

**TUGAS AKHIR - MO184804**

**ANALISIS KEKUATAN STRUKTUR *CRANE HOOK* DENGAN  
VARIASI PENAMPANG BERDASARKAN KONFIGURASI *RIGGING*  
PADA PROSES *LIFTING UPPER DECK* TAHAP *STACKING***

**RADIKTYA GILANG PERMANA**  
NRP 04311840000134

Dosen Pembimbing  
Yoyok Setyo Hadiwidodo, S.T., M.T., Ph.D  
NIP 196307281988031001  
Ir. Handayanu, M.Sc., Ph.D  
NIP 196307281988031001

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

**TUGAS AKHIR - MO184804**

**ANALISIS KEKUATAN STRUKTUR *CRANE HOOK* DENGAN  
VARIASI PENAMPANG BERDASARKAN KONFIGURASI *RIGGING*  
PADA PROSES *LIFTING UPPER DECK* TAHAP *STACKING***

**RADIKTYA GILANG PERMANA**  
NRP 04311840000134

Dosen Pembimbing  
**Yoyok Setyo Hadiwidodo, S.T., M.T., Ph.D**  
NIP 196307281988031001  
**Ir. Handayanu, M.Sc., Ph.D**  
NIP 196307281988031001

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

**FINAL PROJECT - M0184804**

**STRENGTH ANALYSIS OF CRANE HOOK STRUCTURE  
WITH CROSS SECTION VARIATION BASED ON RIGGING  
CONFIGURATION OF THE UPPER DECK LIFTING PROCESS  
ON STACKING PHASE**

**RADIKTYA GILANG PERMANA**  
NRP 043118400001314

Advisor

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

NIP 196307281988031001

**Ir. Handayanu, M.Sc., Ph.D**

NIP 196307281988031001

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



# LEMBAR PENGESAHAN

## ANALISIS KEKUATAN STRUKTUR *CRANE HOOK* DENGAN VARIASI PENAMPANG BERDASARKAN KONFIGURASI *RIGGING* PADA PROSES *LIFTING UPPER DECK* TAHAP *STACKING*

### 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 : **RADIKTYA GILANG PERMANA**

NRP. 04311840000134

Disetujui oleh Tim Penguji Proposal Tugas Akhir:

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

SURABAYA

JULI, 2022



**APPROVAL SHEET**

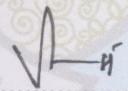
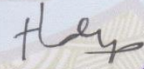


**STRENGTH ANALYSIS OF CRANE HOOK STRUCTURE WITH  
CROSS SECTION VARIATION BASED ON RIGGING  
CONFIGURATION ON THE LIFTING PROCESS OF UPPER DECK ON  
STACKING PHASE**

**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: **RADIKTYA GILANG PERMANA**  
NRP. 04311840000134

Approved by Final Project Examiner Team:

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



**SURABAYA**

**JULY, 2022**

## PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama mahasiswa / NRP : Radiktya Gilang Permana / 04311840000134

Departemen : Teknik Kelautan

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

196307281988031001

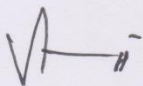
dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul "Analisis Kekuatan Struktur *Crane Hook* dengan Variasi Penampang Berdasarkan Konfigurasi *Rigging* Pada Proses *Lifting Upper Deck Tahap Stacking*" adalah hasil karya sendiri, bersifat orisinal, dan ditulis dengan mengikuti kaidah penulisan ilmiah.

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, 15 Juli 2022

Mengetahui

Dosen Pembimbing



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

NIP. 196307281988031001

Mahasiswa,



(Radiktya Gilang Permana)

NRP. 04311840000134

## STATEMENT OF ORIGINALITY

The undersigned below:

Name of student / NRP : Radiktya Gilang Permana  
Department : Ocean Engineering  
Advisor / NIP : Yoyok Setyo Hadiwidodo, S.T., M.T., Ph.D /  
196307281988031001

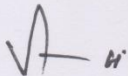
Hereby declare that the Final Project with the title of "Strength Analysis of Crane Hook Structure with Cross Section Variation Based on Rigging Configuration of the Upper Deck Lifting Process on Stacking Phase" is the result of my own work, is original, and is written by following the rules of scientific 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, 15 July 2022

Acknowledged

Advisor



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

NIP. 196307281988031001

Student,



(Radiktya Gilang Permana)

NRP. 04311840000134



**ANALISIS KEKUATAN STRUKTUR *CRANE HOOK* DENGAN  
VARIASI PENAMPANG BERDASARKAN KONFIGURASI *RIGGING*  
PADA PROSES *LIFTING UPPER DECK* TAHAP *STACKING***

**Nama / NRP** : Radiktya Gilang Permana / 04311840000134  
**Departemen** : Teknik Kelautan FTK - ITS  
**Dosen Pembimbing** : Yoyok Setyo Hadiwidodo, S.T., M.T., Ph.D  
Ir. Handayanu, M.Sc., Ph.D

**ABSTRAK**

Pada proses fabrikasi anjungan lepas pantai tidak lepas dari operasi *lifting* yang melibatkan struktur dengan beban dan dimensi yang besar, sehingga beresiko besar terjadi kegagalan. Salah satu kegagalan yang sering terjadi pada operasi *lifting* adalah kegagalan pada *crane hook*. Pada penelitian ini, dilakukan analisa terhadap kekuatan *crane hook* pada proses *lifting upper deck* tahap *stacking*. Struktur *upper deck* yang dianalisis memiliki berat sebesar 155 MT. Konfigurasi *rigging* yang dilakukan menggunakan tipe *multi point* dengan jumlah *hook point* sebanyak empat titik *hook point* dengan empat *lifting point* pada masing-masing *hook point*-nya. Kemudian dilakukan analisa kekuatan konfigurasi *rigging* berdasarkan *output* dari analisa statis menggunakan *software* SACS untuk menentukan gagal tidaknya prosedur *lifting*. Setelah konfigurasi *rigging* dinilai aman, dilakukan pemodelan analisa tegangan lokal pada struktur *padeye* dan *crane hook*. Pemodelan struktur *padeye* dan *crane hook* dilakukan menggunakan *software* SolidWorks dan analisa tegangan lokal menggunakan perhitungan manual dan *software* ANSYS bertujuan untuk mengetahui tegangan dan deformasi yang terjadi pada struktur saat dilakukan *lifting* dengan konfigurasi *rigging* yang telah ditentukan. Pada perhitungan manual struktur *padeye* didapatkan nilai *unity check* (UC) tertinggi pada *plate* sebesar 0,717 dan pada *welding point* sebesar 0,753. Kemudian untuk hasil tegangan perhitungan manual sebesar 123,5 MPa dan *software* ANSYS sebesar 124,73 MPa. Pada analisis tegangan lokal *crane hook* menggunakan tiga variasi penampang, yaitu penampang *circural*, *trapezoidal*, dan *rectangular*. Jenis *crane hook* yang digunakan adalah *double hook* dengan kategori *Ramshorn hook*. Didapatkan hasil analisis tegangan terkecil terdapat pada penampang *trapezoidal* dengan nilai tegangan *von mises* sebesar 73,968 MPa menggunakan perhitungan manual dan tegangan terbesar terdapat pada penampang *rectangular* dengan tegangan *von mises* sebesar 90,195 MPa pada *software* ANSYS. Selanjutnya pada perhitungan faktor keamanan struktur *crane hook* didapatkan nilai faktor keamanan terkecil terdapat pada penampang *circular* sebesar 1,252 sehingga dapat disimpulkan ketiga variasi penampang aman digunakan untuk prosedur *lifting*.

Kata kunci : *lifting*, *rigging*, *padeye*, *crane hook*, *ramshorn hook*.

**STRENGTH ANALYSIS OF CRANE HOOK STRUCTURE WITH  
CROSS SECTION VARIATION BASED ON RIGGING  
CONFIGURATION ON THE LIFTING PROCESS OF UPPER DECK ON  
STACKING PHASE**

**Name./ NRP** : Radiktya Gilang Permana / 04311840000134  
**Department** : Ocean Engineering  
**Advisor** : Yoyok Setyo Hadiwidodo, S.T., M.T., Ph.D  
Ir. Handayanu, M.Sc., Ph.D

**ABSTRACT**

The offshore platform fabrication process cannot be separated from lifting operations which involve structures with large loads and dimensions, so there is a high risk of failure. One of the failures that occur in lifting operations is the failure of the crane hook. In this study, the strength of the crane hook is analyzed in the upper deck lifting process at the stacking stage. The upper deck structure weight is 155 MT. The rigging configuration is carried out using a multi-point type with a total of four hook points with four lifting points on each hook point. Then the strength analysis of the rigging configuration was carried out based on the output of the static analysis using SACS software to determine the lifting procedure *safety*. After the rigging configuration is considered safe, local stress analysis modeling is carried out on the padeye and crane hook structures. Padeye and crane hook structure modeling was carried out using SolidWorks software and local stress analysis using manual calculations and ANSYS software aims to determine the stress and deformation that occurs in the structure when lifting is carried out with a predetermined rigging configuration. In the manual calculation of the padeye structure, the highest unity check (UC) on the plate is 0.717 and at the welding point is 0.753. Then for the results of manual calculation stress of 123.5 MPa and ANSYS software of 124.73 MPa. In the crane hook stress analysis, three variations of cross sections are used namely circular, trapezoidal, and rectangular sections. The type of crane hook used is a double hook with the Ramshorn hook category. The results of the analysis of the smallest stress are found in a trapezoidal cross section with a von mises stress value of 73.968 MPa using manual calculations and the largest stress is found in a rectangular cross section with a von mises stress of 90.195 MPa in ANSYS software. Furthermore, in the calculation of the safety factor of the crane hook structure, the smallest safety factor value is found in the circular section of 1.252 so that it can be concluded that the three variations of the cross section are safe to use for lifting procedures.

