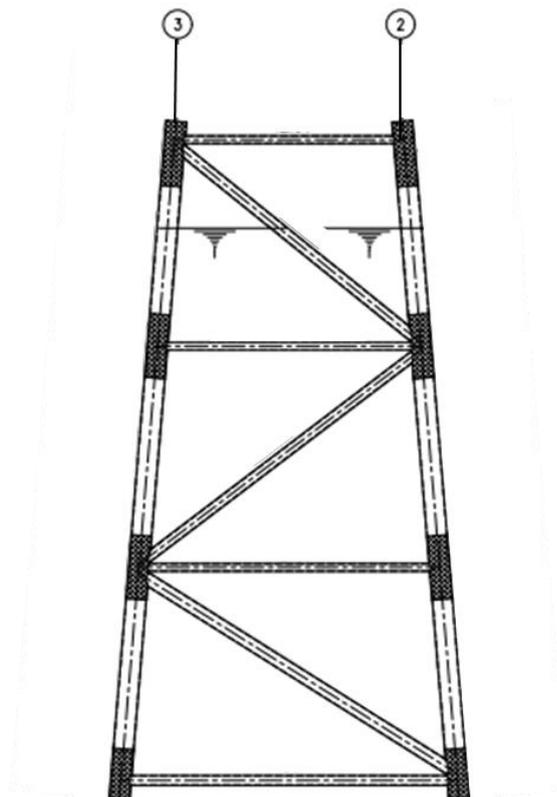
Keterangan Gambar:

Diameter kaki *Jacket* adalah 34” dengan susunan empat tingkat *bracing* sebagai berikut:

1. *Jacket Plan Bracing Elevation* (+) 12’-0” (*Jacket Walkway Level*)
2. *Jacket Plan Bracing Elevation* (-) 16’-0”
3. *Jacket Plan Bracing Elevation* (-) 46’-0”
4. *Jacket Plan Bracing Elevation* (-) 74’-10” (*Mudline Level*)



Gambar 3. 4 Tampak Samping ULA *Jacket Platform*



Gambar 3. 5 Tampak Depan ULA *Jacket Platform*

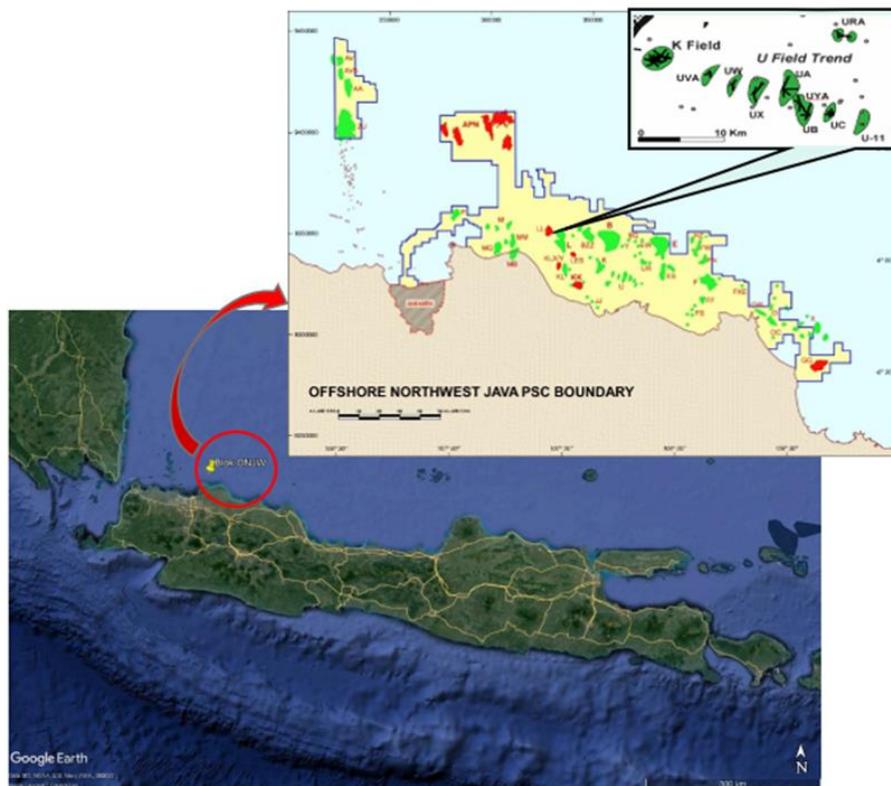
*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## BAB IV

### ANALISA DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Data Struktur

Data struktur yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah data *Jacket Offshore Platform* dari salah satu perusahaan besar yang bergerak dibidang minyak dan gas bumi. Proyek ULA *Jacket Platform* ini berada di *Ardjuna Field* yang berlokasi di Pantai Utara Jawa dengan koordinat  $06^{\circ} 5' 39.44''$  LS dan  $107^{\circ} 42' 29.07''$  BT. Gambaran lokasi dari proyek ULA *Platform* dapat dilihat pada Gambar 4. 1:



Gambar 4. 1 Lokasi Proyek Ula *Jacket Platform*  
(Sumber: Google Earth)

#### 4.2 Pembahasan

##### 4.2.1 Pemodelan Struktur

##### 4.2.1.1 Pemodelan Struktur *Jacket*

Struktur *Jacket* ULA ini dimodelkan dengan menggunakan bantuan *Software SACS* versi 12.0. Pada tahap awal pemodelan struktur *Jacket* tersebut dilakukan penggambaran *joint* dan *member* sesuai data *drawing* dari struktur *jacket* yang sudah ditentukan sebelumnya. Selanjutnya akan dilakukan pemberian *member properties* seperti diameter tubular dan ketebalan pada setiap membranya yang berbentuk tubular. Pemodelan struktur ini dilakukan dan disesuaikan dengan kondisi struktur agar dapat menggambarkan struktur aslinya. Hasil pemodelan struktur *jacket* tersebut dapat dilihat pada Gambar 4. 2 dibawah ini:



Gambar 4. 2 ULA Jacket Platform tampak Isometric

Dalam melakukan pemodelan struktur *jacket* diatas, terdiri dari beberapa *member properties* yang berbeda-beda. Data *member properties* ditunjukkan pada Tabel 4. 1 dan Tabel 4. 2 dibawah ini:

Tabel 4. 1 Tubular Member Properties

<b>Member Group</b>	<b>Wall Thickness</b>	<b>Outside Diameter</b>
	<b>(in)</b>	<b>(in)</b>
D11	0.5	20
D21	0.5	16
D31	0.75	18
D32	0.5	17.5
H11	0.5	16
H12	0.5	10.75
H21	0.5	12.75
H22	0.5	10.75
H31	0.5	12.75
H32	0.5	10.75
H41	0.5	12.75
H42	0.5	10.75
H43	0.322	8.62
LG1	0.5	33
LG2	0.5	33
LG3	1	34
LJ1	1	34
LJ2	1	34
LJ3	1	34

Tabel 4. 2 Tubular Member Properties Lanjutan

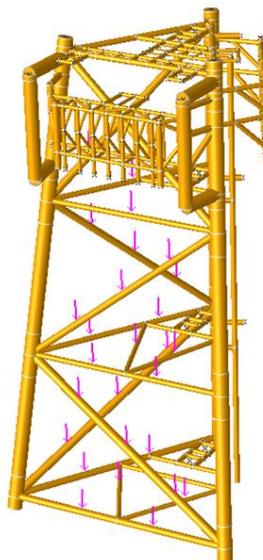
<i>Member Group</i>	<i>Wall Thickness</i>	<i>Outside Diameter</i>
	(in)	(in)
LJ4	1	34
LJC	1	34

Tabel 4. 3 Kode *Joint Jacket Platform*

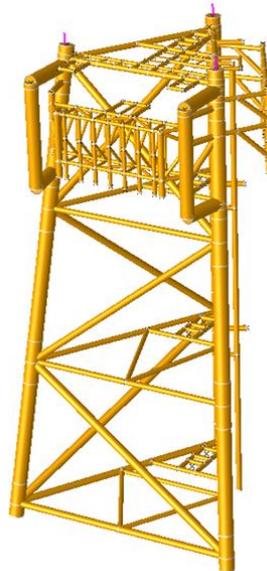
<b>Deskripsi</b>	<b>Elevasi</b>	<b>Nomor Node</b>
<i>Jacket Horizontal Framing</i>	(-) 74 ft -10 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> in	100-199
<i>Jacket Horizontal Framing</i>	(-) 46 ft -0 in	200-299
<i>Jacket Horizontal Framing</i>	(-) 16 ft -0 in	300-399
<i>Jacket Horizontal Framing</i>	(+) 12 ft -0 in	400-499
Perlengkapan ( <i>Boatlanding, Barge Bumper, Riser Guard</i> )	-	9000-9999

#### 4.2.1.2 Pemodelan Beban pada *Jacket*

Pembebanan pada struktur anjungan lepas pantai perlu diperhitungkan untuk menilai kekuatan *design* dalam melakukan respon terhadap pembebanan yang ada. Setiap pembebanan memiliki definisi dan deskripsi masing-masing yang disatukan dalam bentuk *load ID*. Pembebanan terhadap struktur *jacket platform* ini diberikan pada bagian-bagian tertentu sesuai letak beban yang telah dirancang sebelumnya. Pemodelan ini akan diinputkan pada *software SACS Versi 12.0*. peletakan beban ini dapat diinputkan pada *joint* dan/atau member struktur sesuai dengan data yang ada. Pada pemodelan struktur *jacket platform* ini, penulis memberikan beban pada struktur berupa beban anoda dan *padeye*. Pemodelan beban yang telah dilakukan akan disajikan dalam Gambar 4. 3 dan Gambar 4. 4 berikut:



Gambar 4. 3 Input Beban Anoda



Gambar 4. 4 Input Beban *Padeye*

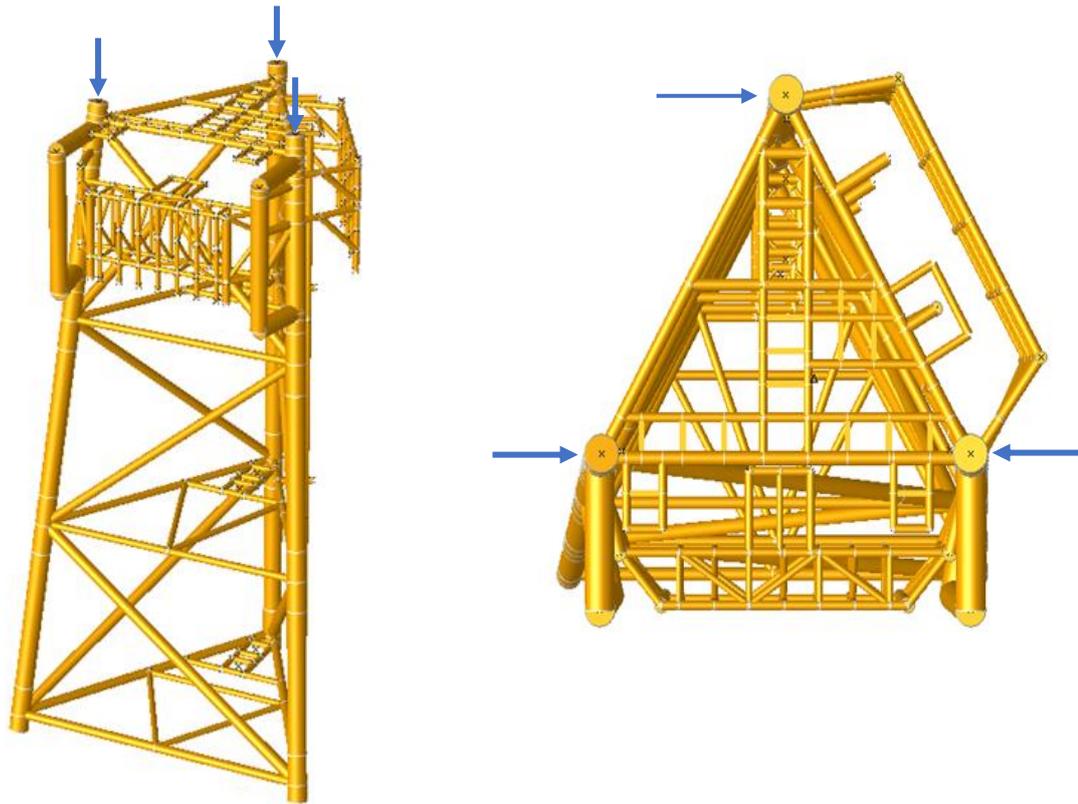
Adapun rincian beban yang diinputkan pada *joint* dan member struktur *jacket platform* tersebut dapat dilihat pada Tabel 4. 4 dibawah ini:

Tabel 4. 4 Rincian Beban pada Pemodelan Struktur *Jacket Platform*

Beban	Berat Beban	
	kips	ton
Anoda	48	24
<i>Padeye</i>	3	1.5
<i>Deadweight</i>	103.08	51.54
Jumlah Total	154.08	77.04