Keyword : *lifting, rigging, padeye, crane hook, ramshorn hook.*

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, hidayah dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik dan lancar. Judul yang diambil pada Tugas Akhir ini adalah “Analisis Kekuatan Struktur *Crane Hook* dengan Variasi Penampang Berdasarkan Konfigurasi *Rigging* Pada Proses *Lifting Upper Deck* Tahap *Stacking*”.

Tugas Akhir ini disusun guna memenuhi salah satu persyaratan dalam menyelesaikan Studi Kesarjanaan (S-1) di Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan (FTK), Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS). Tujuan Tugas Akhir ini yaitu untuk menganalisa kekuatan struktur *crane hook* dengan tiga variasi penampang berdasarkan konfigurasi *rigging* selama proses *lifting upper deck*.

Penulis menyadari dalam penulisan laporan ini masih terdapat banyak kekurangan dan jauh dari kata sempurna, oleh karena itu penulis berharap masukan dalam bentuk saran dan kritik dari semua pihak yang bersifat membangun sangat penulis harapkan sebagai penyempurnaan untuk penulisan selanjutnya. Penulis berharap semoga laporan ini dapat memberikan bermanfaat dan berguna bagi perkembangan dalam bidang Teknik Kelautan, terutama bagi pembaca dan penulis.

Surabaya, 20 Juli 2022

Penulis,  
Radiktya Gilang Permana

## DAFTAR ISI

|   |  |
|---|--|
| LEMBAR PENGESAHAN   | <b>Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.</b> |
| ABSTRAK   | vii  |
| KATA PENGANTAR  | ix   |
| DAFTAR ISI  | x  |
| DAFTAR GAMBAR   | xii  |
| DAFTAR TABEL  | xv   |
| BAB I PENDAHULUAN   | 1  |
| 1.1 Latar Belakang .....  | 1  |
| 1.2 Perumusan Masalah .....   | 3  |
| 1.3 Batasan Masalah .....   | 3  |
| 1.4 Tujuan .....  | 3  |
| 1.5 Manfaat .....   | 3  |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA   | 5  |
| 2.1 Tinjauan Pustaka .....  | 5  |
| 2.2 Dasar Teori .....   | 7  |
| 2.2.1 Struktur Lepas Pantai Terpancang .....                              | 7  |
| 2.2.2 <i>Lifting</i> .....  | 8  |
| 2.2.3 Pembebanan .....  | 8  |
| 2.2.4 Pemfaktoran .....   | 9  |
| 2.2.5 Teori Tegangan dan Regangan .....                                   | 10   |
| 2.2.6 Teori Batang Lengkung .....   | 13   |
| 2.2.7 Komponen <i>Rigging</i> .....                                       | 15   |
| 2.2.8 Metode Elemen Hingga .....  | 21   |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN   | 23   |
| 3.1 Metode Penelitian .....   | 23   |
| 3.2 Prosedur Penelitian .....   | 25   |
| BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN   | 31   |
| 4.1 Pemodelan Konfigurasi <i>Rigging</i> .....                            | 31   |
| 4.1.1 Berat dan Titik Berat Struktur <i>Upper Deck</i> .....              | 31   |
| 4.1.2 Penentuan <i>Lifting Point</i> dan Konfigurasi <i>Rigging</i> ..... | 32   |
| 4.2 Analisis Kekuatan Konfigurasi <i>Rigging</i> .....                    | 33   |
| 4.2.1 Analisis Kekuatan <i>Member Deck</i> .....                          | 33   |
| 4.2.2 Defleksi Pada <i>Member Deck</i> .....                              | 35   |

|                                  |  |    |
|----------------------------------|--|----|
| 4.2.3                            | Analisis Kekuatan <i>Sling</i> .....   | 35 |
| 4.2.4                            | Analisis Kekuatan <i>Shackle</i> .....   | 37 |
| 4.2.5                            | Penentuan Kapasitas <i>Crane</i> .....   | 38 |
| 4.3                              | Analisa <i>Lifting Arrangement</i> .....   | 39 |
| 4.4                              | Perhitungan <i>Padeye</i> .....  | 40 |
| 4.4.1                            | Perhitungan Dimensi <i>Padeye</i> .....  | 40 |
| 4.4.2                            | Analisa Kekuatan <i>Padeye</i> .....   | 41 |
| 4.4.3                            | Pemodelan <i>Padeye</i> Menggunakan <i>Software</i> SolidWorks dan ANSYS .....   | 42 |
| 4.4.4                            | Analisis Tegangan Lokal <i>Padeye</i> Menggunakan <i>Software</i> ANSYS .....  | 43 |
| 4.5                              | Perhitungan <i>Crane Hook</i> .....  | 46 |
| 4.5.1                            | Pemodelan Struktur <i>Crane Hook</i> Menggunakan <i>Software</i> SolidWorks dan ANSYS .....                                  | 46 |
| 4.5.2                            | Analisis Kekuatan Struktur <i>Crane Hook</i> dengan Perhitungan Manual .....   | 49 |
| 4.5.3                            | Analisis Tegangan Lokal Struktur <i>Crane Hook</i> pada Penampang <i>Circular</i> Menggunakan <i>Software</i> ANSYS .....    | 51 |
| 4.5.4                            | Analisis Tegangan Lokal Struktur <i>Crane Hook</i> pada Penampang <i>Trapezoidal</i> Menggunakan <i>Software</i> ANSYS ..... | 54 |
| 4.5.5                            | Analisis Tegangan Lokal Struktur <i>Crane Hook</i> pada Penampang <i>Rectangular</i> Menggunakan <i>Software</i> ANSYS ..... | 56 |
| 4.5.6                            | Validasi Perhitungan Manual dengan Hasil Analisis <i>Software</i> ANSYS .....  | 59 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN ..... |  | 61 |
| 5.1                              | Kesimpulan .....   | 61 |
| 5.2                              | Saran .....  | 62 |
| DAFTAR PUSTAKA .....             |  | 63 |

## DAFTAR GAMBAR

|   |    |
|---|----|
| Gambar 1.1 Berbagai Tipe dari Anjungan Lepas Pantai .....   | 1  |
| Gambar 1.2 Sebuah <i>Crane</i> Runtuh pada saat Menjalani Tes Beban.....  | 2  |
| Gambar 2.1 <i>Lifting Hook</i> dimana <i>Sling</i> Terhubung dengan Sudut yang Sama ( $\alpha = \beta$ ).....                   | 5  |
| Gambar 2.2 Efek Sudut <i>Sling</i> terhadap Proses <i>Lifting</i> .....   | 6  |
| Gambar 2.3 Komponen <i>Jacket Platform</i> .....  | 7  |
| Gambar 2.4 Operasi <i>Lifting</i> pada Fabrikasi sebuah Struktur <i>Jacket</i> .....  | 8  |
| Gambar 2.5 Ilustrasi Tegangan Normal .....  | 10 |
| Gambar 2.6 Ilustrasi Gaya Geser.....  | 12 |
| Gambar 2.7 Proyeksi dari Momen Lentur Positif pada Balok .....  | 12 |
| Gambar 2.8 Penampang Batang Lengkung .....  | 13 |
| Gambar 2.9 Ilustrasi <i>Padeye</i> dan <i>Trunnion</i> .....  | 15 |
| Gambar 2.10 <i>Single</i> dan <i>Double Crane Hook</i> .....  | 16 |
| Gambar 2.11 <i>Ramshorn Hook</i> .....  | 16 |
| Gambar 2.12 Ilustrasi <i>Wire Rope Sling</i> .....  | 17 |
| Gambar 2.13 Komponen dari <i>Wire Rope Sling</i> .....  | 17 |
| Gambar 2.14 <i>Shackle</i> .....  | 18 |
| Gambar 2.15 Ilustrasi Dimensi dan Gaya pada <i>Padeye</i> .....   | 18 |
| Gambar 2.16 <i>Crawler Crane</i> .....  | 20 |
| Gambar 2.17 <i>Meshing</i> pada <i>Plate</i> Berlubang.....   | 21 |
| Gambar 2.18 <i>Meshing Crane Hook</i> pada Penampang <i>Circular, Triangular, Trapezoidal, T-section, dan Rectangular</i> ..... | 22 |
| Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....   | 23 |
| Gambar 3.2 Desain Struktur <i>Topside</i> .....   | 26 |
| Gambar 3.3 <i>Drawing Layout Upper Deck</i> .....   | 27 |
| Gambar 4.1 Koordinat Titik Berat pada Struktur <i>Upper Deck</i> .....  | 32 |
| Gambar 4.2 Koordinat <i>Hook Point Lifting</i> pada Struktur <i>Upper Deck</i> .....  | 32 |
| Gambar 4.3 Konfigurasi <i>Lifting Upper Deck</i> dan Besar Sudut pada Tiap <i>Sling</i> .....                                   | 33 |
| Gambar 4.4 Letak <i>Member</i> Kritis pada Struktur <i>Upper Deck</i> pada saat <i>Lifting</i> .....                            | 34 |
| Gambar 4.5 Lokasi Lima <i>Joint</i> dengan Defleksi Tertinggi .....   | 35 |
| Gambar 4.6 Nilai UC <i>Member Sling</i> Tertinggi pada Konfigurasi <i>Rigging</i> .....   | 35 |
| Gambar 4.7 Dimensi <i>Shackle</i> Crosby G-2130.....  | 37 |

|  |    |
|--|----|
| Gambar 4.8 <i>Joint Reaction</i> pada <i>Hook Point</i> .....  | 38 |
| Gambar 4.9 <i>Lifting Arrangement</i> Struktur <i>Upper Deck</i> pada <i>Topside PT.XYZ</i> .....  | 39 |
| Gambar 4.10 Dimensi dan Gaya yang Terjadi pada <i>Padeye</i> .....   | 41 |
| Gambar 4.11 Model <i>Padeye</i> pada <i>Software SolidWorks</i> .....  | 42 |
| Gambar 4.12 <i>Force</i> dan <i>Fixed Support</i> pada <i>Padeye</i> .....   | 43 |
| Gambar 4.13 Grafik <i>Mesh Sensitivity</i> dari Struktur <i>Padeye</i> .....   | 44 |
| Gambar 4.14 a.) <i>Meshing</i> pada Model <i>Padeye</i> dengan Ukuran <i>Mesh</i> 10 mm, b.) Hasil<br>Tegangan <i>Von Mises</i> , c.) Hasil Tegangan Geser Maksimum, d.) Deformasi yang Terjadi Pada<br>Struktur <i>Padeye</i> . ..... | 44 |
| Gambar 4.15 <i>Drawing Ramshorn Forged Hooks</i> Berdasarkan <i>DIN15402</i> .....   | 46 |
| Gambar 4.16 Model Struktur <i>Crane Hook</i> dengan Varias Penampang <i>Circular, Trapezoidal,</i><br>dan <i>Rectangular</i> .....   | 47 |
| Gambar 4.17 <i>Force</i> dan <i>Fixed Support</i> pada <i>Crane Hook</i> dengan Penampang <i>Circular</i> .....  | 48 |
| Gambar 4.18 <i>Force</i> dan <i>Fixed Support</i> pada <i>Crane Hook</i> dengan Penampang <i>Trapezoidal</i> ..  | 48 |
| Gambar 4.19 <i>Force</i> dan <i>Fixed Support</i> pada <i>Crane Hook</i> dengan Penampang <i>Rectangular</i> ..  | 48 |
| Gambar 4.20 Lokasi Analisis <i>Mesh Sensitivity</i> Pada Penampang <i>Crane Hook</i> .....   | 51 |
| Gambar 4.21 Grafik <i>Meshing Sensitivity</i> dari Model <i>Crane Hook</i> dengan Penampang <i>Circular</i><br>.....   | 52 |
| Gambar 4.22 Model <i>Crane Hook</i> Penampang <i>Circular</i> dengan Ukuran <i>Mesh</i> 16 mm. ....  | 52 |
| Gambar 4.23 Tegangan <i>Von Mises</i> yang Terjadi Pada <i>Crane Hook</i> dengan Penampang<br><i>Circular</i> . .....  | 53 |
| Gambar 4.24 Deformasi Total yang Terjadi Pada <i>Crane Hook</i> dengan Penampang <i>Circular</i> .   | 53 |
| Gambar 4.25 Tegangan <i>Von Mises</i> yang Terjadi Pada Potongan <i>Crane Hook</i> dengan<br>Penampang <i>Circular</i> .....   | 53 |
| Gambar 4.26 Grafik <i>Meshing Sensitivity</i> dari Model <i>Crane Hook</i> dengan Penampang<br><i>Trapezoidal</i> .....  | 54 |
| Gambar 4.27 Model <i>Crane Hook</i> Penampang <i>Trapezoidal</i> dengan Ukuran <i>Mesh</i> 16 mm.....  | 55 |
| Gambar 4.28 Tegangan <i>Von Mises</i> yang Terjadi Pada <i>Crane Hook</i> dengan Penampang<br><i>Trapezoidal</i> .....   | 55 |
| Gambar 4.29 Deformasi Total yang Terjadi Pada <i>Crane Hook</i> dengan Penampang<br><i>Trapezoidal</i> .....   | 56 |
| Gambar 4.30 Tegangan <i>Von Mises</i> yang Terjadi Pada Potongan <i>Crane Hook</i> dengan<br>Penampang <i>Trapezoidal</i> .....  | 56 |

|  |    |
|--|----|
| Gambar 4.31 Grafik <i>Meshing Sensitivity</i> dari Model <i>Crane Hook</i> dengan Penampang <i>Rectangular</i> .....         | 57 |
| Gambar 4.32 Model <i>Crane Hook</i> Penampang <i>Rectangular</i> dengan Ukuran <i>Mesh</i> 16 mm. ....                       | 58 |
| Gambar 4.33 Tegangan <i>Von Mises</i> yang Terjadi Pada <i>Crane Hook</i> dengan Penampang <i>Rectangular</i> . .....        | 58 |
| Gambar 4.34 Deformasi Total yang Terjadi Pada <i>Crane Hook</i> dengan Penampang <i>Rectangular</i> . .....                  | 59 |
| Gambar 4.35 Tegangan <i>Von Mises</i> yang Terjadi Pada Potongan <i>Crane Hook</i> dengan Penampang <i>Rectangular</i> ..... | 59 |



## DAFTAR TABEL

|  |    |
|--|----|
| Tabel 2.1 <i>Dynamic Amplification Factor</i> (DAF) .....  | 9  |
| Tabel 2.2 <i>Skew Load Factor</i> .....  | 10 |
| Tabel 3.1 <i>Equipment</i> dan Elevasi tiap <i>Deck</i> pada <i>Topside</i> .....  | 26 |
| Tabel 3.2 Berat dan CoG Struktur <i>Topside</i> pada Berbagai Kondisi .....  | 27 |
| <br>   |    |
| Tabel 4.1 Berat Struktur <i>Upper Deck</i> dengan Pemfaktoran .....  | 31 |
| Tabel 4.2 Titik Berat pada Struktur <i>Upper Deck</i> .....  | 31 |
| Tabel 4.3 Nilai UC untuk <i>Member Deck</i> pada <i>Lifting Point</i> .....  | 33 |
| Tabel 4.4 Lima UC Tertinggi pada <i>Member Deck</i> .....  | 34 |
| Tabel 4.5 Lima Defleksi Tertinggi pada <i>Member Deck</i> .....  | 35 |
| Tabel 4.6 Cek Tegangan <i>Sling</i> .....  | 36 |
| Tabel 4.7 Cek Kapasitas <i>Sling</i> .....   | 36 |
| Tabel 4.8 Dimensi <i>Shackle</i> Crosby G-2130 .....   | 37 |
| Tabel 4.9 Cek Kapasitas <i>Shackle</i> .....   | 38 |
| Tabel 4.10 Cek Kapasitas <i>Crane</i> .....  | 39 |
| Tabel 4.11 Dimensi <i>Padeye</i> .....   | 40 |
| Tabel 4.12 Cek Kapasitas <i>Padeye</i> .....   | 41 |
| Tabel 4.13 <i>Material Properties</i> API 2H Grade 50 .....  | 42 |
| Tabel 4.14 Hasil Analisis <i>Mesh Sensitivity</i> dari Struktur <i>Padeye</i> .....  | 43 |
| Tabel 4.15 Validasi Perhitungan Manual dengan <i>Software</i> ANSYS Pada Model <i>Padeye</i> .....                                   | 45 |
| Tabel 4.16 Hasil Perhitungan Faktor Keamanan Perhitungan Tegangan Manual dan <i>Software</i> ANSYS pada Struktur <i>Padeye</i> ..... | 45 |
| Tabel 4.17 Dimensi <i>Ramshorn Forged Hooks</i> Berdasarkan DIN15402 dengan Kapasitas 100 ton .....                                  | 46 |
| Tabel 4.18 Dimensi Model <i>Ramshorn Hook</i> pada Ketiga Variasi Penampang .....  | 46 |
| Tabel 4.19 <i>Material Properties</i> <i>Structural Steel</i> .....  | 47 |
| Tabel 4.20 Perhitungan Tegangan <i>Crane Hook</i> Penampang <i>Circular</i> .....  | 49 |
| Tabel 4.21 Perhitungan Tegangan <i>Crane Hook</i> Penampang <i>Trapezoidal</i> .....   | 49 |
| Tabel 4.22 Perhitungan Tegangan <i>Crane Hook</i> Penampang <i>Rectangular</i> .....   | 50 |
| Tabel 4.23 Hasil Analisis <i>Meshing Sensitivity</i> dari Model <i>Crane Hook</i> dengan Penampang <i>Circular</i> .....             | 51 |