#### 4.2.1.3 Penentuan Titik Angkat

Penentuan titik angkat dilakukan dengan cara memasukan *joint* pada *software* SACS 12.0 sebagai posisi titik angkatnya. Pada tahap ini akan dilakukan pemberian reaksi beban terhadap sumbu vertikal karena adanya titik angkat tersebut. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan reaksi dari beban yang akan diangkat, yaitu struktur ULA *Jacket Platform* tersebut. Pada struktur ULA *Jacket Platform* ini terdapat 3 titik angkat yang dimana masing-masing dari titik angkat diletakan pada *joint* struktur yang merupakan bagian antara *jacket* dan *topside*. Pemodelan titik angkat tersebut dapat dilihat pada Gambar 4. 5:



Gambar 4. 5 Pemodelan *Lifting Point* pada ULA *Jacket Platform*

#### 4.2.2 Analisis Pemodelan Struktur *Jacket*

Struktur *jacket* yang telah dimodelkan sebelumnya pada *software* SACS 12.0 akan dilakukan analisis pemodelan struktur kembali dengan kondisi *static*. Hal ini bertujuan untuk mengetahui tegangan yang terjadi pada member *jacket*. Hasil dari analisis pemodelan tersebut akan didapatkan hasil berat beban keseluruhan struktur, letak titik *Center of Gravity*, *Unity Check* dan reaksi yang terjadi pada *lifting point*. Hal tersebut ditunjukkan pada Tabel 4. 5, Tabel 4. 6, Tabel 4. 7 dan Tabel 4. 8 berikut:

Tabel 4. 5 Hasil *Member Unity Check* terbesar

Maksimal Unity Check	Member	Joint
0.75	H11	121- 105

Tabel 4. 6 Berat Beban Keseluruhan Struktur *Jacket*

Deskripsi	Berat (Kips)	Berat (ton)
Berat Keseluruhan Struktur	228.79307	114.396535

Tabel 4. 7 Koordinat *Center of Gravity*

Koordinat Posisi COG		
X (ft)	Y (ft)	Z (ft)
1.34	-21.25	-25.49

Tabel 4. 8 Beban Angkat Dari Masing-Masing *Lifting Point*

Lifting Point	Joint	Reaction
		ton
LP1	0000-0004	64.193
LP2	0000-0005	46.9765
LP3	0000-0006	77.6465

Berdasarkan hasil dari analisis pemodelan struktur *jacket* didapatkan bahwa analisis yang dilakukan terhadap struktur *jacket* ini tidak terdapat member yang mengalami kegagalan atau *over stress*. Hal ini dikarenakan member dengan *Unity Check* terbesar bernilai 0.75 yang berada pada member H11. Dengan demikian pemodelan struktur *jacket* tersebut telah memenuhi syarat sesuai dengan batas ijin yang ada.

#### 4.2.3 Perhitungan *Sling*

Setelah didapatkan nilai maximum dari setiap *lifting point*, maka dapat dilanjutkan perhitungan dimensi *sling*. Dalam proses *lifting* pemilihan *sling* sangat penting dilakukan untuk melihat diameter yang akan digunakan. Pemilihan *sling* dilakukan dengan melihat beban terbesar yang ada pada *lifting point*, hal ini dilakukan untuk memastikan *sling* yang dipilih mampu untuk mengangkat beban struktur tersebut. Diameter *sling* ini memiliki nilai *minimum breaking load* (MBL) yang berbeda-beda. Untuk melihat nilai *minimum breaking load* (MBL) dari *sling* dapat dilihat dari katalog yang dipakai. Tabel 4. 9 berikut merupakan Tabel Diameter *Sling* dari katalog yang dimiliki:

Tabel 4. 9 Nilai *Minimum Breaking Load* Berdasarkan Diameter *Sling*

Sling Diameter	MBL	
	(KN)	(MT)
(in)		
2.75	3530	360
3.25	4830	493
3.375	5190	529
3.5	6590	672
4	7060	720

##### 4.2.3.1 Perhitungan Panjang *Sling* dan Sudut Terbentuk pada *Sling*

Setelah mendapatkan gaya yang terjadi pada *joint* pada *lifting point* dan mengetahui letak dari *Center of Gravity* (COG) maka dapat dilakukan perhitungan panjang *sling*. Dari perhitungan panjang *sling* ini akan didapatkan sudut *sling* yang terbentuk dari *hook point* dengan *lifting point*. Berdasarkan sketsa konfigurasi *rigging* diatas penulis menggunakan minimum *sling* sebesar 60 derajat dikarenakan mengacu kepada standar operasi *lifting* yang telah diterapkan oleh perusahaan. Sudut yang terbentuk akan menjadi acuan untuk mendapatkan panjang *sling* serta tinggi *hook point*. Panjang *sling* dari masing-masing *lifting point* disajikan dalam Tabel 4. 10 berikut:

Tabel 4. 10 Hasil Perhitungan Panjang *Sling* dan Sudut yang Terbentuk

<i>Lifting Point</i>	<i>Joint</i>	<b>Sudut</b>	<b>Panjang Sling</b>		<b>Tinggi Hook Point</b>
			(m)	(ft)	(m)
LP 1	0004-0000	67.09	14.16	46.45	17.00
LP 2	0005-0000	68.99	13.97	45.83	
LP 3	0006-0000	72.14	13.70	44.95	

#### 4.2.3.2 Perhitungan Diameter *Sling* dan Kapasitas Kekuatan *Sling*

Dalam penentuan *sling* yang akan dipakai dalam membantu proses *lifting* harus diketahui panjang dan diameter *sling*. Diameter tersebut akan disesuaikan dengan beban yang nantinya akan diterima oleh *sling*. Selain itu, dalam pemilihan diameter juga di sesuaikan dengan *minimum breaking load* (MBL) pada *sling*. Untuk memastikan *sling* yang digunakan telah memenuhi standard ijin yang ada, faktor keamanan dari *sling* haruslah sesuai dengan perhitungan yang ada pada DNV-OS H205. Faktor keamanan atau *safety factor* meliputi faktor angkat (*lifting factor*), *consequence factor*, *sling reduction factor*, *material factor*, dan *wear and application factor* yang nantinya akan dihitung dengan dikalikan sehingga didapatkan total nilai *safety factor*. Adapun *minimum breaking load* (MBL) dan diameter dari *sling* di sesuaikan dengan katalog yang ada. Sehingga untuk nilai *safety factor* serta diameter yang akan digunakan pada proses *lifting jacket platform* dapat dilihat pada Tabel 4. 11 dan Tabel 4. 12 dibawah ini:

Tabel 4. 11 Nominal *Safety Factor*

<b>Jenis Factor</b>	<b>Nominal Factor</b>	<b>Total Nominal Safety Factor</b>
<i>Lifting Factor</i>	1.3	3.93
<i>Consequence Factor</i>	1.3	
<i>Sling Reduction Factor</i>	1.55	
<i>Wear and Application Factor</i>	1	
<i>Material Factor</i>	1.5	

Tabel 4. 12 Hasil Perhitungan Diameter *Sling*

<b>Nomor Sling</b>	<b>OD</b>	<b>Load</b>	<b>Nominal Safety Factor</b>	<b>MBL Perhitungan</b>	<b>MBL Sling Katalog</b>		<b>Safety Factor</b>	<b>Remark</b>
	in	MT		MT	ST	MT		
SLG 1	3.5	51.637	3.93	202.897	671.993	609.622	11.81	OK!
SLG 2	3.5	53.434	3.93	209.956	671.993	609.622	11.41	OK!
SLG 3	3.5	77.635	3.93	305.049	671.993	609.622	7.85	OK!

#### 4.2.4 Perhitungan *Shackle*

Perhitungan *Shackle* didapatkan dari perhitungan beban yang didapatkan pada beban yang diterima oleh *sling*. Beban yang ada nantinya harus sesuai dengan katalog yang dimana disesuaikan dengan *Safe Working Load* (SWL). Pin diameter, *bow* diameter, dan *length inside* akan menyesuaikan dengan *Safe Working Load* (SWL) yang telah dipilih. Pada struktur ini, hasil perhitungan dari *shackle* sendiri terdapat pada Tabel 4. 13 berikut:

Tabel 4. 13 Hasil Perhitungan *Shackle*

Rigging	Load	SWL	Pin Diameter	Inside Jaw Width	Inside Anchor Length	Validation
			mm	mm	mm	
SL 1	51.6375	140	113.792	95.25	190.5	OK!
SL 2	53.4342	140	113.792	95.25	190.5	OK!
SL 3	77.6354	140	113.792	95.25	190.5	OK!

#### 4.2.5 Member *Check* pada *Jacket*

Setelah dilakukan pemodelan pada struktur *jacket* dan dilakukan pemilihan *sling*, *shackle* untuk proses *lifting*. Selanjutnya yaitu melakukan *member check* atau melihat integritas struktur ketika mengalami proses *lifting*. Tujuan melakukan *member check* pada struktur yaitu agar dapat mengetahui *unity check* dari member *jacket* terbesar yang terdampak dari adanya proses *lifting*. *Unity Check* dari member pada struktur dapat dikatakan aman jika tidak melebihi dari 1. Dalam melakukan pengecekan dari member *Unity Check* ini dilakukan dengan menggunakan *software* SACS Versi 12.0 dan Tabel 4. 14 berikut merupakan hasil dari member *Unity Check* yang sudah dilakukan.

Tabel 4. 14 *Member Stress Check*

MEMBER STRESS UNITY CHECK	
MEMBER	UC
399- 403	0.60
332- 399	0.53
121- 105	0.75
221- 205	0.73
497- 473	0.70

#### 4.2.6 Buckling Check

*Buckling Check* merupakan pengecekan yang dilakukan untuk melihat adanya tekukan pada member atau *buckling* pada member struktur ULA *Jacket Platform*. Hal ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar respon tekukan pada struktur ketika dalam proses *lifting*. *Buckling check* akan dilakukan pada member yang memiliki respon *buckling* terbesar pada saat

proses *lifting*. Pengecekan *buckling check* dilakukan dengan bantuan *software* SACS versi 12.0. Tabel 4. 15 berikut merupakan hasil dari *Buckling Check* yang telah dilakukan:

Tabel 4. 15 *Buckling Check* ULA Jacket Platform

<i>Buckling Check</i>	<i>Member</i>	<i>Joint</i>
0.098	H41	484-454
0.097	H41	473-484
0.096	H41	472-412
0.091	H31	303-384
0.086	H31	312-312
0.07	H21	211-220

#### 4.2.7 Perhitungan *Sling Tension*

Tegangan yang terjadi pada *sling* akan didapatkan setelah pada titik angkat terdapat gaya yang terjadi dan sudut *sling* yang terbentuk. Sehingga akan timbul tegangan yang terjadi pada *sling* ketika proses *lifting* berlangsung. Perhitungan ini dapat divalidasi dengan hasil dari *running* pada *software* SACS versi 12.0 untuk tegangan yang terjadi pada masing-masing *lifting point* dan *hook point*. Hasil dari perhitungan tegangan *sling* dapat dilihat dalam Tabel 4. 16 berikut:

Tabel 4. 16 Hasil Perhitungan *Sling Tension*

Manual		SACS			
<i>Lifting Point</i>	MT	<i>Lifting Point</i>	kips	kN	MT
LP1	51.631	LP1	113.810	506.250	51.637
LP2	53.416	LP2	117.770	523.865	53.434
LP3	77.632	LP3	171.110	761.132	77.635

#### 4.2.8 Variasi Keausan pada *Sling*

Keausan pada *sling* merupakan salah satu hal penting yang harus diperhatikan pada proses *lifting*. Hal ini dikarenakan apabila *sling* mengalami keausan dan tidak diperhatikan itu akan berdampak pada proses *lifting*. Maka dari itu variasi keausan pada *sling* ini dilakukan agar kegagalan-kegagalan dalam proses *lifting* dapat diminimalisir. Variasi keausan ini dilakukan dengan mensimulasikan pengurangan pada *outside diameter* dari *sling* yang dipilih untuk proses *lifting jacket platform* ini. Variasi yang akan dilakukan juga diberikan faktor keausan pada *sling* seperti pada Tabel 4. 17 dibawah ini:

Tabel 4. 17 Faktor Keausan pada *Sling*

NOMINAL FAKTOR	PENJELASAN
1	Jika dilakukan perawatan dengan baik
1.1	Jika tanpa perawatan
1.2	Jika digunakan secara berulang

Simulasi variasi yang dilakukan dengan *outside diameter* 3.375 in, 3.25 in dan 2.75 in dan akan variasi tersebut akan diberikan faktor keausan pada *sling* seperti pada tabel diatas.

Sehingga simulasi yang akan dilakukan sejumlah 9 kali. Hasil dari simulasi variasi keausan pada *sling* akan disajikan dalam tabel-tabel dibawah ini:

#### 4.2.8.1 Keausan *Sling* dengan *Outside Diameter* 3.375 in

Simulasi Variasi Keausan yang pertama dilakukan dengan menggunakan *outside diameter sling* sebesar 3.375 in dan akan diberikan faktor keausan pada *sling* untuk melihat apakah *sling* dengan *outside diameter* 3.375 masih dapat digunakan dalam proses *lifting jacket platform* ini. Berikut hasil dari variasi keausan dengan *outside diameter sling* 3.375 yang telah dilakukan:

Tabel 4. 18 Hasil Variasi Keausan pada *Sling* dengan OD 3.375 dan Faktor Keausan 1

Nomor Sling	OD	Load	Nominal Safety Factor	MBL Perhitungan	MBL Sling Katalog		Safety Factor	Remark
	in	MT		MT	ST	MT		
SLG 1	3.375	51.637	3.93	202.897	529.233	480.112	9.30	OK!
SLG 2	3.375	53.434	3.93	209.956	529.233	480.112	8.99	OK!
SLG 3	3.375	77.635	3.93	305.049	529.233	480.112	6.18	OK!

Tabel 4. 19 Hasil Variasi Keausan pada *Sling* dengan OD 3.375 dan Faktor Keausan 1.1

Nomor Sling	OD	Load	Nominal Safety Factor	MBL Perhitungan	MBL Sling Katalog		Safety Factor	Remark
	in	MT		MT	ST	MT		
SLG 1	3.375	51.637	4.32	223.186	529.233	480.112	9.30	OK!
SLG 2	3.375	53.434	4.32	230.952	529.233	480.112	8.99	OK!
SLG 3	3.375	77.635	4.32	335.554	529.233	480.112	6.18	OK!

Tabel 4. 20 Hasil Variasi Keausan pada *Sling* dengan OD 3.375 dan Faktor Keausan 1.2

Nomor Sling	OD	Load	Nominal Safety Factor	MBL Perhitungan	MBL Sling Katalog		Safety Factor	Remark
	in	MT		MT	ST	MT		
SLG 1	3.375	51.637	4.72	243.476	529.233	480.112	9.30	OK!
SLG 2	3.375	53.434	4.72	251.948	529.233	480.112	8.99	OK!
SLG 3	3.375	77.635	4.72	366.059	529.233	480.112	6.18	OK!

Berdasarkan hasil simulasi variasi keausan pada *sling* dengan *outside diameter sling* sebesar 3.375 in menyatakan bahwa *sling* dengan *outside diameter* 3.375 masih dapat digunakan dalam proses *lifting jacket platform* ini. Hal ini ditunjukkan bahwa dalam validasi perhitungan, *safety factor* dari *sling* tersebut masih dalam batas aman dan hasil masih dinyatakan OK.

#### 4.2.8.2 Keausan pada *Sling* dengan *Outside Diameter* 3.25 in

Simulasi Variasi Keausan yang kedua dilakukan dengan menggunakan *outside diameter sling* sebesar 3.25 in dan akan diberikan faktor keausan pada *sling* untuk melihat apakah *sling* dengan *outside diameter* 3.25 masih dapat digunakan dalam proses *lifting jacket platform* ini. Berikut hasil dari variasi keausan dengan *outside diameter sling* 3.25 yang telah dilakukan:

Tabel 4. 21 Hasil Simulasi Keausan pada *Sling* dengan OD 3.25 dan Faktor Keausan 1

Nomor Sling	OD	Load	Nominal Safety Factor	MBL Perhitungan	MBL Sling Katalog		Safety Factor	Remark
	in	MT		MT	ST	MT		
SLG 1	3.25	51.637	3.93	202.897	492.523	446.809	8.65	OK!
SLG 2	3.25	53.434	3.93	209.956	492.523	446.809	8.36	OK!
SLG 3	3.25	77.635	3.93	305.049	492.523	446.809	5.76	OK!

Tabel 4. 22 Hasil Simulasi Keausan pada *Sling* dengan OD 3.25 dan Faktor Keausan 1.1

Nomor Sling	OD	Load	Nominal Safety Factor	MBL Perhitungan	MBL Sling Katalog		Safety Factor	Remark
	in	MT		MT	ST	MT		
SLG 1	3.25	51.637	4.32	223.186	492.523	446.809	8.65	OK!
SLG 2	3.25	53.434	4.32	230.952	492.523	446.809	8.36	OK!
SLG 3	3.25	77.635	4.32	335.554	492.523	446.809	5.76	OK!

Tabel 4. 23 Hasil Simulasi Keausan pada *Sling* dengan OD 3.25 dan Faktor Keausan 1.2

Nomor Sling	OD	Load	Nominal Safety Factor	MBL Perhitungan	MBL Sling Katalog		Safety Factor	Remark
	in	MT		MT	ST	MT		
SLG 1	3.25	51.637	4.72	243.476	492.523	446.809	8.65	OK!
SLG 2	3.25	53.434	4.72	251.948	492.523	446.809	8.36	OK!
SLG 3	3.25	77.635	4.72	366.059	492.523	446.809	5.76	OK!

Berdasarkan hasil simulasi variasi keausan pada *sling* dengan *outside diameter sling* sebesar 3.25 in menyatakan bahwa *sling* dengan *outside diameter* 3.25 masih dapat digunakan dalam proses *lifting jacket platform* ini. Hal ini ditunjukkan bahwa dalam validasi perhitungan, *safety factor* dari *sling* tersebut masih dalam batas aman dan hasil masih dinyatakan OK.

#### 4.2.8.3 Keausan pada *Sling* dengan *Outside Diameter* 2.75 in

Simulasi Variasi Keausan yang ketiga dilakukan dengan menggunakan *outside diameter sling* sebesar 2.75 in dan akan diberikan faktor keausan pada *sling* untuk melihat apakah *sling* dengan *outside diameter* 2.75 masih dapat digunakan dalam proses *lifting jacket platform* ini. Berikut hasil dari variasi keausan dengan *outside diameter sling* 2.75 yang telah dilakukan:

Tabel 4. 24 Hasil Simulasi Keausan pada *Sling* dengan OD 2.75 dan Faktor Keausan 1

Nomor Sling	OD	Load	Nominal Safety Factor	MBL Perhitungan	MBL Sling Katalog		Safety Factor	Remark
	in	MT		MT	ST	MT		
SLG 1	2.75	51.637	3.93	202.897	359.960	326.550	6.32	OK!
SLG 2	2.75	53.434	3.93	209.956	359.960	326.550	6.11	OK!
SLG 3	2.75	77.635	3.93	305.049	359.960	326.550	4.21	OK!

Tabel 4. 25 Hasil Simulasi Keausan pada *Sling* dengan OD 2.75 dan Faktor Keausan 1.1

Nomor Sling	OD	Load	Nominal Safety Factor	MBL Perhitungan	MBL Sling Katalog		Safety Factor	Remark
	in	MT		MT	ST	MT		
SLG 1	2.75	51.637	4.32	223.186	359.960	326.550	6.32	OK!
SLG 2	2.75	53.434	4.32	230.952	359.960	326.550	6.11	OK!
SLG 3	2.75	77.635	4.32	335.554	359.960	326.550	4.21	NOT OK!

Tabel 4. 26 Hasil Simulasi Keausan pada *Sling* dengan OD 2.75 dan Faktor Keausan 1.2

Nomor Sling	OD	Load	Nominal Safety Factor	MBL Perhitungan	MBL Sling Katalog		Safety Factor	Remark
	in	MT		MT	ST	MT		
SLG 1	2.75	51.637	4.72	243.476	359.960	326.550	6.32	OK!
SLG 2	2.75	53.434	4.72	251.948	359.960	326.550	6.11	OK!
SLG 3	2.75	77.635	4.72	366.059	359.960	326.550	4.21	NOT OK!

Berdasarkan hasil simulasi variasi keausan pada *sling* dengan *outside diameter sling* sebesar 2.75 in menyatakan bahwa *sling* dengan *outside diameter* 2.75 dengan faktor pemakaian 1 masih dapat digunakan karena hasil dari validasi perhitungan *safety factor* masih menunjukkan OK yang artinya masih dalam batas aman. Namun *sling* dengan *outside diameter* 2.75 yang diberikan faktor keausan 1.1 dan 1.2 sudah tidak disarankan untuk digunakan karena validasi perhitungan *safety factor* yang telah dilakukan menunjukkan salah satu *sling* yaitu *sling* 3 menunjukkan hasil Not OK seperti yang terlihat dalam Tabel 4. 25 dan Tabel 4. 26 diatas.

#### 4.2.9 Analisis Statis *Padeye*

##### 4.2.9.1 *Geometry Check*

Data yang digunakan untuk pemodelan *Padeye* adalah data *Drawing* dari Perusahaan terkait, dengan menyesuaikan ukuran dari *shackle* yang digunakan. Berikut merupakan ukuran dan dimensi *padeye* yang ditampilkan pada Tabel 4. 27 Dimensi *Padeye* Tabel 4. 27 dibawah ini:

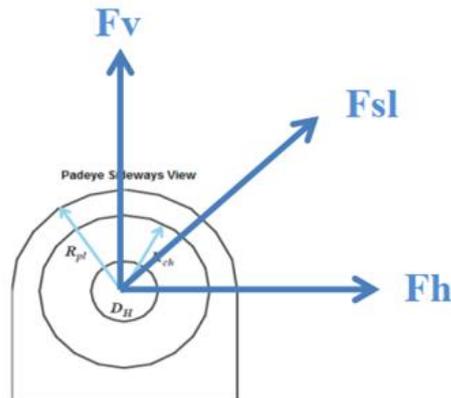
Tabel 4. 27 Dimensi *Padeye*

Parameter	Simbol	Nilai
		mm
Pinhole Diameter	Dh	110
Main Plate Thickness	Tpl	50
Main Plate Radius	Rpl	230
Cheek Plate Thickness	Tch	35
Cheek Plate Diameter	Rch	150
Padeye Total Height	Ht	480
Length of Base Plate	L	887.5

Struktur *Padeye* ini menggunakan material *steel* ASTM bertipe A36. Berdasarkan codes AISC 9<sup>th</sup> Edition, *yield strength* dari *Steel* tipe A36 sebesar 36 ksi (248.21 MPa) dan *ultimate strength* sebesar 58 ksi (399.89 MPa).

#### 4.2.9.2 Gaya yang terjadi pada *Padeye*

Berdasarkan perhitungan sebelumnya, dijelaskan bahwa berat terbesar yang dihasilkan dari ketiga *lifting point* yaitu sebesar 77.6465 ton yang berada pada *joint* 0000-0006. Hal tersebut yang nantinya dijadikan sebagai acuan dalam menghitung gaya-gaya yang timbul pada struktur *padeye*. Gaya yang dihasilkan oleh struktur *padeye* ini terdapat 4 gaya, yaitu gaya horizontal ( $F_h$ ), gaya vertikal ( $F_v$ ), gaya lateral ( $F_l$ ), dan gaya *sling* ( $F_{sl}$ ). Nilai dan arah dari gaya tersebut akan ditunjukkan pada Gambar 4. 6 dan Tabel 4. 28 dibawah ini:



Gambar 4. 6 Gaya yang terjadi pada *Padeye*

Tabel 4. 28 Besaran Gaya pada *Padeye*

	$F_{design}$	SF	Sudut <i>Lifting</i>	$F_v$	$F_l$	$F_h$	$F_{sl}$
	(ton)			(ton)	(ton)	(ton)	(ton)
<b>Sling OD 3.5 WT 1.74</b>	77.65	2.19375	72.82	77.6465	2.329395	24.00591	81.30614

#### 4.2.9.3 Check Stress pada Padeye

Perhitungan tegangan pada *padeye* akan dilakukan pada dua bagian *padeye* yaitu pada bagian *attachment* dan bagian sekitar lubang struktur *padeye*. Untuk perhitungan tegangan pada *padeye* disesuaikan dengan arah gaya dan juga dimensi dari *padeye* yang telah ditentukan.

#### 4.2.9.4 Check Stress pada Attachments Padeye

Perhitungan *Attachment* pada *padeye* dilakukan karena *padeye* yang didesign memiliki *stiffener* atau *attachments* sehingga perlu dilakukan perhitungan. Perhitungan tersebut meliputi *check* pada tegangan *shear*, *tensile stress*, *bending stress*, dan *combined stress*. Setelah itu akan dilanjutkan dengan membandingkan dengan tegangan ijin yang ada pada tiap tegangan untuk mengetahui kekuatan dari *stiffener* pada struktur *padeye* tersebut. Berikut merupakan hasil dari perhitungan tegangan yang terjadi pada *attachment padeye*.

##### A. Shear Stress

Perhitungan *shear stress* pada *attachment padeye* dilakukan dua perhitungan berdasarkan arah sumbu yang bekerja pada tegangan plat tersebut. Arah sumbu tersebut merupakan luasan lateral dan luasan horizontal dari *attachment padeye*. Pada perhitungan *Shear Stress* (Tegangan Geser) ditetapkan nilai tegangan geser yaitu sebesar 0.4 dari *yield strength* atau sebesar 99.284 MPa. Pada perhitungan didapatkan tegangan geser dengan arah lateral dan arah horizontal memiliki nilai masing-masing sebesar 0.049 MPa dan 0.509 Mpa dan masih berada pada ambang batas aman. Selain itu didapatkan nilai Unity Check pada masing-masing arah baik lateral maupun horizontal dengan nilai 0.00049 dan 0.0051. Nilai UC yang didapatkan adalah kurang dari 1 yang artinya masih dalam batas aman dalam proses *lifting jacket* pada kondisi statis. Hasil perhitungan *Shear Stress* pada *Attachment Padeye* disajikan dalam Tabel 4. 29 di bawah ini:

Tabel 4. 29 Perhitungan *Shear Stress* pada *Attachment Padeye*

Lateral Shear Load	Shear Area	Shear Stress	Allowed Stress	Unity Check	Remark
(ton)	(mm <sup>2</sup> )	(Mpa)	(Mpa)		
2.329395	470975	0.049459	99.284	0.000498	OK!