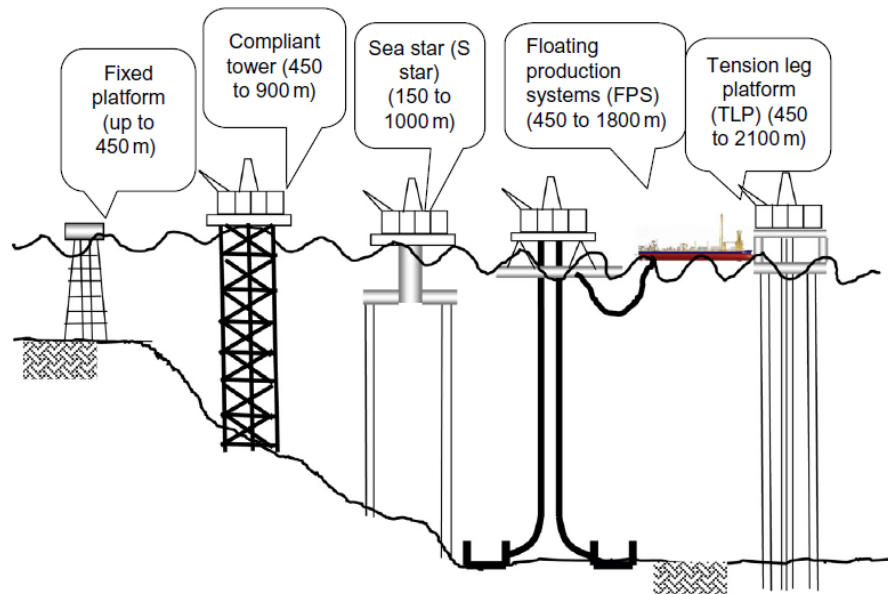
|  |    |
|--|----|
| Tabel 4.24 Hasil Analisis <i>Meshing Sensitivity</i> dari Model <i>Crane Hook</i> dengan Penampang <i>Trapezoidal</i> .....                              | 54 |
| Tabel 4.25 Hasil Analisis <i>Meshing Sensitivity</i> dari Model <i>Crane Hook</i> dengan Penampang <i>Rectangular</i> .....                              | 57 |
| Tabel 4.26 Validasi Perhitungan Tegangan Manual dan <i>Software ANSYS</i> Pada <i>Crane Hook</i> dengan Variasi Penampang .....                          | 59 |
| Tabel 4.27 Hasil Perhitungan Faktor Keamanan Perhitungan Tegangan Manual dan <i>Software ANSYS</i> pada <i>Crane Hook</i> dengan Variasi Penampang ..... | 60 |

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pada era modern ini teknologi tidak dapat dilepaskan dari kegiatan manusia. Teknologi selalu berkembang dan diciptakan untuk memudahkan kegiatan manusia, salah satunya adalah teknologi dalam fabrikasi bangunan lepas pantai. Seiring dengan berkembangnya teknologi, pengeboran minyak bumi tidak hanya dilakukan di darat namun juga di lepas pantai. Pada dasarnya pengeboran lepas pantai memiliki sistem yang tidak jauh berbeda dengan sistem yang ada di darat, namun dikarenakan kondisi lingkungan darat dan laut sangat berbeda maka metode pembangunan dan operasi pengeboran lepas pantai membutuhkan teknologi yang lebih canggih. Terdapat berbagai jenis macam tipe anjungan lepas pantai yang dibangun berdasarkan kebutuhan dan kondisi lingkungan seperti pada **Gambar 1.1**, dan salah satu tipe yang paling umum digunakan adalah *jacket platform*.



**Gambar 1.1** Berbagai Tipe dari Anjungan Lepas Pantai

(Sumber : El-Reedy, 2014)

*Jacket platform* merupakan sebuah struktur lepas pantai terpancang yang berdiri di atas kaki baja atau beton yang ditanam ke dasar laut atau mengandalkan beratnya sendiri untuk tetap diam pada posisinya. Berdasarkan API (2014), *jacket platform* dinilai stabil dan mampu menahan angin serta pergerakan air, namun pemanfaatan platform ini paling optimal adalah ketika dipasang di perairan dangkal kurang dari 400 feet (121,92 meter). Struktur ini memiliki tiga komponen utama, yaitu *topside*, *jacket*, dan *pile* yang masing-masing memiliki fungsinya tersendiri.

Berbeda dengan struktur di darat maupun struktur di pantai, proses pembangunan struktur lepas pantai dilakukan di sebuah *yard* yang berada di darat yang kemudian dikirimkan menggunakan tongkang yang ditarik dengan kapal menuju ke lokasi struktur tersebut akan diinstalasi. Menurut Pramastyo dan Sujantoko (2020), pada tahap pembangunan sebuah struktur *jacket platform*, terdapat berbagai tahapan dalam pembangunan tersebut seperti

proses desain, proses fabrikasi, pengangkutan dan proses pemasangan atau instalasi. Seluruh proses ini memiliki peranan yang penting dalam pembangunan sebuah *platform*. Hal inilah yang membedakan struktur lepas pantai dari struktur di darat maupun di pantai.

Pada pengerjaan proyek fabrikasi bangunan lepas pantai tidak lepas dari operasi *lifting*. *Lifting* merupakan metode memindahkan struktur dengan cara menaikkan atau menurunkan dengan bantuan *crane* (DNV-OS-H205, 2014). Operasi *lifting* merupakan salah satu tahapan terpenting dan memiliki resiko yang tinggi dalam pembangunan sebuah struktur bangunan lepas pantai. Hal ini dikarenakan operasi *lifting* pada struktur lepas pantai melibatkan struktur dengan dimensi yang besar dengan beban puluhan hingga ratusan ton, maka dari itu perlu diperhatikan baik itu beban struktur dan lingkungan maupun *rigging equipment*. Perhitungan *lifting* yang salah akan mengakibatkan kegagalan yang dapat menyebabkan kerugian fatal seperti yang ditampilkan pada **Gambar 1.2**.



**Gambar 1.2** Sebuah *Crane* Runtuh pada saat Menjalani Tes Beban

(Sumber : [www.marineindustrynews.co.uk](http://www.marineindustrynews.co.uk))

Operasi *lifting* membutuhkan *rigging equipment* berupa *crane hook*, *slings*, *shackles*, dan *padeye*. Pemilihan *crane* dan konfigurasi *rigging* sangat berpengaruh pada efisiensi prosedur *lifting*. Agar terhindar dari kegagalan, konfigurasi *rigging* membutuhkan perhitungan dan penggambaran *layout* yang baik. Perhitungan tersebut harus berdasarkan *standard* atau *codes* yang ada. Inilah sebabnya mengapa perencanaan dan desain merupakan fase penting dari setiap proyek lepas pantai. Dengan adanya perkembangan teknologi, semua perhitungan dan penggambaran tersebut dapat dilakukan menggunakan *software*.

Salah satu kegagalan yang sering terjadi pada operasi *lifting* adalah kegagalan pada *crane hook*. *Crane hook* merupakan salah satu komponen utama pada operasi *lifting* yang berfungsi sebagai pengait yang menghubungkan *slings* dengan *crane*. Alat ini harus dirancang dan disimulasikan dengan baik agar tidak terjadi kegagalan. Untuk memudahkan perencanaan dan simulasi, perlu digunakan *software* berbasis elemen hingga. Pada penelitian ini dilakukan analisis kekuatan *crane hook* menggunakan pendekatan teori batang lengkung dan *software* ANSYS berdasarkan konfigurasi *rigging* ketika proses *lifting upper deck* pada tahap *stacking*. Pada analisa ini juga, perlu dipertimbangkan mengenai beberapa variabel yang mempengaruhi proses *lifting*, seperti beban statis dari struktur *deck* itu sendiri, *lifting arrangement*, serta beban dinamis yang diakibatkan oleh angin pada lokasi fabrikasi.

## 1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang dikaji dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana *unity check* dan defleksi yang terjadi pada konfigurasi *rigging* pada saat proses *lifting upper deck*?
2. Bagaimana analisis kekuatan struktur *padeye* pada proses *lifting upper deck*?
3. Bagaimana analisis kekuatan struktur *crane hook* pada proses *lifting upper deck*?
4. Penampang *crane hook* manakah yang memiliki desain penampang terbaik dari ketiga variasi penampang yang diterapkan pada proses *lifting upper deck*?

## 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Analisis *lifting* yang dilakukan hanya pada *upper deck* untuk *topside* PT.XYZ.
2. Beban yang dianalisis dalam penelitian ini sebatas beban struktur *upper deck* dikalikan dengan pemfaktoran.
3. Analisis terbatas pada konfigurasi *rigging* (*sling*, *shackle*, dan *crane*) yang dimiliki oleh PT. XYZ.
4. Kondisi komponen *rigging* diasumsikan normal dan layak untuk digunakan.
5. Konfigurasi *rigging* yang dianalisa memiliki empat *hook point* dengan masing-masing *hook point* memiliki empat *lifting point*.
6. Pemodelan dan perhitungan konfigurasi *rigging* dalam penelitian ini menggunakan *software* SACS 5.7.
7. Material yang digunakan pada *padeye* adalah *steel* dengan tipe API 2H Grade 50.
8. Pemodelan struktur *padeye* dan *crane hook* menggunakan *software* SolidWorks dan ANSYS.
9. Perhitungan kekuatan *padeye* dan *crane hook* menggunakan perhitungan manual dan *software* ANSYS.

## 1.4 Tujuan

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

1. Untuk mengetahui letak *member* kritis dan gagal tidaknya struktur *upper deck* saat proses *lifting* berdasarkan konfigurasi *rigging*.
2. Untuk menghitung kekuatan struktur *padeye* beserta besarnya tegangan yang terjadi dan gagal tidaknya struktur *padeye* pada saat proses *lifting upper deck* berdasarkan konfigurasi *rigging*.
3. Untuk mengetahui kekuatan struktur *crane hook* pada tiap penampang beserta besarnya tegangan dan deformasi yang terjadi pada tiap penampang *crane hook* pada saat proses *lifting upper deck* berdasarkan konfigurasi *rigging*.
4. Untuk mengetahui desain penampang *crane hook* terbaik dari ketiga variasi penampang yang diterapkan pada proses *lifting upper deck* berdasarkan konfigurasi *rigging*.

## 1.5 Manfaat

Manfaat dari penulisan tugas akhir ini adalah sebagai referensi dan bahan pertimbangan dalam menganalisa kekuatan *crane hook* pada saat proses *lifting* sebuah *deck* pada tahap *stacking* ditinjau dari konfigurasi *rigging* ditambah pemfaktoran beban dan perhitungan dimensi *padeye* yang dibutuhkan pada saat proses *lifting*.

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

## BAB II

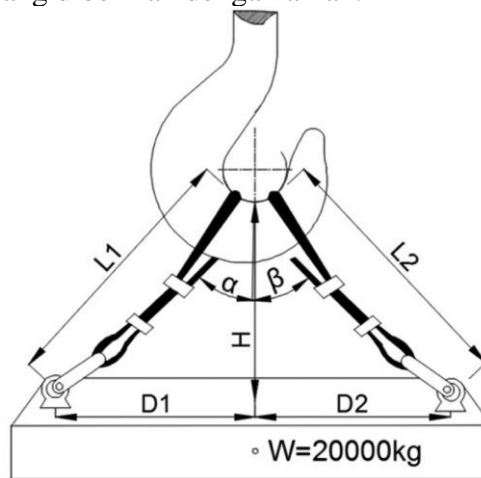
### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Tinjauan Pustaka

Pada pembangunan sebuah *offshore platform* terdapat beberapa tahapan seperti proses desain, fabrikasi, pengangkutan dan proses pemasangan atau instalasi. Menurut El-Reedy (2014), desain *platform* struktur lepas pantai menggabungkan metode desain struktur baja dengan beban yang diterapkan pada pelabuhan, seperti gelombang, arus, dan parameter lainnya. Pada proses fabrikasi struktur lepas pantai terdapat satu tahapan yang disebut *stacking*. Proses *stacking* berupa menumpukkan masing-masing *deck topside* menjadi utuh di *site* atau *field*. Proses *stacking* merupakan salah satu dari beberapa operasi *lifting*.

Dalam operasi *lifting* dibutuhkan *rigging equipment*. *Rigging equipment* yang dimaksud yaitu seperti *crane hook*, *slings*, *shackle*, atau perangkat lain sebagai penghubung struktur yang diangkat dengan *crane* (El-Reedy, 2014). *Crane hook* merupakan salah satu *rigging equipment* yang memiliki peranan penting dalam operasi ini, hal ini dikarenakan perannya sebagai penghubung antara *crane* dan muatan yang akan diangkat dan di pindahkan. Menurut Kurniawan (2014), saat beroperasi *crane hook* pernah ditemukan kegagalan kerja berupa patah pada bagian lengkungan kait. Agar terhindar dari kegagalan kerja maka perlu dilakukan analisa kekuatan pada struktur *crane hook*.

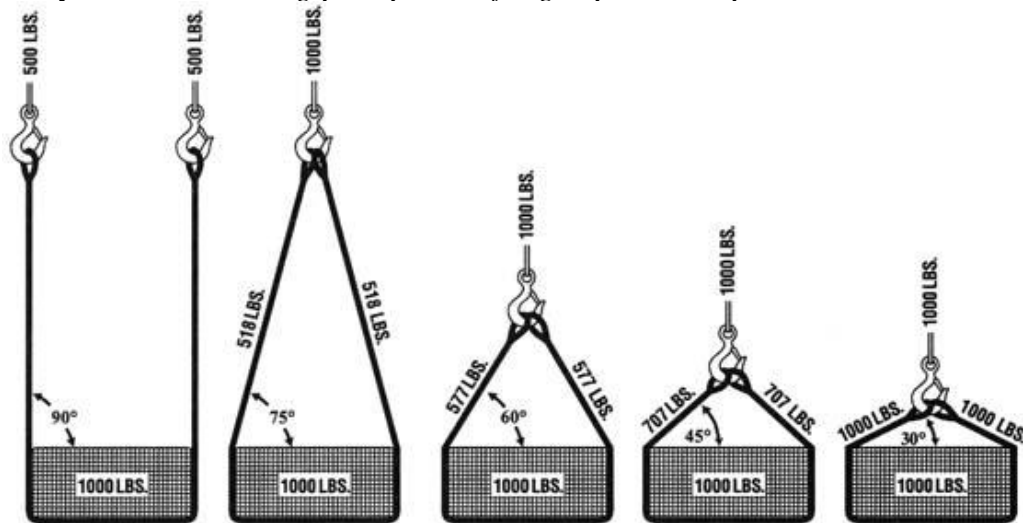
Dalam proses analisa kekuatan *crane hook* dapat menggunakan *software* elemen hingga yang dapat menghitung lebih cepat dan akurat. Namun untuk mendapatkan hasil yang lebih mendekati dengan keadaan sebenarnya perlu dilakukan validasi antara perhitungan numerik dengan perhitungan manual. Singh dan Singh (2020a) pada penelitiannya yang berjudul “*Finite Element Analysis of Ramshorn Hook Using CAE Tools*” melakukan analisis tegangan maksimum yang terjadi pada *crane hook* dengan tipe *Ramshorn hook* dengan beban sebesar 40 ton menggunakan pendekatan batang lengkung dan *software* ANSYS. Tegangan diskrit ditentukan menggunakan persamaan WinklerBach. Hasil analisis didapatkan tegangan menggunakan perhitungan manual mendekati hasil analisis menggunakan ANSYS dengan *error* yang kecil. Pada jurnalnya, Singh dan Singh menyimpulkan bahwa struktur *Ramshorn hook* dapat menangani beban yang diberikan dengan aman.



**Gambar 2.1** *Lifting Hook* dimana *Sling* Terhubung dengan Sudut yang Sama ( $\alpha = \beta$ )

(Sumber : Onur, 2018)

Penentuan sudut *sling* merupakan salah satu faktor yang penting pada saat operasi *lifting*. Berdasarkan GL 0027/ND (2015), sudut *sling* biasanya tidak boleh kurang dari 45°. Pada penelitian yang dilakukan oleh Onur (2018), menjelaskan bahwa jenis kait, cara pemasangan, beban pengenal, dan bahan pengait adalah parameter penting untuk menjaga agar *crane hook* tetap aman saat bekerja. Beliau juga menambahkan pada jurnalnya yang berjudul “*Investigation of the effect of the sling angle and size on the reliability of lifting hooks*”, bahwa analisis tegangan kait harus dilakukan berdasarkan metode *sling* dan sudut *sling* seperti pada **Gambar 2.1**. Pada penelitian ini dibuktikan bahwa dengan mengubah ukuran dan sudut *sling* maka sudut *sling* kritis dan faktor keamanannya akan berubah juga, dimana semakin kecil sudut *sling* maka tegangan pada *sling* akan semakin *kecil* beserta faktor keamanannya. Efek sudut *sling* pada proses *lifting* dapat dilihat pada **Gambar 2.2**.



**Gambar 2.2** Efek Sudut *Sling* terhadap Proses *Lifting*

(Sumber : <http://www.wcwr.com/catalog/cat/301.htm>)

Bentuk dan luas penampang *crane hook* juga berpengaruh terhadap tegangan dan deformasi yang terjadi. Berdasarkan analisis yang dilakukan Shrestha *et al.*, (2020), dalam jurnal yang berjudul “*Crane Hook Analysis for different Cross-Section using ANSYS*”, dilakukan perbandingan antara lima *crane hook* dengan penampang yang berbeda, yaitu penampang *circural*, *rectangular*, *trapezoidal*, *triangular*, dan *t-section* yang didesain menggunakan konsep balok lengkung. Dari hasil analisis tersebut diketahui bahwa tegangan induksi pada penampang *trapezoidal* lebih kecil dibandingkan dengan keempat penampang lainnya yang menunjukkan bahwa *crane hook* dengan penampang *trapezodial* lebih tahan lama dan memiliki kapasitas lebih besar untuk menyerap dan menyimpan defleksi yang dihasilkan oleh beban vertikal.

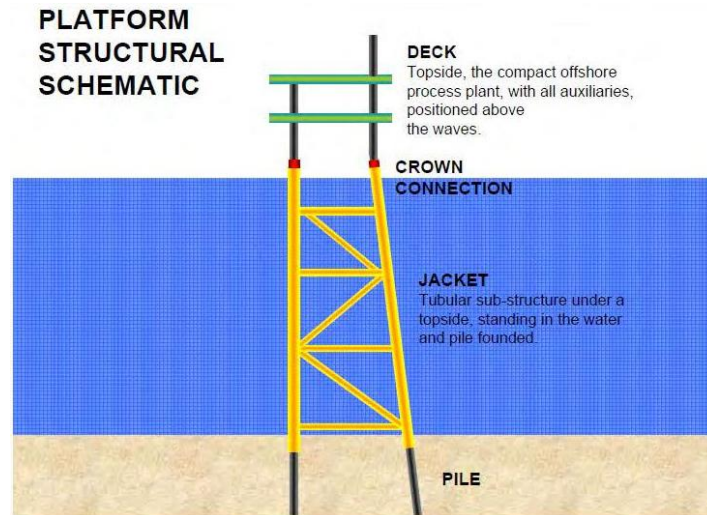
Penelitian yang sama dilakukan oleh Singh dan Singh (2020) dalam jurnal dengan judul “*Stress and Deformation Analysis of Ramshorn Hook with Various Cross Sections*”. Pada penelitian tersebut dilakukan perbandingan antara tiga *crane hook* dengan tipe *Ramshorn hook* dengan penampang yang berbeda, yaitu penampang *trapezoidal*, *triangular*, dan *rectangular*. Tegangan dan deformasi dari *Ramshorn hook* dianalisis menggunakan *software* ANSYS. Hasil analisis ditunjukkan bahwa penampang *trapezoidal* memiliki tegangan dan deformasi paling kecil pada beban yang diberikan dibandingkan penampang *triangular* dan *rectangular*.