Horizontal Shear Load	Shear Area	Shear Stress	Allowed Stress	Unity Check	Remark
(ton)	(mm <sup>2</sup> )	(Mpa)	(Mpa)		
24.00590914	470975	0.509707	99.284	0.005134	OK!

##### B. Tensile Stress

Perhitungan *Tensile Stress* dilakukan dalam satu arah yaitu pada luasan vertikal. Pada perhitungan *Tension Stress* (Tegangan Tarik) ditetapkan nilai tegangan tarik yaitu sebesar 0.6 dari *yield strength* atau sebesar 148.93 MPa. Pada perhitungan didapatkan

tegangan tarik sebesar 1.65 Mpa dan masih berada pada ambang batas aman. Selain itu didapatkan nilai *Unity Check* dengan nilai 0.01. Nilai UC yang didapatkan adalah kurang dari 1 yang artinya masih dalam batas aman dalam proses *lifting jacket* pada kondisi statis. Hasil perhitungan *Tensile Stress* pada *Attachment Padeye* disajikan dalam Tabel 4. 30 di bawah ini:

Tabel 4. 30 Perhitungan *Tensile Stress* pada *Attachment Padeye*

Tensile Load	Tensile Area	Tensile Stress	Allowed Stress	Unity Check	Remark
(ton)	(mm <sup>2</sup> )	(Mpa)	(Mpa)		
77.65	470975	1.65	148.93	0.01107	OK!

### C. Bending Stress

Perhitungan *Bending Stress* dilakukan dua arah yaitu yang pertama dilakukan pada luasan horizontal dan yang kedua luasan lateral. Pada perhitungan *Bending Stress* (Tegangan Lentur) ditetapkan nilai tegangan lentur yaitu sebesar 0.66 dari *yield strength* atau sebesar 163.823 MPa. Pada perhitungan didapatkan tegangan lentur dengan arah lateral dan arah horizontal memiliki nilai masing-masing sebesar 0.404 MPa dan 0.45 Mpa dan masing berada pada ambang batas aman. Selain itu didapatkan nilai *unity check* pada masing-masing arah baik lateral maupun horizontal dengan nilai 0.002 dan 0.0027. nilai UC yang didapatkan adalah kurang dari 1 yang artinya masih dalam batas aman dalam proses *lifting jacket* pada kondisi statis. Perhitungan *Bending Stress* pada *Attachment Padeye* disajikan dalam Tabel 4. 31 di bawah ini:

Tabel 4. 31 Perhitungan *Bending Stress* pada *Attachment Padeye*

Design Moment	Out-Plane Inertia Moment	Bending Stress	Allowed Stress	Unity Check	Remark
(N.mm)	(mm <sup>3</sup> )	(Mpa)	(Mpa)		
5823487.5	14397020.19	0.404	163.82	0.002469	OK!

Design Moment	In-Plane Inertia Moment	Bending Stress	Allowed Stress	Unity Check	Remark
(N.mm)	(mm <sup>3</sup> )	(Mpa)	(Mpa)		
60014772.8	133004136.6	0.451224859	163.82	0.002754	OK!

### D. Combined Stress

Selain melakukan perhitungan tegangan geser, tegangan Tarik dan tegangan lentur pada *attachment padeye*, perlu juga dilakukan perhitungan *combined stress*. Hal ini bertujuan untuk melihat perbandingan tegangan ijin yang terjadi pada *tensile stress*, *in-plane bending stress* dan *out-plane bending stress* sesuai dengan AISC H2-1. Setelah dilakukan perhitungan dan didapatkan nilai-nilai tersebut maka langkah selanjutnya adalah mengkombinasikan nilai-nilai tersebut dan nilai kombinasi tersebut harus kurang

atau sama dengan 1. Hasil perhitungan *combined stress* akan disajikan dalam Tabel 4.32 berikut:

Tabel 4.32 Perhitungan *Combined Stress*

Tensile Stress	Allowed Tensile Stress	In-Plane Bending Stress	Out-Plane Bending Stress	Allowed Stress	Unity Check	Remark
(Mpa)	(Mpa)	(Mpa)	(Mpa)	(Mpa)		
1.65	148.93	0.451224859	0.404	163.82	0.016294	OK!

Dari hasil perhitungan *combined stress* diatas didapatkan bahwa nilai *Unity Check* dari *combined stress* sebesar 0.016. Nilai *Unity Check* kurang dari 1 yang artinya masih berada pada batas aman dalam proses *lifting jacket* pada kondisi statis.

#### 4.2.9.5 Check Stress pada Pinhole Padeye

Perhitungan tegangan juga dilakukan pada pinhole padeye. Perhitungan tegangan ini bertujuan agar kekuatan pada padeye khususnya pada bagian pinhole dapat diketahui. Perhitungan tegangan akan dilakukan dengan membandingkan penampang yang ada dengan masing-masing tegangan ijin yang ditinjau. Perhitungan tegangan yang dilakukan meliputi *Tension Stress*, *Shear Stress*, *Tear Out Stress*, dan *Bearing Stress*. Berikut merupakan perhitungan dan hasil dari tegangan-tegangan tersebut.

##### A. Tension Stress

Pada perhitungan *Tension Stress* (Tegangan Tarik) ditetapkan nilai tegangan tarik yaitu sebesar 0.45 dari *yield strength* atau sebesar 111.69 MPa. Pada perhitungan didapatkan tegangan tarik dengan arah vertikal dan arah horizontal memiliki nilai masing-masing sebesar 25.21 MPa dan 7.55 Mpa dan masih berada pada ambang batas aman. Selain itu didapatkan nilai *Unity Check* pada masing-masing arah baik vertikal maupun horizontal dengan nilai 0.23 dan 0.07. Nilai UC yang didapatkan adalah kurang dari 1 yang artinya masih dalam batas aman dalam proses *lifting jacket* pada kondisi statis. Tabel 4.33 berikut merupakan hasil perhitungan *Tension Stress* (Tegangan Tarik):

Tabel 4.33 Perhitungan *Tension Stress* pada Pinhole Padeye

Vertikal Tensile Load	Tensile Area	Tensile Stress	Allowed Stress	Unity Check	Remark
(ton)	(mm <sup>2</sup> )	(Mpa)	(Mpa)		
77.65	30800	25.21	111.69	0.23	OK!

Horizontal Tensile Load	Tensile Area	Tensile Stress	Allowed Stress	Unity Check	Remark
(ton)	(mm <sup>2</sup> )	(Mpa)	(Mpa)		
24.00590914	31800	7.55	111.69	0.07	OK!

## B. Shear Stress

Pada perhitungan *Shear Stress* (Tegangan Geser) ditetapkan nilai tegangan geser yaitu sebesar 0.4 dari *yield strength* atau sebesar 99.284 MPa. Pada perhitungan didapatkan tegangan geser dengan arah lateral dan arah horizontal memiliki nilai masing-masing sebesar 0.76 MPa dan 7.76 Mpa dan masih berada pada ambang batas aman. Selain itu didapatkan nilai Unity Check pada masing-masing arah baik lateral maupun horizontal dengan nilai 0.01 dan 0.08. Nilai UC yang didapatkan adalah kurang dari 1 yang artinya masih dalam batas aman dalam proses *lifting jacket* pada kondisi statis. Tabel 4. 34 berikut merupakan hasil perhitungan *Shear Stress* (Tegangan Geser):

Tabel 4. 34 Perhitungan *Shear Stress* pada *Pinhole Padeye*

Lateral Shear Load	Shear Area	Shear Stress	Allowed Stress	Unity Check	Remark
(ton)	(mm <sup>2</sup> )	(Mpa)	(Mpa)		
2.329395	30800	0.76	99.284	0.01	OK!

Horizontal Shear Load	Shear Area	Shear Stress	Allowed Stress	Unity Check	Remark
(ton)	(mm <sup>2</sup> )	(Mpa)	(Mpa)		
24.00590914	30800	7.79	99.284	0.08	OK!

## C. Tear Out Stress

Pada perhitungan *Tear Out Stress* ditetapkan nilai tegangan tarik yaitu sebesar 0.3 dari *yield strength* atau sebesar 74.463 MPa. Pada perhitungan didapatkan nilai *tear out stress* sebesar 26.04 Ma dan masih berada pada ambang batas aman. Selain itu didapatkan nilai Unity Check untuk *tear out stress* sebesar 0.35. Nilai UC yang didapatkan adalah kurang dari 1 yang artinya masih dalam batas aman dalam proses *lifting jacket* pada kondisi statis. Tabel 4. 35 berikut merupakan hasil perhitungan *tear out stress*:

Tabel 4. 35 Perhitungan *Tear Out Stress* pada *Pinhole Padeye*

Tear Out Load	Tear Out Area	Tear Out Stress	Allowed Stress	Unity Check	Remark
(ton)	(mm <sup>2</sup> )	(Mpa)	(Mpa)		
81.30614194	30800	26.40	74.463	0.35	OK!

## D. Bearing Stress

Pada perhitungan *Bearing Stress* ditetapkan nilai tegangan tarik yaitu sebesar 0.9 dari *yield strength* atau sebesar 223.389 MPa. Pada perhitungan didapatkan nilai *bearing stress* sebesar 63.51 Mpa dan masih berada pada ambang batas aman. Selain itu didapatkan nilai *Unity Check* untuk *bearing stress* sebesar 0.28. Nilai UC yang didapatkan adalah kurang dari 1 yang artinya masih dalam batas aman dalam proses

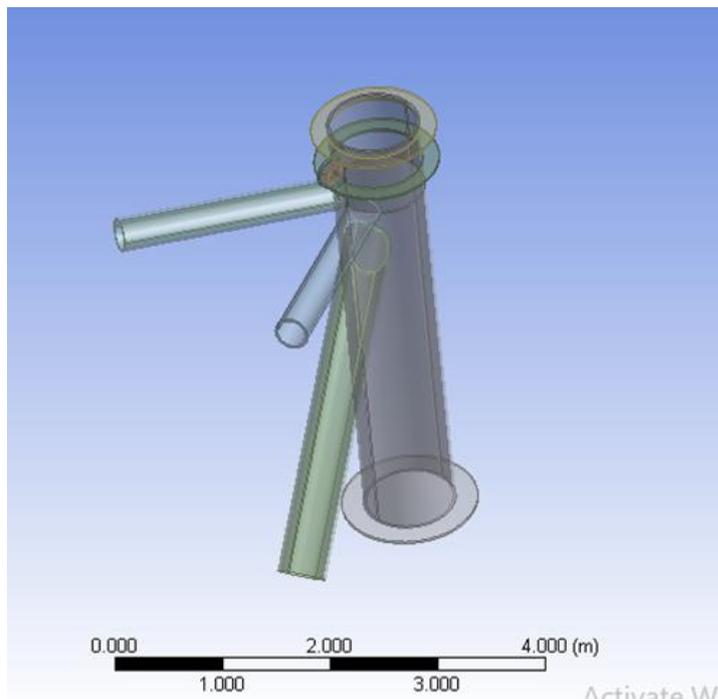
*lifting jacket* pada kondisi statis. Tabel 4. 36 berikut merupakan hasil perhitungan *bearing stress*:

Tabel 4. 36 Perhitungan *Bearing Stress* pada *Pinhole Padeye*

Bearing Load	Bearing Area	Bearing Stress	Allowed Stress	Unity Check	Remark
(ton)	(mm <sup>2</sup> )	(Mpa)	(Mpa)		
81.30614194	12801.6	63.51248	223.389	0.28	OK!

#### 4.2.10 Analisis Tegangan Lokal *Padeye*

Setelah didapatkan hasil perhitungan dari dimensi *padeye* untuk proses *lifting jacket*. Selanjutnya akan dilakukan analisis lokal terhadap *padeye* dengan tubular. Analisis tegangan lokal *padeye* ini akan dibantu menggunakan *software* ANSYS *Workbench* 2019. Sebelum melakukan analisis struktur *padeye* pada *software* ANSYS, perlu dilakukan pemodelan struktur *padeye* pada *software* *Solidwork* dengan bentuk *solid*. Material yang digunakan pada struktur ini yaitu baja ASTM A36 yang memiliki *yield strength* sebesar 248.21 Mpa. Beban yang diterima oleh *padeye* sebesar 77.6465 ton sesuai dengan beban terbesar yang diterima oleh *lifting point* yang terletak pada *lifting point* 3 joint 0000-0006. Gambar 4. 7 berikut merupakan gambar dari pemodelan struktur *padeye* yang dimodelkan menggunakan *software* *Solidwork* dan dikonversikan ke ANSYS *Workbench*.