## 2.2 Dasar Teori

### 2.2.1 Struktur Lepas Pantai Terpancang

Struktur lepas pantai terpancang adalah sebuah struktur yang dibangun di perairan dangkal dan terpancang pada dasar laut yang dihubungkan dengan tiang pondasi (misalnya *jacket*) atau dibawah pengaruh beratnya sendiri (misalnya *gravity based structure*) (Chakrabarti, 2005). Salah satu struktur lepas pantai terpancang yang paling umum digunakan adalah *jacket platform*. Ilustrasi dari komponen *jacket platform* dapat dilihat pada **Gambar 2.3**. Menurut Fu (2018), sekitar 95% dari struktur lepas pantai di dunia adalah menggunakan *jacket platform* yang digunakan pada perairan dangkal dengan kedalaman kurang dari 500 m.



**Gambar 2.3** Komponen *Jacket Platform*

Menurut Riyanto (2015), secara garis besar struktur utama pada *jacket platform* terbagi menjadi tiga komponen utama yang masing-masing terdiri dari :

a) *Deck*

*Deck* berfungsi untuk menyokong peralatan, kegiatan pengeboran dan kegiatan lainnya di atas air. Pada umumnya, *deck* bisa dibagi menjadi beberapa tingkat sesuai dengan kebutuhan dan fungsinya, seperti *upper deck*, *sump deck*, *mezzanine deck* dan *lower deck*. Sedangkan komponen-komponen dari struktur *deck* adalah *main girder*, *secondary girder*, *sub secondary girder*, *plate*, *truss*, dan *deck legs*. Terdapat juga *crane pedestal*, yaitu lokasi yang diperkuat yang digunakan sebagai dudukan dari *crane*.

Pada analisis ini dilakukan analisis *lifting* pada *upper deck*. Menurut Chakrabati (2005), *main* atau *upper deck* berfungsi untuk mendukung sistem produksi pengeboran dan beberapa modul lainnya.

b) *Jacket*

*Jacket* berfungsi untuk melindungi *pile*, melindungi *conductor*, mentransfer beban lingkungan ke *pile*, dan menyokong sub-struktur lainnya seperti *boat landing*, *barge bumper* dan *riser*. *Jacket* juga pada umumnya dibagi menjadi beberapa elevasi untuk mengakomodir beban. Sedangkan komponen-komponen dari *jacket* adalah *brace*, *conductor guide*, *truss* dan elemen lainnya.

c) Pondasi (*Pile*)

Pondasi berbentuk tiang pancang (*pile*) berfungsi untuk menyokong beban-beban yang mengenai *jacket* dan *deck topside* serta beban lingkungan. *Pile* pada umumnya diletakkan di dalam kaki *jacket* dan pancang hingga dasar laut (tanah keras). Komponen-komponen dari *pile* adalah *pile*, *skirt pile*, dan *skirt pile sleeves*.

### 2.2.2 Lifting

Operasi *lifting* merupakan salah satu tahapan yang umum pada proyek fabrikasi maupun instalasi bangunan lepas pantai seperti yang ditampilkan pada **Gambar 2.4**. Terdapat beberapa macam operasi *lifting* saat proses fabrikasi bangunan lepas pantai, seperti *stacking*, *roll-up*, *flipping*, dan lain-lain (Liang, 2004). Berdasarkan DNV-OS-H205 (2014), operasi *lifting* merupakan metode memindahkan struktur dengan cara menaikkan atau menurunkan dengan bantuan *crane*. Pada operasi *lifting* semua *equipment lifting* harus dalam keadaan yang baik untuk melakukan operasi *lifting* agar tidak terjadi kegagalan dan kerugian.



**Gambar 2.4** Operasi *Lifting* pada Fabrikasi sebuah Struktur *Jacket*

(Sumber : [hareket.com/en/projects/tandem-lift-with-4-cranes-in-united-arab-emirates](http://hareket.com/en/projects/tandem-lift-with-4-cranes-in-united-arab-emirates))

Proyek pembangunan struktur lepas pantai membutuhkan tingkat investasi yang sangat besar, dengan *platform* terbaru yang menelan biaya yang sangat besar untuk pembangunan dan instalasinya. Maka dari itu sebelum melakukan operasi *lifting*, perlu dilakukan perhitungan dan analisis *lifting* terlebih dahulu. Beberapa aspek yang perlu dianalisis antara lain pembebanan, pemfaktoran, dan konfigurasi *rigging*. Selain itu opsi komunikasi antar tim *lifting* perlu dipertimbangkan. Berdasarkan pada IMCA (2007), komunikasi tersebut bisa secara verbal, visual maupun dengan alat yang terdengar oleh seluruh personel yang sedang mengoperasikan peralatan berbeda yang masing-masing berpotensi bekerja pada lingkungan yang berbeda pula. Perhitungan dan perencanaan tersebut harus berdasarkan *standard* atau *codes* yang ada. Inilah sebabnya mengapa perencanaan dan desain merupakan fase penting dari setiap proyek lepas pantai.

### 2.2.3 Pembebanan

Dalam analisis *lifting*, pembebanan perlu dipertimbangkan untuk menentukan kemampuan kerja dari konfigurasi *rigging* serta struktur itu sendiri. Berdasarkan API RP 2A-WSD (2014), beban-beban dan efek dinamis yang harus dipertimbangkan dalam perancangan bangunan lepas pantai antara lain :

a. Beban mati (*dead load*)

Beban mati adalah beban dari struktur serta setiap peralatan permanen dan struktur pelengkap yang tidak berubah dengan mode operasi, meliputi: berat struktur, berat peralatan dan struktur pelengkap yang secara permanen dipasang di *platform*, dan gaya hidrostatik yang bekerja pada struktur di bawah garis air termasuk tekanan eksternal dan daya apung.

- b. Beban hidup (*live load*)  
Beban hidup adalah beban yang terjadi pada *platform* atau bangunan lepas pantai selama dipakai/berfungsi dan tidak berubah dari mode operasi satu ke mode operasi yang lain.
- c. Beban lingkungan (*environmetal load*)  
Beban lingkungan adalah beban pada struktur yang harus diantisipasi dari segala arah yang disebabkan oleh fenomena alam seperti angin, arus, gelombang, gempa bumi, pergerakan salju, es, dan bumi. Beban lingkungan juga termasuk variasi tekanan hidrostatik dan daya apung yang disebabkan oleh perubahan ketinggian air karena gelombang dan pasang surut.
- d. Beban konstruksi (*construction loads*)  
Beban konstruksi merupakan beban yang dihasilkan dari proses fabrikasi, *load out*, transportasi dan pemasangan yang harus dipertimbangkan dalam desain.

### 2.2.4 Pemfaktoran

Pemfaktoran dilakukan pada analisis *lifting* bertujuan untuk mengantisipasi hal-hal yang tidak diinginkan saat operasi *lifting*. Terdapat beberapa faktor yang digunakan dalam analisis *lifting*, antara lain :

#### 1. Faktor Kontingensi

Faktor kontingensi adalah faktor beban tidak terduga yang tidak dapat dikendalikan dari suatu struktur. Faktor ini ditambahkan karena adanya ketidakpastian yang terjadi pada proses fabrikasi. Berdasarkan DNV GL-ST-N001 (2016), besarnya faktor kontingensi adalah:

- 1,03 untuk kelas A (didefinisikan pada ISO *Standard* 19901-5, /99/).
- 1,10 untuk kelas B dan C (didefinisikan pada ISO *Standard* 19901-5, /99/).

#### 2. *Dynamic Amplification Factor* (DAF)

Berdasarkan pada GL 0027/ND (2015), *dynamic amplification factor* (DAF) merupakan faktor tidak berdimensi dimana *dead load* dari beban dikalikan, untuk memperhitungkan akselerasi dan dampak selama operasi *lifting*. DAF berfungsi untuk mentransformasi beban dinamis yang berasal dari luar struktur menjadi beban statis yang dikategorikan berdasar hubungan antara *member* pada struktur dengan titik angkatnya. Berikut perhitungan untuk DAF yang mengacu pada GL 0027/ND (2015) yang ditunjukkan oleh **Tabel 2.1**.

**Tabel 2.1 *Dynamic Amplification Factor* (DAF)**

(Sumber : GL Noble Denton 0027/ND, 2015)

| Gross weight, W<br>(tonnes) | DAF                   |                             |                            |
|-----------------------------|-----------------------|-----------------------------|----------------------------|
|                             | Onshore <sup>2)</sup> | Inshore <sup>3), 5)</sup>   | Offshore <sup>4), 5)</sup> |
| 3 <sup>1)</sup> < W ≤ 100   | 1.10                  | $1.07 + 0.05\sqrt{100/SHL}$ | $1 + 0.25\sqrt{100/SHL}$   |
| 100 < W ≤ 300               | 1.05                  | 1.12                        | 1.25                       |
| 300 < W ≤ 1000              | 1.05                  | 1.10                        | 1.20                       |
| 1000 < W ≤ 2500             | 1.03                  | 1.08                        | 1.15                       |
| W > 2500                    | 1.03                  | 1.05                        | 1.10                       |

### 3. *Skew Load Factor*

Berdasarkan GL Noble Denton 0027/ND (2015), *skew load factor* (SKL) atau faktor condong merupakan faktor untuk memperhitungkan pembebanan tambahan yang disebabkan oleh toleransi fabrikasi *rigging*, toleransi fabrikasi dari struktur yang diangkat dan ketidakpastian lainnya sehubungan dengan ketidaksimetrisan dan distribusi gaya terkait dalam pengaturan *rigging*. Faktor condong merupakan faktor distribusi yang berdasarkan:

- Toleransi manufaktur panjang *rigging*
- Toleransi pengukuran *slings/grommet* atas pin pengukur
- Pengaturan dan geometri *rigging*
- Toleransi fabrikasi untuk titik angkat
- Perpanjangan *slings / grommet*
- Geometri *crane*

Kemudian harus dipertimbangkan untuk pengaturan *rigging* dan struktur yang tidak 100% ditentukan. Faktor SKL yang lebih tinggi mungkin diperlukan untuk penggunaan *slings* baru dengan *slings* yang sudah ada sebagai satu *slings*, hal ini dikarenakan salah satu *slings* kemungkinan menunjukkan perpanjangan lebih dari yang lain. Untuk perhitungan SKL ditunjukkan pada **Tabel 2.2**.