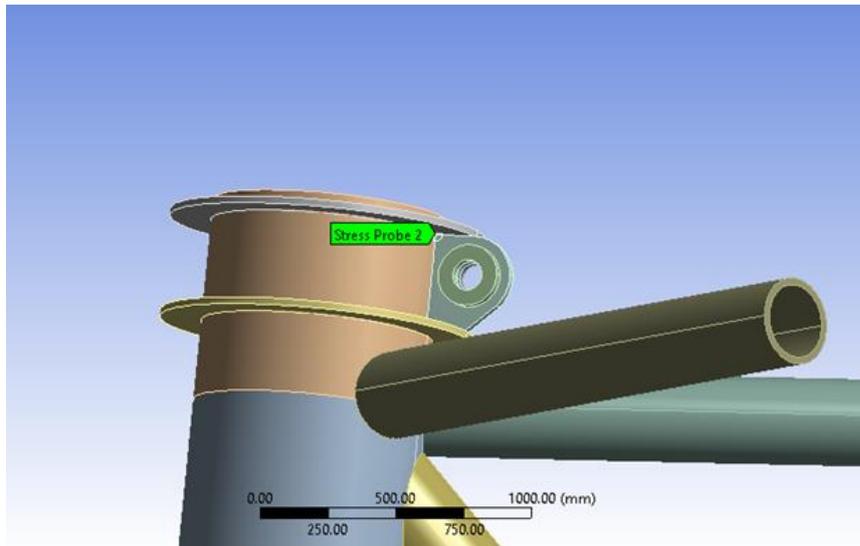


Gambar 4. 7 model *structure padeye*

##### 4.2.10.1 Analisis *Sensitivity Meshing*

Tujuan dilakukan analisis *sensitivity meshing* adalah untuk mengukur ketepatan dari suatu tegangan yang dimodelkan dengan melihat pengaruh dari jumlah elemen yang ada dari *meshing*. Penentuan tegangan *sensitivity meshing* dilakukan dengan menggunakan analisis

tegangan *von mises* yang bertujuan untuk melihat distribusi tegangan yang terjadi pada padeye akibat diberikannya suatu beban pada *padeye*. Tegangan *Von Mises* merupakan tegangan gabungan yang dilakukan terhadap semua arah bidang elemen dengan menggunakan pendekatan matriks. Untuk melihat ada atau tidaknya perubahan distribusi tegangan pada suatu titik tersebut dilakukan menggunakan *stress probe* yang diletakkan pada bagian struktur yang mendapatkan pengaruh gaya yang banyak. Gambar 4. 8 di bawah ini merupakan gambar dari lokasi *stress probe*:



Gambar 4. 8 Letak *Probe*

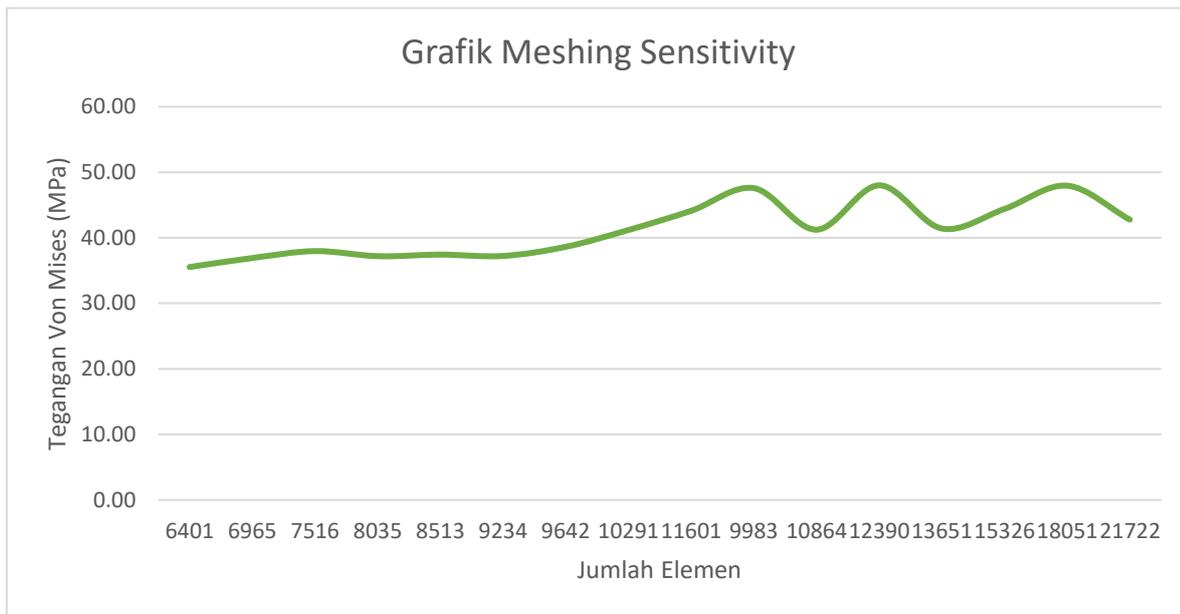
Analisis *sensitivitas meshing* ini akan dilakukan pada *stress probe* yang sama namun akan divariasikan pada kerapatan *meshing* yang berbeda. Hasil yang didapatkan berupa tegangan *equivalent stress* dengan perbedaan hasil kurang dari 5%. Pada pemodelan ini dilakukan sebanyak 17 variasi dengan kerapatan mulai dari 55 mm hingga 130 mm dengan jenis elemen yang digunakan dalam pemodelan *meshing* ini yaitu perpaduan antara *tetrahedron* dan *hexagon*. Berikut merupakan Tabel dan Grafik hasil analisa dari *meshing sensitivity*:

Tabel 4. 37 Analisa *Sensitivity Meshing*

No.	Variasi Meshing (mm)	Nodes	Elements	Maksimum Tegangan (Mpa)	Selisih
1	130	29003	6401	35.54	-
2	125	31833	6965	36.91	3.86%
3	120	34074	7516	37.97	2.86%
4	115	36152	8035	37.19	2.05%
5	110	38027	8513	37.43	0.64%
6	105	41710	9234	37.23	0.54%
7	100	43366	9642	38.63	3.75%
8	95	46804	10291	41.19	6.63%
9	90	52005	11601	44.11	7.11%
11	85	50217	9983	47.58	7.85%
12	80	54175	10864	41.24	13.32%
13	75	62407	12390	48.00	16.40%
14	70	69286	13651	41.41	13.72%

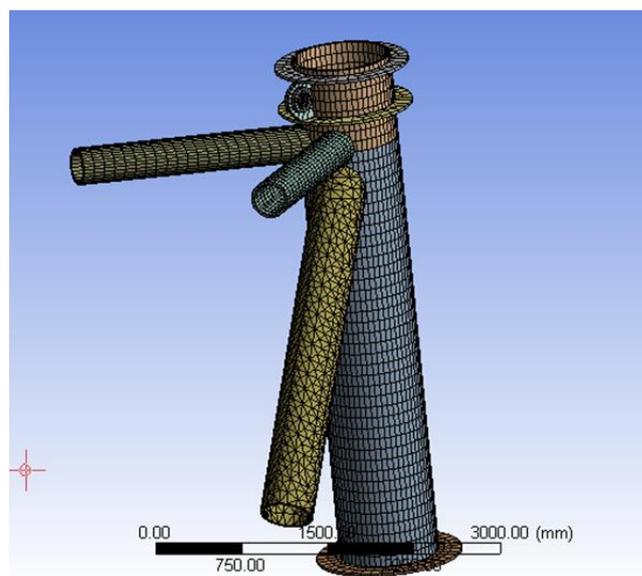
Tabel 4. 38 Analisa *Sensitivity Meshing* Lanjutan

No.	Variasi Meshing (mm)	Nodes	Elements	Maksimum Tegangan (Mpa)	Selisih
15	65	77477	15326	44.41	7.23%
16	60	91413	18051	47.95	7.97%
17	55	106804	21722	42.77	10.80%



Gambar 4. 9 Grafik *Sensitivity Meshing*

Hasil perhitungan diatas menunjukkan bahwa kerapatan 100 mm hingga 125 mm terdapat selisih perbedaan hasil dibawah 5% dan hasil semakin konstan. Sehingga kerapatan *meshing* 105 mm ditetapkan sebagai acuan untuk analisis *padeye*. Gambar 4. 10 berikut merupakan gambar *padeye* dengan kerapatan *meshing* 105 mm:

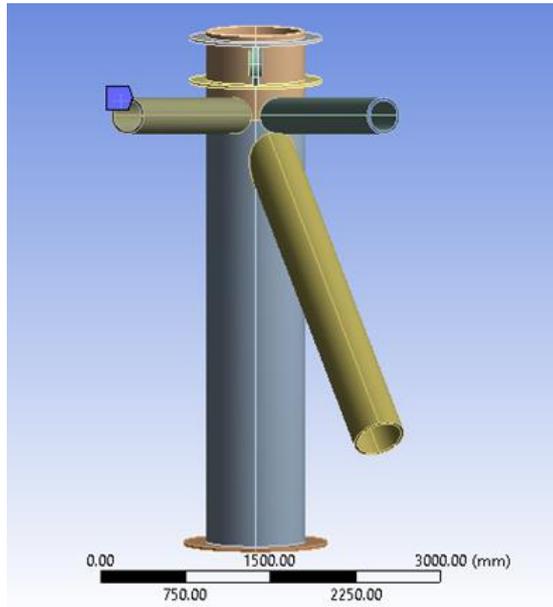


Gambar 4. 10 *Padeye* dengan ukuran *meshing* 105 mm

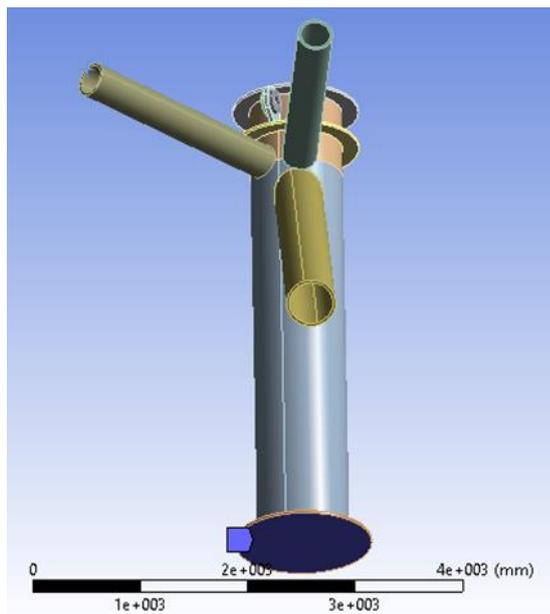
#### 4.2.10.2 Kondisi Batas

Apabila telah melakukan pemodelan dan analisis sensitivity meshing, langkah selanjutnya adalah menentukan Batasan-batasan yang akan diterapkan untuk analisis selanjutnya. Kondisi batas tersebut meliputi pemberian *fixed support* dan memberikan gaya yang bekerja pada *padeye*. *Fixed support* ditempatkan pada bagian bawah *jacket leg* dan sambungan *member frame*. Penempatan *fixed support* ini dikarenakan lokasi tersebut terhubung dengan member lainnya sehingga pada titik tersebut tidak akan bergeser.

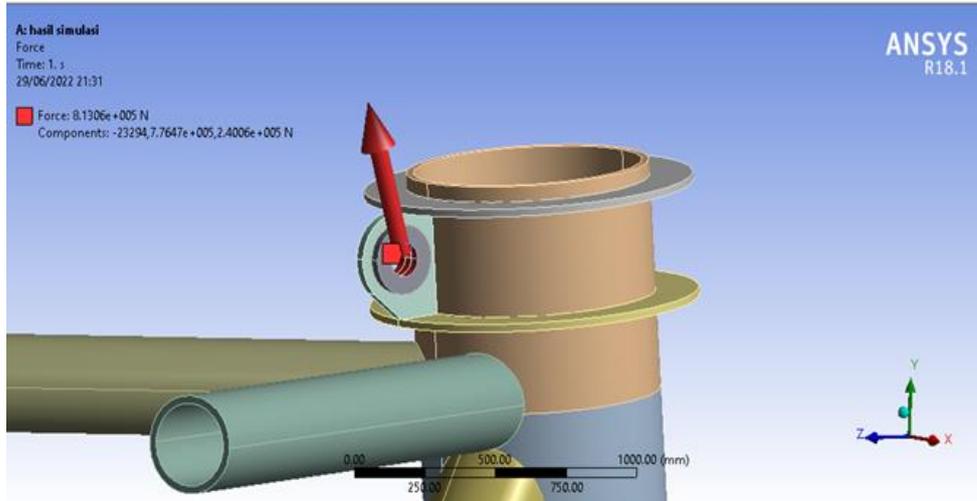
Pemberian gaya yang bekerja pada *padeye* dilakukan dengan menggunakan metode vektor dengan memberikan besaran gaya yang terjadi pada *sling tension*. Besaran *sling tension* pada struktur *jacket* ini sebesar 813061 N atau 813.061 kN. Berikut merupakan gambar dan tabel untuk pemberian *fixed support* dan gaya yang bekerja pada *padeye*.



Gambar 4. 11 *Fixed Support* pada *Tubular Frame*



Gambar 4. 12 *Fixed Support* pada *Jacket Leg*



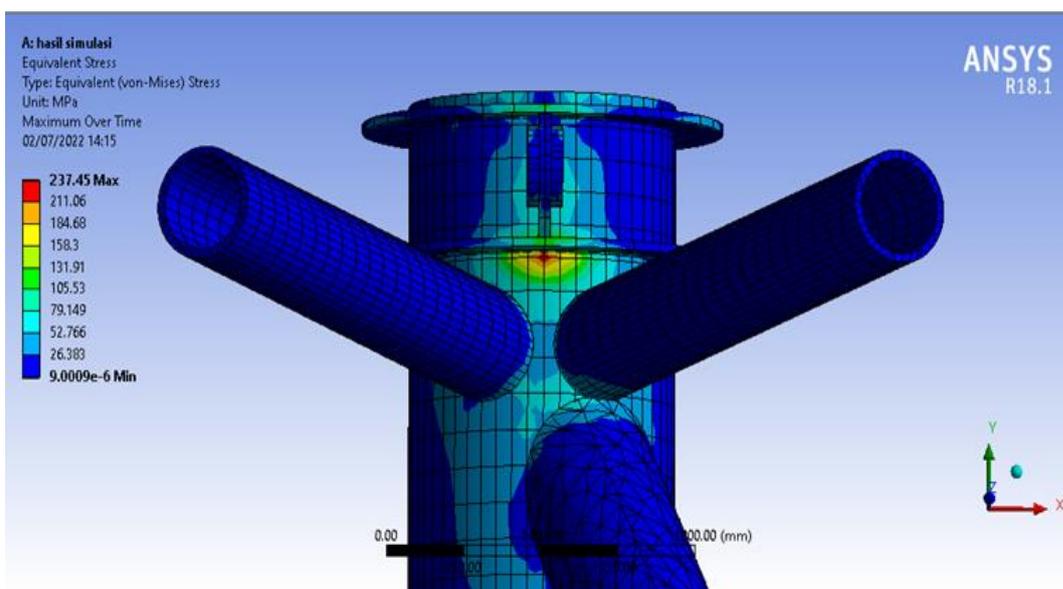
Gambar 4. 13 Gaya yang bekerja pada *Padeye*

Tabel 4. 39 Besaran Gaya yang bekerja pada *Padeye*

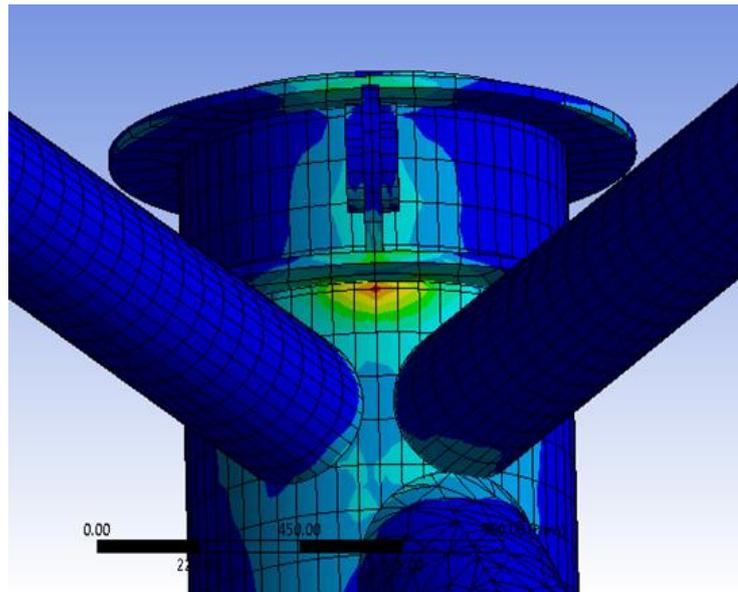
Gaya	Besar Gaya (kN)
Gaya Sling	813.061

#### 4.2.10.3 Hasil Analisis Tegangan *Padeye*

Setelah dilakukan pemodelan, melakukan analisis *sensitivity meshing*, dan menentukan kondisi batas pada struktur *padeye*, langkah selanjutnya adalah melakukan analisis tegangan dengan menggunakan *software ANSYS Workbench*. Analisis tegangan ini adalah analisis tegangan *von mises* yang terjadi pada *padeye* dan sambungan *padeye* dengan *chord* atau *jacket leg*. Hasil analisis tegangan *von mises* pada sambungan *padeye* ditunjukkan pada Gambar dan Tabel dibawah ini:



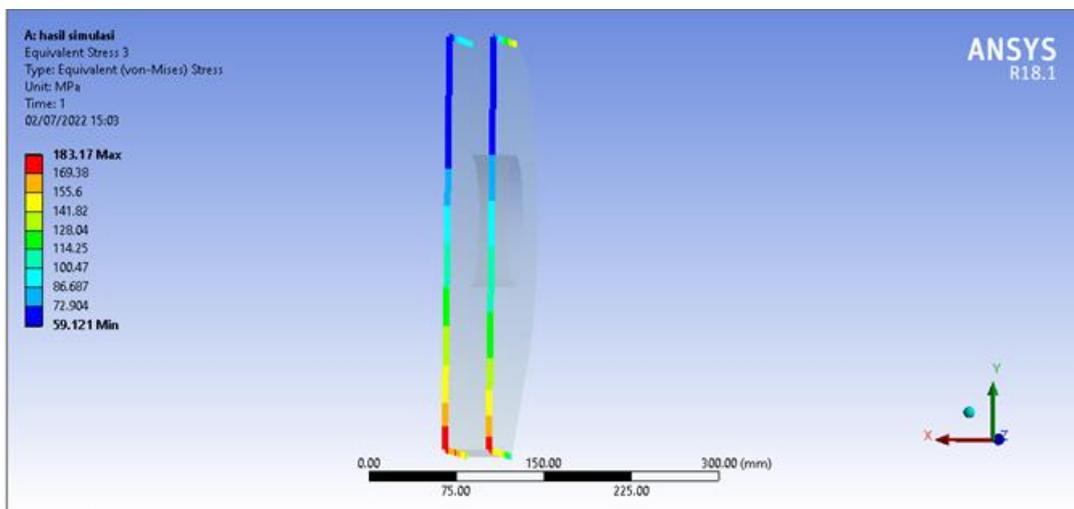
Gambar 4. 14 Hasil Analisis Tegangan pada seluruh Area



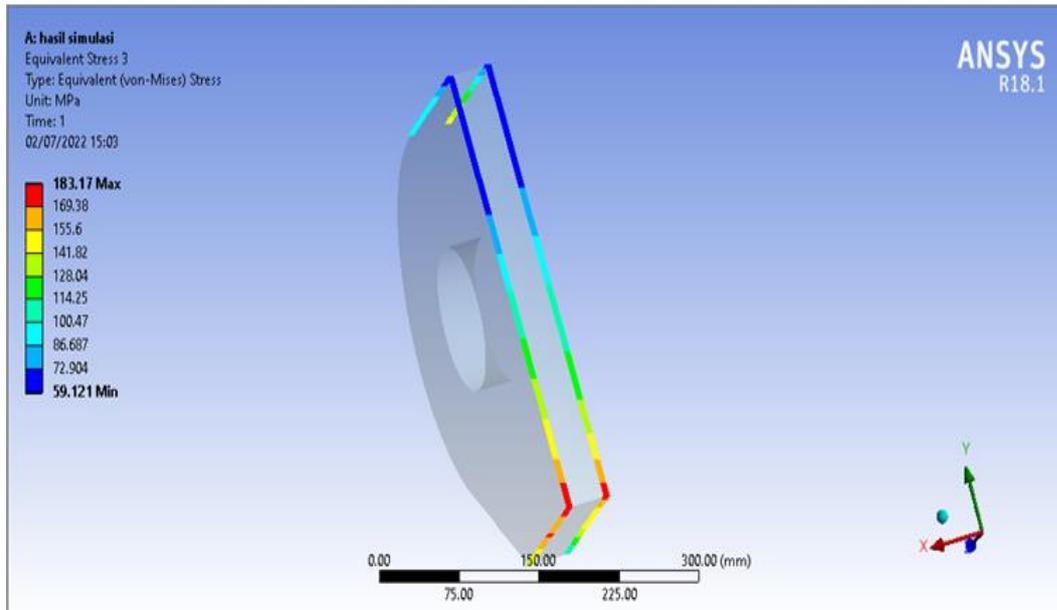
Gambar 4. 15 Bagian Padeye yang memiliki Tegangan Tertinggi

Tabel 4. 40 Hasil Analisis Tegangan pada seluruh Area

No.	Maksimum Tegangan (Mpa)
1	237.45
2	211.06
3	184.68
4	158.3
5	131.91
6	105.53
7	79.149
8	52.766
9	26.383
10	0.0000009



Gambar 4. 16 Hasil Analisis Tegangan pada sambungan *Padeye* dengan *Chord*



Gambar 4. 17 Bagian Sambungan Padeye yang memiliki Tegangan Tertinggi

Tabel 4. 41 Hasil Analisis Tegangan pada Sambungan *Padeye* dengan *Chord*

No.	Maksimum Tegangan (Mpa)
1	183.17
2	169.38
3	155.6
4	141.82
5	128.04
6	114.25
7	100.47
8	86.687
9	72..904
10	59.121

Dari Gambar dan Tabel diatas, didapatkan untuk tegangan terbesar pada seluruh area dan sambungan *padeye* dengan *chord* masing-masing sebesar 237.45 Mpa dan 183.17 Mpa. Tegangan ini ditunjukkan pada Gambar 4. 15 dan Gambar 4. 17 dengan indikator yang berwarna merah. Tegangan izin dari baja ASTM A36 adalah sebesar 250 Mpa, sehingga didapatkan untuk *unity check* dari *padeye* ini sendiri masih dalam batas aman dengan UC pada sambungan 0.94 dan UC pada *padeye* sebesar 0.73.

#### 4.2.10.4 Analisis Tegangan *Padeye* dengan Perhitungan Manual

Analisis tegangan *padeye* menggunakan perhitungan manual juga dilakukan untuk memastikan kembali bahwa struktur *padeye* tidak mengalami kegagalan saat melakukan proses *lifting*. Perhitungan ini juga dilakukan untuk melakukan perbandingan dengan hasil analisis tegangan *von mises* yang didapatkan dari *software ANSYS Workbench*. Pada perhitungan manual ini dilakukan untuk struktur *padeye* pada bagian sambungan antara *padeye* dengan *chord*. Berikut merupakan persamaan yang digunakan dalam melakukan perhitungan tegangan *von mises*:

$$\sigma_{VM} = \sqrt{\frac{(\sigma_{XX} - \sigma_{YY})^2 + (\sigma_{YY} - \sigma_{ZZ})^2 + (\sigma_{ZZ} - \sigma_{XX})^2 + 6(\tau_{XY} + \tau_{YZ} + \tau_{XZ})}{2}}$$

(Sumber : *Fracture of Mechanics by E.E. Gduotos*)

Keterangan :

$\sigma_{VM}$  = Tegangan *Von Mises* (MPa)

$\sigma$  = Tegangan Normal atau *Tensile Stress* (MPa)

$\tau$  = Tegangan Geser atau *Shear Stress* (MPa)

Dari persamaan di atas, didapatkan hasil perhitungan beserta perbandingan antara perhitungan manual dengan hasil yang didapatkan dari *software* ANSYS pada bagian sambungan antara struktur *padeye* dengan *chord*, yang ditunjukkan pada Tabel 4. 42 berikut :

Tabel 4. 42 Perbandingan Hasil Perhitungan *Software* ANSYS dan Hasil Perhitungan Manual

Keterangan	Nilai Tegangan (Mpa)
Tegangan Von Mises pada ANSYS	237.45
Tegangan Von Mises pada Perhitungan Manual	236.21
Error (%)	0.52%

Dari hasil diatas didapatkan bahwa perbandingan hasil perhitungan manual dan *software* ANSYS *Workbench* terdapat *error* sebesar 0.52%. hasil tersebut menunjukkan bahwa *error* antara perhitungan manual dengan perhitungan *software* masih berada dibawah 5%. Sehingga hasil tersebut masih dapat dikatakan sudah sesuai dengan kondisi yang ada.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, berikut merupakan kesimpulan dari tugas akhir ini:

1. Hasil dari tegangan *slings* yang telah dilakukan dengan perhitungan manual dan perhitungan numerik dengan bantuan *software* SACS dari ketiga titik *lifting point* secara berturut-turut adalah pada *lifting point* 1 tegangan yang dihasilkan sebesar 55.995 MT dan 55.092 MT, kemudian pada *lifting point* 2 tegangan yang dihasilkan sebesar 58.708 MT dan 58.723 MT, dan pada *lifting point* 3 tegangan yang dihasilkan sebesar 81.211 MT dan 81.274 MT. Dimana dari ketiga *lifting point* tersebut perbedaan hasil perhitungan secara manual dan numerik sebesar kurang dari 1% yang artinya masih dalam batas toleransi keakuratan perhitungan.
2. Variasi keausan yang telah dilakukan didapatkan hasil pada *Outside Diameter* 2.75 (78% keausan yang terjadi pada *slings*) yang diberikan faktor pemakaian 1.1 dan 1.2 menunjukkan bahwa *slings* telah melewati batas maksimum MBL (*Minimum Breaking Load*) nya. Sehingga *slings* dengan *outside diameter* 2.75 tidak bisa lagi digunakan dalam proses *lifting jacket structure* ini.
3. Analisis lokal *padeye* yang dilakukan dengan bantuan *software* ANSYS *Workbench* untuk mencari tegangan *von mises* pada *padeye*. Dimana analisis *padeye* yang dilakukan terletak pada *lifting point* 3. Hasil dari analisis tersebut didapatkan tegangan yang terjadi pada seluruh area sebesar 237.45 Mpa dengan *Unity Check* sebesar 0.94. Tegangan *von mises* yang terjadi pada sambungan antara *padeye* dengan *chord* yaitu sebesar 183.17 Mpa dengan *Unity Check* sebesar 0.73.