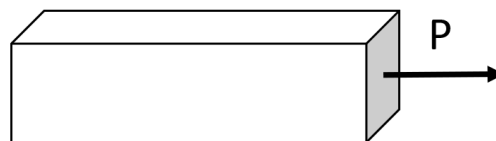
**Tabel 2.2 *Skew Load Factor***

(Sumber : DNV GL-ST-N001, 2016)

| <i>Skew Load Factor</i> | Deskripsi  |
|-------------------------|--|
| 1                       | <i>Lifting</i> yang bersifat statis tertentu (dengan atau tidak menggunakan <i>spreader bar</i> )          |
| 1,1                     | <i>Lifting</i> dengan panjang <i>slings</i> sama dengan dua atau lebih <i>spreader bar</i>                 |
| 1,1                     | <i>Lifting</i> dengan lebih dari dua <i>hooks</i> , dan setiap <i>hook</i> dihubungkan <i>spreader bar</i> |
| 1,25                    | <i>Lifting</i> dengan empat <i>grommet</i> atau <i>slings</i> dengan panjang sama                          |

#### 2.2.5 Teori Tegangan dan Regangan

Dalam menganalisa suatu struktur tegangan dan regangan harus diperhatikan serta memperhitungkan deformasi yang terjadi. Tegangan adalah besaran gaya yang bekerja pada persatuan luas seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2.5**, sedangkan deformasi merupakan perubahan bentuk struktur akibat dikenai gaya. Gaya yang terjadi pada suatu struktur dapat berupa tarikan atau tekanan.



**Gambar 2.5** Ilustrasi Tegangan Normal

(Sumber : Penulis)

Tegangan normal disebabkan oleh gaya aksial dinotasikan dengan ( $\sigma$ ) sigma dengan satuan  $N/m^2$  atau Pascal (Pa) dan dapat dirumuskan dengan:

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (2.1)$$

(Sumber : Popov, 1984)

Dengan keterangan:

$\sigma$  = Tegangan ( $N/m^2$ )

P = Besar gaya (N)

A = Luas penampang ( $m^2$ )

Regangan merupakan perpanjangan per satuan panjang atau perbandingan deformasi total terhadap panjang awal suatu struktur dan regangan dinotasikan sebagai ( $\epsilon$ ) epsilon. Regangan adalah besaran yang tidak berdimensi, tetapi lebih baik diberi dimensi meter per meter atau m/m (Popov, 1984). Regangan atau perpanjangan yang terjadi dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\epsilon = \frac{\Delta}{L} \quad (2.2)$$

(Sumber : Popov, 1984)

Dengan keterangan:

$\epsilon$  = Regangan

$\Delta$  = Perpanjangan total (mm)

L = Panjang awal (mm)

Popov (1984) menyatakan bahwa hubungan antara tegangan dan regangan bisa dikatakan linier untuk semua bahan. Hal ini berkaitan dengan generalisasi yang berlaku untuk semua bahan, yang dikenal sebagai hukum Hooke. Popov dalam bukunya yang berjudul "*Mechanics of Material*" menambahkan bahwa tegangan berbanding lurus dengan regangan, dimana tetapan pembanding adalah modulus elastis (E), yang dinyatakan dengan persamaan :

$$\sigma = E\epsilon \text{ atau } E = \frac{\sigma}{\epsilon} \quad (2.3)$$

(Sumber : Popov, 1984)

Dengan keterangan :

$\sigma$  = Tegangan (Pa)

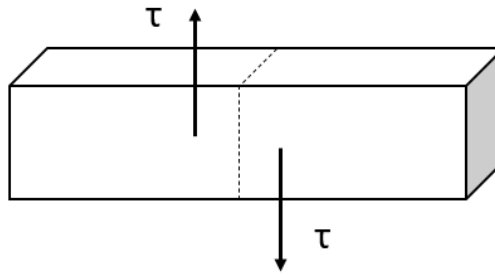
$\epsilon$  = Regangan

E = Modulus elastisitas (Pa)

Kemudian terdapat bermacam jenis dari tegangan berdasarkan gaya atau beban yang terjadi pada struktur. Tegangan-tegangan tersebut antara lain :

#### 1. Tegangan Geser

Tegangan geser terjadi jika suatu benda bekerja dengan dua gaya yang berlawanan arah, sejajar sumbu batang. Pada **Gambar 2.6** merupakan ilustrasi dari tegangan geser dinotasikan sebagai tau ( $\tau$ ) dapat disebabkan karena adanya beberapa pembebanan seperti gaya geser, momen lentur, dan beban puntir/torsi.



**Gambar 2.6** Ilustrasi Gaya Geser

(Sumber : Penulis)

Apabila gaya-gaya yang diantarkan melalui tiap potongan akan didistribusikan secara merata, maka akan diperoleh suatu hubungan tegangan dengan persamaan berikut :

$$\tau = \frac{P}{A} \quad (2.4)$$

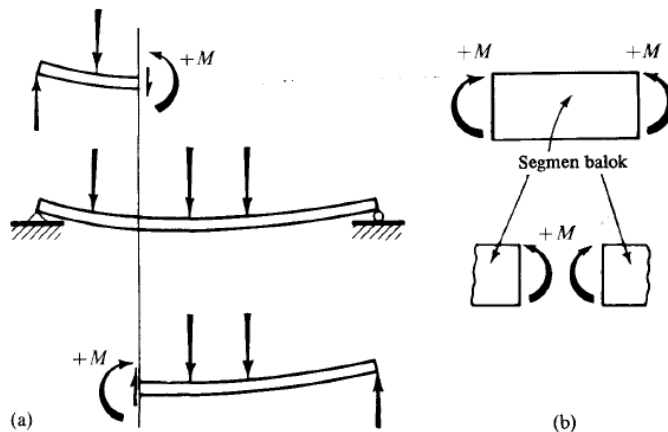
(Sumber : Popov, 1984)

Dengan keterangan :

- $\tau$  = Tegangan geser (Pa)
- $P$  = Gaya geser (N)
- $A$  = Luas penampang potongan ( $m^2$ )

## 2. Tegangan Lentur

Gaya geser dan momen lentur tersebut akan menyebabkan tegangan geser dan tegangan lentur. Tegangan lentur bekerja secara tegak lurus terhadap penampang melintang dan berada dalam arah longitudinal.



**Gambar 2.7** Proyeksi dari Momen Lentur Positif pada Balok

(Sumber : *Mechanics of Material* oleh Popov, 1984)

Gaya yang bekerja pada jarak tertentu dari tumpuan benda dengan arah kerja tegak lurus sumbu benda sehingga menyebabkan benda melentur atau melengkung disepanjang sumbunya seperti pada **Gambar 2.7**. Besaran tegangan akibat lenturan pada balok dapat ditulis dengan formula sebagai berikut :

$$\sigma = \frac{M \cdot y}{I} \quad (2.5)$$

(Sumber : Popov, 1984)

Dengan keterangan:

- M = momen lentur, kip-in (N.m)  
 y = radius terluar, in (m)  
 I = momen inersia, in<sup>4</sup> (m<sup>4</sup>)

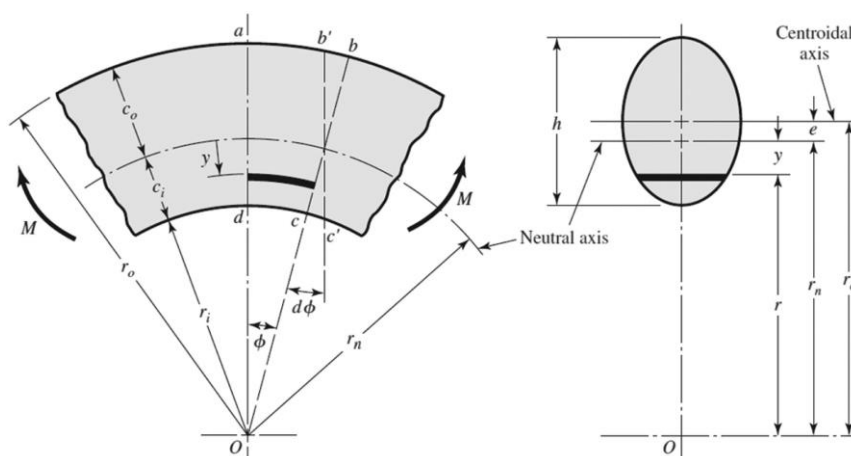
### 3. Tegangan Ijin

Setiap struktur memiliki kekuatan ultimat (*ultimate strength*) berdasarkan material yang digunakan. Setiap material memiliki kekuatan ultimat (*ultimate strength*) atau tegangan ultimat (*ultimate stress*) yang berbeda. Agar tidak terjadi kegagalan, sebuah struktur yang menerima beban atau tegangan harus memiliki tegangan ijin (*allowable stress*) yang berdasarkan kekuatan ultimat dari struktur tersebut. Tegangan ijin merupakan batas aman dalam perencanaan konstruksi. Menurut Popov (1984), tegangan ijin harus dibuat lebih rendah daripada kekuatan ultimat yang diperoleh dari pengujian statis.