#### 5.2 Saran

1. Untuk penelitian lebih lanjut dapat dilakukan pemberian variasi konfigurasi *rigging* seperti penambahan *spreader bar*.
2. Untuk penelitian lebih lanjut, perlu menyesuaikan peletakan *stiffener* dengan *design padeye* dan perhitungan dari dimensi *padeye* agar hasil dari tegangan yang dihasilkan tidak terlalu besar.
3. Untuk penelitian lebih lanjut, dapat melakukan analisis kekuatan *trunnion* sebagai pengganti *padeye*.
4. Untuk penelitian lebih lanjut, variasi keausan pada *slings* dapat menggunakan data keausan dari perusahaan dan bisa dilakukan perbandingan perhitungan dengan menggunakan metode analitik dan metode numerik dengan bantuan *software* SACS.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR PUSTAKA

- AISC ASD (American Institute of Steel Construction, Inc). (1989). *Manual of Steel Construction Allowable Stress Design 9<sup>th</sup> Edition*.
- API RP 2A WSD. (2005). *Recommended Practice for Planning, Designing and Constructing Fixed Offshore Platforms – Working Stress Design*. Washington DC: American Petroleum Institute.
- API RP 2A-WSD 21st Ed. (2007). *Recommended Practice for Planning , Designing and Constructing Fixed Offshore Platforms — Working Stress Design. Api Recommended Practice*. 24-WSD(December 2000):242.
- Chakrabarti, S.K (2005). *Handbook of Offshore Engineering Volume I, 1<sup>st</sup> ed*. United Kingdom: Elsevier
- Det Norske Veritas. (2012). *Marine Operations, Design and Fabrication. Offshore Standard DNV-OS-H102*. January(January).
- DNV-OS-H205, (2014). *Lifting Operations ( VMO Standard - Part 2-5 )*. Norway: Det Norske Veritas
- El-Reedy, M.A. 201. (2015). *Marine Structural Design Calculations*. Chennai : MPS Limited
- Gayuh, I. (2016). *Analisis Keandalan Struktur Padeye Berdasarkan Konfigurasi Rigging Pada Lifting Upper Deck Modul Modec Dengan Pendekatan Dinamik*. Surabaya: Tugas Akhir FTK-ITS
- GL Noble Denton. (2015). *Guidelines for Marine Lifting & Lowering Operations* , Noble Denton Group Limited
- Hilal, A.R. (2020). *Studi Analisis Desain Trunnion Untuk Proses Lifting Jacket Pada Saat Proses Fabrikasi Tahap Roll Up*. Surabaya: Tugas Akhir FTK-ITS
- Kg, S.K., Zayadi, A. & Hp, C. (2016). *Analisis Kekuatan Tali Baja Pada Lift Schindler Kapasitas 1600 Kg. Jurnal Teknologi Kedirgantaraan*. 5(1):88–95.
- Liang, L. (2004). *Heavy Lift Installation Study of Offshore Structures*, Singapore: Thesis of Department of Civil Engineering, Notional University of Singapore
- Popov. E.P. (1996). *Mechanics of Materials*: Berkeley: University of California
- Soelarso. (2015). *Analisa Struktur Ula Well Platform Tahap Lifting dengan Menggunakan Software SACS 5.2 (Studi Kasus Proyek PT.Bakrie Construction)*. Jurnal Fondasi. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
- Yansah, A.R. (2016). *Analisis Konfigurasi Rigging Dan Padeye Pada Saat Proses Installation Deck Structure ULA Platform Dengan Cara Lifting*. Surabaya: Tugas Akhir FTK-ITS
- Zwerneman, F.J. & Digre, K.A. (2010). 22nd edition of API RP 2A *recommended practice for planning, designing and constructing fixed offshore platforms - Working stress design. Proceedings of the Annual Offshore Technology Conference*. 3(December 2002):2364–2372.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **DAFTAR LAMPIRAN**

**LAMPIRAN A**  
**RIGGING CALCULATION**

## KONFIGURASI LIFTING POINT

<b>COG STRUKTUR</b>		
<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>
1.34	-21.25	-25.49

## JOINT REACTION DI SETIAP LIFTING POINT

<b>Lifting Point</b>	<b>Joint</b>	<b>Reaction</b>
		<b>(ton)</b>
LP1	0000-0004	64.193
LP2	0000-0005	46.9795
LP3	0000-0006	77.6465

## Nilai Minimum Breaking Load (MBL) Sling

<b>Sling Diameter</b>	<b>MBL</b>	
	<b>(kN)</b>	<b>(ton)</b>
<b>2.75</b>	<b>3530</b>	<b>360</b>
<b>3.25</b>	<b>4830</b>	<b>493</b>
<b>3.375</b>	<b>5190</b>	<b>529</b>
<b>3.5</b>	<b>6590</b>	<b>672</b>
<b>4</b>	<b>7060</b>	<b>720</b>

## Joint Reaction

<b>Lifting Point</b>	<b>Joint</b>	<b>Reaction</b>
		<b>ton</b>
LP1	0000-0004	64.193
LP2	0000-0005	46.9765
LP3	0000-0006	77.6465

Lifting Point	Joint	Sudut	Panjang Sling		Tinggi Hook Point
			(m)	(ft)	(m)
LP 1	0004-0000	69.78	14.16	46.45	17.00
LP 2	0005-0000	65.45	13.97	45.83	
LP 3	0006-0000	72.82	13.70	44.95	

Nomor Sling	OD	Load	Safety Factor	MBL	MBL Sling		Safety Factor	Validation
	in	MT		MT	ST	MT		
SLG 1	3.5	51.63 7	3.93	202.935	671.993	609.622	11.81	OK!
SLG 2	3.5	53.43 4	3.93	209.996	609.622	609.622	11.41	OK!
SLG 3	3.5	77.63 5	3.93	305.107	609.622	609.622	7.85	OK!

Shackle Capacity Check						
Rigging	Load	SWL	Pin Diameter	Inside Jaw Width	Inside Anchor Length	Validation
			mm	mm	mm	
SL 1	51.6375	150	106.68	165.1	400.05	OK!
SL 2	53.4342	150	106.68	165.1	400.05	OK!
SL 3	77.6354	150	106.68	165.1	400.05	OK!

**LAMPIRAN B**  
**PERHITUNGAN VARIASI SLING**

## FAKTOR KEAUSAN

NOMINAL FAKTOR	PENJELASAN
1	Jika dilakukan perawatan dengan baik
1.1	Jika tanpa perawatan
1.2	Jika digunakan secara berulang

## PERHITUNGAN VARIASI KEAUSAN

### A. OUTSIDE DIAMETER SLING 3.75

#### FAKTOR KEAUSAN 1

Nomor Sling	OD	Load	Safety Factor	MBL	MBL Sling		Safety Factor	Validation
	in	MT		MT	ST	MT		
SLG 1	3.375	51.637	3.93	202.897	529.233	480.112	9.30	OK!
SLG 2	3.375	53.434	3.93	209.956	529.233	480.112	8.99	OK!
SLG 3	3.375	77.635	3.93	305.049	529.233	480.112	6.18	OK!

#### FAKTOR KEAUSAN 1.1

Nomor Sling	OD	Load	Safety Factor	MBL	MBL Sling		Safety Factor	Validation
	in	MT		MT	ST	MT		
SLG 1	3.375	51.637	4.32	223.186	529.233	480.112	9.30	OK!
SLG 2	3.375	53.434	4.32	230.952	529.233	480.112	8.99	OK!
SLG 3	3.375	77.635	4.32	335.554	529.233	480.112	6.18	OK!

#### FAKTOR KEAUSAN 1.2

Nomor Sling	OD	Load	Safety Factor	MBL	MBL Sling		Safety Factor	Validation
	in	MT		MT	ST	MT		
SLG 1	3.375	51.637	4.72	243.476	529.233	480.112	9.30	OK!
SLG 2	3.375	53.434	4.72	251.948	529.233	480.112	8.99	OK!
SLG 3	3.375	77.635	4.72	366.059	529.233	480.112	6.18	OK!

## B. OUTSIDE DIAMETER SLING 3.25

### FAKTOR KEAUSAN 1

Nomor Sling	OD	Load	Safety Factor	MBL	MBL Sling		Safety Factor	Validation
	in	MT		MT	ST	MT		
SLG 1	3.25	51.637	3.93	202.897	492.523	446.809	8.65	OK!
SLG 2	3.25	53.434	3.93	209.956	492.523	446.809	8.36	OK!
SLG 3	3.25	77.635	3.93	305.049	492.523	446.809	5.76	OK!

### FAKTOR KEAUSAN 1.1

Nomor Sling	OD	Load	Safety Factor	MBL	MBL Sling		Safety Factor	Validation
	in	MT		MT	ST	MT		
SLG 1	3.25	51.637	4.32	223.186	492.523	446.809	8.65	OK!
SLG 2	3.25	53.434	4.32	230.952	492.523	446.809	8.36	OK!
SLG 3	3.25	77.635	4.32	335.554	492.523	446.809	5.76	OK!

### FAKTOR KEAUSAN 1.2

Nomor Sling	OD	Load	Safety Factor	MBL	MBL Sling		Safety Factor	Validation
	in	MT		MT	ST	MT		
SLG 1	3.25	51.637	4.72	243.476	492.523	446.809	8.65	OK!
SLG 2	3.25	53.434	4.72	251.948	492.523	446.809	8.36	OK!
SLG 3	3.25	77.635	4.72	366.059	492.523	446.809	5.76	OK!

### C. OUTSIDE DIAMETER SLING 2.75

#### FAKTOR KEAUSAN 1

Nomor Sling	OD	Load	Safety Factor	MBL	MBL Sling		Safety Factor	Validation
	in	MT		MT	ST	MT		
SLG 1	2.75	51.637	3.93	202.897	359.960	326.550	6.32	OK!
SLG 2	2.75	53.434	3.93	209.956	359.960	326.550	6.11	OK!
SLG 3	2.75	77.635	3.93	305.049	359.960	326.550	4.21	OK!

#### FAKTOR KEAUSAN 1.1

Nomor Sling	OD	Load	Safety Factor	MBL	MBL Sling		Safety Factor	Validation
	in	MT		MT	ST	MT		
SLG 1	2.75	51.637	4.32	223.186	359.960	326.550	6.32	OK!
SLG 2	2.75	53.434	4.32	230.952	359.960	326.550	6.11	OK!
SLG 3	2.75	77.635	4.32	335.554	359.960	326.550	4.21	NOT OK!

#### FAKTOR KEAUSAN 1.2

Nomor Sling	OD	Load	Safety Factor	MBL	MBL Sling		Safety Factor	Validation
	in	MT		MT	ST	MT		
SLG 1	2.75	51.637	4.72	243.476	359.960	326.550	6.32	OK!
SLG 2	2.75	53.434	4.72	251.948	359.960	326.550	6.11	OK!
SLG 3	2.75	77.635	4.72	366.059	359.960	326.550	4.21	NOT OK!

**LAMPIRAN C**  
**PADEYE STRESS CHECK**

## PERHITUNGAN STATIS PADEYE

1. Diameter hole Padeye (Dh)		
Diameter hole padeye(Dh) harus lebih besar dari Diameter pin shackle (Dpin) min. 6%		
Dpin	107	mm
Dh	110	mm
<b>Dpin</b>	<b>Dh</b>	<b>Presentase</b>
107	107	100%
107	108	99%
107	109	98%
107	110	97%
107	111	96%
107	112	96%

2. Ketebalan Padeye (t)		
Ketebalan dari padeye(t) harus lebih besar min. 25 % dari width inside shackle (e)		
e	169	mm
t	144	mm
<b>e</b>	<b>t</b>	<b>Presentase</b>
169	169	100%
169	163	96%
169	156	92%
169	150	89%
169	144	85%
169	138	82%
169	132	78%

<b>3. Radius Main Plate (Rpl)</b>						
Radius Main Plate (Rpl) harus lebih besar 1.25 dari Diameter Hole Padeye (Dh)						
$Rpl > 1.25 Dh$						
Rpl < length inside shackle (f) - Diameter sling (Dsl)						
f		=	401.32	mm		
Dsl		=	3.5	in	88.9	mm
1.25 Dh		=	137.5	mm		
f - Dsl		=	312.42			
$1.25 Dh < Rpl < f-Dsl$		=	$137.5 < Rpl < 312.42$			
			$137.5 < 230 < 312.42$			
	Rpl	=	230	mm		
<b>4. Radius Cheek Plate (Rch)</b>						
Radius Cheek Plate (Rch) harus lebih besar dari Diameter Hole Padeye (Dh)						
$Rch > Dh$						
Rpl < Rpl - Weld Cheek						
Weld Cheek		=	15	mm		
Rpl - Weld Cheek		=	215	mm		
$Dh < Rch < Rpl - Weld Cheek$		=	$98 < Rch < 215$			
		=	$98 < 150 < 215$			
	Rch	=	150	mm		

5. Dimensi Padeye						
Length	=	887.5	mm	Radius deck leg	431.8	mm
Ht	=	480	mm	Chord Length	10650	mm
Hh	=	250	mm			
Lh	=	230	mm			
Stiffner (Ring Plate)						
Length	=	550	mm			
Thick	=	25	mm			
OD	=	1314	mm			
ID	=	916	mm			
Padeye Geometry						
Main Plate						
Thickness (Tpl)	=	50	mm			
Radius (Rpl)	=	230	mm			
Cheek Plate						
Thickness (Tch)	=	35	mm			
Radius (Rch)	=	150	mm			
Pin Hole (Dh)	=	110	mm			

Parameter	Simbol	Nilai
		mm
Pinhole Diameter	Dh	110
Main Plate Thickness	Tpl	50
Main Plate Radius	Rpl	230
Cheek Plate Thickness	Tch	35
Cheek Plate Diameter	Rch	150
Padeye Total Height	Ht	480
Length of Base Plate	L	887.5

6. Check Pin Hole diameter					
Perbedaan diameter pin shackle (Dpin) dengan Diameter pin hole padeye(Dh) tidak lebih dari 6%					
	Dh	=	110	mm	
	Dpin	=	107	mm	
	Dh-Dpin/Dh	=	3%	OK!	

7. Check Thickness Plate Padeye					
Thickness plate(t) pada hole tidak boleh kurang dari 75% width inside Shackle ( e )					
	t	=	144	mm	
	e	=	169	mm	
	t/e x 100%	=	85%	OK!	

8. Check Plate Radius					
		Minimum Radius			
		1.25 Dh < Rpl < f-Dsl			
	1,25 Dh	=	137.5		
	f - Dsl	=	312.42		
	Rpl	=	230	OK!	

9. Shackle Length Inside Clearance					
	Diameter Sling (Dsl)	=	88.9		
	Length Inside Padeye (f)	=	401.32		
	Radius Plate Padeye (Rpl)	=	230		
	f - Dsl - Rpl	=	82.42		

#### STRESS CHECK (Attachments)

Material Padeye	=	ASTM A36							
Yield strength ( $\sigma_y$ )	=	36	ksi	=	248.21	mpa	=	36000	psi
Ultimate strength ( $\sigma_u$ )	=	58	ksi	=	399.89	mpa	=	58000	psi

#### Check Attachments of Padeye

Section Properties			
B	=	1314	mm
H	=	887.5	mm
h	=	550	mm
s	=	25	mm
t <sub>pl</sub>	=	50	mm

Luas Built-up section										
A										
(HxB)-(hx(B-tpl))	=	470975	mm <sup>2</sup>	=	755.47	in <sup>2</sup>	730.01271			
Section modulus of lugs										
Zyy	=	14397020.19	mm <sup>3</sup>	=	878.56	in <sup>3</sup>				
Zxx	=	133004136.6	mm <sup>3</sup>	=	8448.49	in <sup>3</sup>				
Force										
W tiap lift. Point	=	77.65	ton	=	77646.5	kg	=	776465	N	
SF	=	2.1938								
Sudut lifting	=	72.82	deg							
Max vertical force, Fv	=	77.6465	ton	=	77646.5	kg	=	776465	N	
Max lateral force, Fl	=	2.329395	ton	=	2329.395	kg	=	23293.95	N	
Max horizontal force, Fh	=	24.006	ton	=	24005.91	kg	=	240059.1	N	
Fsl	=	81.306	ton	=	81306.14	kg	=	813061.4	N	813.0614 kN
Height of Centreline Hole, Hh	=	250				mm	=	9.75	in	
Mxx = Fh * Hh	=	60014772.84				N.mm				
Myy = Fl * Hh	=	5823487.5				N.mm				
Check Shear Stress (AISC Code 9th)										
Allowable Stress										
Ssh = 0.4σy	=	99.284	Mpa							
In-Plane										
Fsy = Fh/A	=	0.510	Mpa							
UC = Fsy/Ssh	=	0.0051	OK!							
Out-Plane										
Fsx = Fl/A	=	0.049	Mpa							
UC = Fsx/Ssh	=	0.0005	OK!							
Check Tensile Stress										
Allowable Stress										
St = 0.6σy	=	148.93	Mpa							
Ft = Fv/A	=	1.65	Mpa							
UC = Ft/St	=	0.0111	OK!							
Check Bending Stress										
Allowable Stress										
Sba = 0.66σy	=	163.82	Mpa							
Out-Plane										
Fby = Myy/Zyy	=	0.404	Mpa	In-Plane						
UC = Fby/Sba	=	0.002	OK!	Fbx = Mxx/Zxx	=	0.451	Mpa			
				UC = Fbx/Sba	=	0.003	OK!			
Combined Stress										

$F_y = (F_t/St) + (F_{bx}/S_{ba}) + (F_{by}/S_{ba})$			
$F_y$	=	0.016	Mpa
Check Total Stress = $F_y \leq 1$	=	0.016	OK!

Check Near Hole Padeye

Check Tension Stress			
Allowable Stress			
$St = 0.45\sigma_y$	=	111.69	Mpa
$At = (2xR_{pl}-D_h)xtp_l + (2xR_{ch}-D_h)x2t_{ch}$			
$At =$	30800	mm <sup>2</sup>	
$F_{tv} = F_v/At$	=	25.21	Mpa
$UC = F_{tv}/St$	=	0.23	OK!
$A_{th} = (H_t-D_h)x tp_l + 2(2R_{ch}-D_h)x t_{ch}$			
$A_{th} =$	31800	mm <sup>2</sup>	
$F_{th} = F_h/A_{th}$	=	7.55	Mpa
$UC = F_{th}/St$	=	0.07	OK!
Check Shear Stress			
$S_{sh} = 0.4\sigma_y$	=	99.284	Mpa
$A_s = (2xR_{pl}-D_h)xtp_l + (2xR_{ch}-D_h)x2t_{ch}$			
$A_s =$	30800	mm <sup>2</sup>	
$F_{sy} = F_h/A_s$	=	7.79	Mpa
$UC = F_{sy}/S_{sh}$	=	0.08	OK!
$F_{sx} = F_l/A_s$	=	0.76	Mpa
$UC = F_{sx}/S_{sh}$	=	0.0076	OK!

Check Tear Out Stress			
Allowable Stress			
$Str = 0.3\sigma_y$	=	74.463	Mpa
$A_{tr} = (2xR_{pl}-D_h)xtp_l + (2xR_{ch}-D_h)x2t_{ch}$			
$A_{tr} =$	30800	mm <sup>2</sup>	
$F_{tr} = F_{sl}/A_{tr}$	=	26.40	Mpa
$UC = F_{tr}/Str$	=	0.35	OK!
Check Bearing Stress			
Allowable Stress			
$S_{br} = 0.9\sigma_y$	=	223.389	Mpa
$A_{br} = D_{pin}(T_{pl}+2T_{ch})$			
$A_{br} =$	12801.6	mm <sup>2</sup>	
$F_{br} = F_{sl}/A_{br}$	=	63.51248433	Mpa
$UC = F_{br}/S_{br}$	=	0.28	OK!

## UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam proses pengerjaan dan penulisan laporan untuk Tugas Akhir ini penulis juga tidak lupa menyampaikan rasa terimakasih yang begitu mendalam kepada pihak-pihak yang telah mendukung dan membantu penulis, baik secara langsung maupun tidak langsung, khususnya kepada:

1. Allah SWT atas segala nikmat, rahmat dan karunia-Nya sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.
2. Nabi Muhammad SAW yang telah menjadi panutan penulis dalam hal kesabaran dalam menghadapi segala kesulitan dan masalah.
3. Orang tua penulis yang selalu memberikan semangat, motivasi, kasih sayang, dan senantiasa memberikan doa serta dukungan kepada penulis.
4. Bapak Yoyok Setyo Hadiwidodo, S.T., M.T., Ph.D selaku Dosen Wali penulis dan Dosen Pembimbing Pertama penulis yang selalu membimbing penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Bapak Ir. Handayanu, M.Sc., Ph.D selaku Dosen Pembimbing Kedua penulis yang selalu membimbing penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Bapak-Bapak Dosen Penguji yang telah memberikan masukan dan saran yang membangun bagi penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
7. Seluruh Dosen dan Karyawan Departemen Teknik Kelautan FTK-ITS yang telah memberikan ilmu, bantuan dan fasilitas kepada penulis selama masa perkuliahan.
8. Pak Dede selaku Supervisor Divisi Structure Engineer, Pak Sukar selaku HRD, Mas Fauzan, Mas Fikri, Mas Gilrandi, Mas Rum, Mas Annas, Mas Yoga, Mas Fadel, Mbak Irma dan seluruh Bapak Ibu Karyawan PT.ZEE Indonesia yang telah membimbing dengan sabar kepada penulis ketika menimba ilmu di PT.ZEE Indonesia.
9. Difa Ardhy Dwi Septiano selaku adik penulis yang selalu memberikan dukungan dan semangat kepada penulis.
10. Mama dan Papa Vannia yang senantiasa membantu penulis selama penulis menempuh Pendidikan di Surabaya.
11. Febriyana Maria Ulfa, Fatin Sofi Maulida, Ulfa Nur Sa'adah, Elsa Salsabila, Adelia Sarimukti, Novia Iga Mawarni dan Irfanda Wira Arnawama sebagai sahabat penulis yang senantiasa memberikan dukungan dan semangat serta sebagai pendengar dalam keluh kesah penulis.
12. Vannia Mahestri Eko Putri, Dewinta Putri Cahyaningtyas, Ranindya Sekarayu, Dwi Rizkha, Umar Sahel, Hafizh Naufal, Abdullah Ibrahim, Kevinez, Panji, Abim, Gilang, Nusa, Leni, Bella, Hadi, Dony, Hakim, Mas Izzudin (Teknik Kelautan 2017), Mas Fahmi (Teknik Kelautan 2017), Mas Arjun (Teknik Kelautan 2017) yang menjadi sahabat dan teman yang telah membantu serta mendukung penulis terutama dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
13. Aprilia Fira, Fadya, Maidatul, Leila, Lusi, Nindy, Nazeen, sebagai teman penulis yang senantiasa membantu dan mendukung penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
14. Teman-teman Revastra L-36 P-58 Teknik Kelautan 2018 atas kebersamaan, dukungan, kebahagiaan, dan bantuan kepada penulis selama masa perkuliahan hingga Tugas Akhir ini selesai.
15. Seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah mendukung serta membantu penulis selama masa perkuliahan.

## BIODATA PENULIS



Della Agustin dilahirkan di Tulungagung, 18 Agustus 1999. Lahir dari Orang tua bernama Basar dan Lilik Sriwati dan merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal dimulai dari SDN 2 Wates Campurdarat, melanjutkan ke SMPN 3 Tulungagung dan SMAN 1 Kauman Tulungagung hingga melanjutkan Studi Strata 1 di Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN).

Selama menempuh perkuliahan, penulis aktif dalam berbagai kegiatan akademik maupun non-akademik baik di dalam lingkup kampus maupun diluar kampus. Semasa perkuliahan, penulis bergabung di beberapa organisasi dimulai dari menjadi Staff Acara PIRES 2019, Staff Acara

Diesnatalis ITS 58, Sekretaris Bendahara KPU Himatekla FTK ITS 2019, Sekretaris Bendahara Departemen Kesejahteraan Mahasiswa Himpunan Mahasiswa Teknik Kelautan 2020, Staff Ahli Secretary OCEANO 2020, Bendahara Umum Himatekla periode 2021, Staff Fundraising Society of Renewable Energy ITS 2021, Wakil Eksternal Formasta Surabaya 2021 dan Staff Ahli Syiar LDJ Bahrul 'Ilmi. Penulis juga mengikuti berbagai pelatihan ketrampilan manajemen mahasiswa, dimulai dari LKMM Pra-TD FTK ITS 2018, LKMW TD 2018, dan LKMM TD FTK ITS 2018. Penulis juga sempat menjadi Pembicara Kewirausahaan Gerigi 2019. Dalam bidang akademik penulis aktif dalam bidang keilmiah. Hal tersebut dibuktikan dengan penulis mendapatkan pendanaan PKM-M dalam ajang PIMNAS 32 tahun 2019. Penulis juga melakukan kerja praktik di PT. ZEE Indonesia yang bertempat di BSD Tangerang Selatan selama dua bulan dan Internship pada perusahaan yang sama selama delapan bulan. Dan selanjutnya penulis menyelesaikan Tugas Akhir ini dalam dua semester sebagai syarat kelulusan Pendidikan Strata 1.

Kontak Penulis:

E-mail : [della18agustin@gmail.com](mailto:della18agustin@gmail.com)

Ditetapkan di Surabaya

REKTOR INSTITUT TEKNOLOGI

SEPULUH NOPEMBER,

MOCHAMAD ASHARI