### 2.2.6 Teori Batang Lengkung

Teori batang lengkung digunakan untuk menghitung distribusi tegangan pada sebuah penampang melengkung seperti pada *crane hook*. Batang lengkung adalah sebuah batang/balok yang sumbunya tidak lurus dan melengkung pada elevasinya. Onur (2018) pada penelitiannya menjelaskan bahwa distribusi tegangan pada batang lentur melengkung ditentukan dengan menggunakan asumsi berikut:

- Penampang memiliki sumbu simetri pada bidang sepanjang balok,
- Penampang bidang tetap bidang setelah lentur, dan
- Modulus elastisitas sama dengan tegangan seperti pada saat kompresi.



**Gambar 2.8** Penampang Batang Lengkung

(Sumber : Onur, 2018)

Pada **Gambar 2.8** ditunjukkan lokasi dari sumbu netral. Untuk mengetahui jari-jari dari sumbu netral dapat dihitung dengan persamaan :

$$r_n = \frac{A}{\int \frac{dA}{r}} \quad (2.6)$$

(Sumber : Popov, 1984)

Dengan keterangan:

$r_n$  = radius sumbu netral (mm)

$A$  = luas penampang batang ( $\text{mm}^2$ )

$r$  = variabel jari-jari (mm)

Distribusi tegangan pada balok lengkung pada jarak  $r$  dari pusat lengkungan dapat ditemukan dengan menyeimbangkan momen eksternal terhadap momen tahanan internal yang dapat dihitung melalui persamaan berikut :

$$M = P \cdot r_c \quad (2.7)$$

$$\sigma = \frac{My}{Ae(R - y)} \quad (2.8)$$

(Sumber : Popov, 1984)

Dengan keterangan :

$M$  = Momen *bending* (N.mm)

$r_c$  = Radius sumbu pusat (mm)

$\sigma$  = Tegangan normal balok lengkung (Pa)

$y$  = Panjang lengan momen (mm)

$e$  = Jarak dari sumbu pusat ke sumbu netral (mm)

$R$  = Radius sumbu netral (mm)

Arah positif dari momen ( $M$ ) pada **Gambar 2.8** menunjukkan bahwa distribusi tegangan dalam batang lengkung mengikuti pola hiperbolik. Tegangan maksimum selalu pada bagian sebelah dalam (cekung) dari balok tersebut. Tegangan kritis terjadi pada permukaan dalam dan luar dimana  $y = c_i$  dan  $y = -c_0$ , masing-masing dijelaskan pada persamaan berikut :

$$\sigma_i = \frac{Mc_i}{Aer_i} \text{ atau } \sigma_0 = -\frac{Mc_0}{Aer_0} \quad (2.9)$$

(Sumber : Onur, 2018)

Dengan keterangan :

$\sigma_i$  = Tegangan kritis pada permukaan dalam (Pa)

$\sigma_0$  = Tegangan kritis pada permukaan luar (Pa)

$r_i$  = Radius penampang dalam (mm)

$r_0$  = Radius penampang luar (mm)

$c_i$  = Jarak dari sumbu netral ke penampang dalam (mm)

$c_0$  = Jarak dari sumbu netral ke penampang luar (mm)

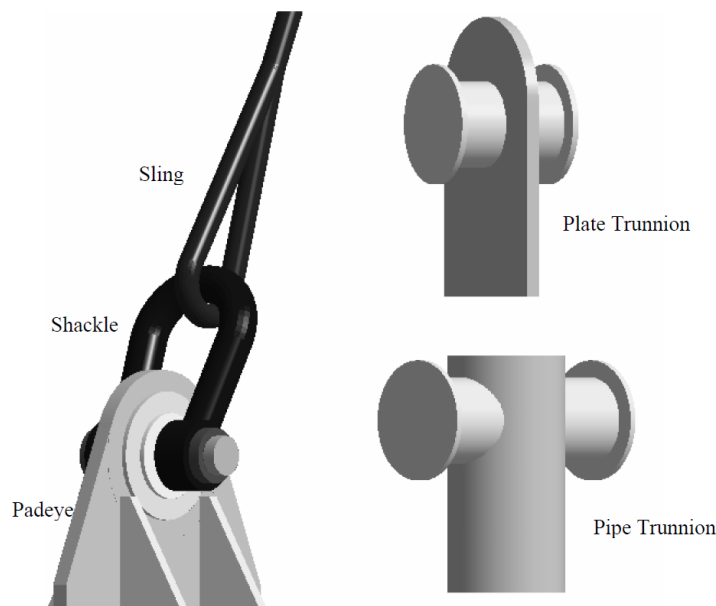


### 2.2.7 Komponen Rigging

Komponen *rigging* adalah peralatan yang digunakan saat operasi *lifting* yang diantaranya adalah *sling*, *shackle*, *padeye*, dan *crane*. Pemilihan komponen *rigging* merupakan salah satu hal penting dalam menganalisa tegangan yang terjadi pada struktur dan untuk menentukan sudut angkat dari *crane boom*.

#### 1. *Lifting Point*

*Lifting point* adalah titik angkat suatu modul saat proses *lifting*. Menurut Liang (2004), *lifting point* harus dipilih dengan benar untuk memungkinkan tegangan *sling* berpindah dengan lancar ke anggota struktural yang kuat. Titik angkat ini dapat berupa *padeyes*, *trunnion*, dan atau langsung mengaitkan *sling* pada modul tanpa bantuan substruktur yang diilustrasikan pada **Gambar 2.9**. Proses analisis untuk menentukan *lifting point* harus diperhitungkan dengan baik dengan menentukan titik berat modul yang tepat sehingga pada proses *lifting* struktur tetap seimbang dan tidak mengalami *tilt*.



**Gambar 2.9** Ilustrasi *Padeye* dan *Trunnion*

(Sumber : Liang, 2004)

#### 2. *Hook Point*

*Hook point* adalah titik yang merepresentasikan letak *hook* pada *crane* saat proses *lifting*. Agar pada saat proses *lifting* tidak terjadi *tilt* yang berlebihan, maka peletakkan *hook point* harus sejajar dengan CoG (titik berat) modul yang akan diangkat. CoG dari struktur angkat sangat mempengaruhi titik angkat pada saat proses *lifting* dan juga kegiatan *rigging* pada proses *lifting*, dan letak CoG pada struktur tergantung pada bentuk, dimensi dan ukuran dari struktur.

#### 3. *Crane Hook*

*Crane hook* adalah alat untuk mengaitkan dan mengangkat beban dengan menggunakan perangkat seperti *hoist* atau *crane*. Dalam dunia industri, *crane hook* memiliki peranan penting dalam mengangkat beban berat. *Crane hook* biasanya dilengkapi dengan kait pengaman untuk mencegah terlepasnya *sling*, rantai atau tali yang terhubung dengan beban (Shrestha *et al.*, 2020).



**Gambar 2.10** *Single dan Double Crane Hook*

(Sumber : Vishwanath dan Manoharrao, 2019)

Berbagai tipe *crane hook* dapat diklasifikasikan menurut bentuknya, cara pembuatannya, cara pembuatannya operasi atau karakteristik unik lainnya. Alat ini dibuat dengan berbagai tipe berdasarkan kebutuhan dengan jenis beban dan ukuran tertentu. Menurut Vishwanath dan Manoharrao (2019), terdapat dua tipe utama *crane hook* berdasarkan bentuknya, yaitu :

a. *Single crane hooks*

Kait jenis ini adalah yang paling banyak digunakan. Dapat menangani beban hingga 75 ton, *crane hook* tipe ini sangat sederhana dan mudah digunakan.

b. *Double crane hooks*

Dengan konsep serupa, *crane hook* tipe ini didesain dengan dudukan yang lebih kecil daripada kait tunggal dengan kapasitas angkat yang sama. Tipe *crane hook* ini yang akan digunakan dalam penelitian ini.

Kedua tipe *crane hook* dapat dilihat pada **Gambar 2.10**. Pada penelitian ini digunakan *crane hook* dengan tipe *Ramshorn hook*. *Ramshorn hook* adalah kategori *crane hook* dengan *double sling* dan dipasang dengan satu *shank* (Singh dan Singh, 2020b). *Ramshorn hook* pada dasarnya digunakan untuk mengangkat beban berat di berbagai industri. Ilustrasi *Ramshorn hook* dapat dilihat pada **Gambar 2.11**.

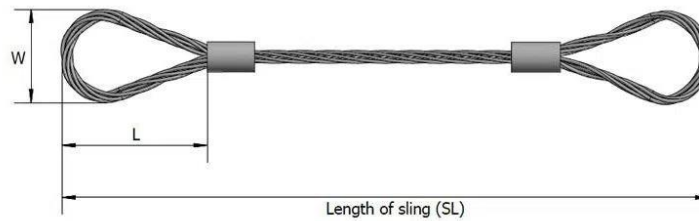


**Gambar 2.11** *Ramshorn Hook*

(Sumber : Khan *et al.*, 2017)

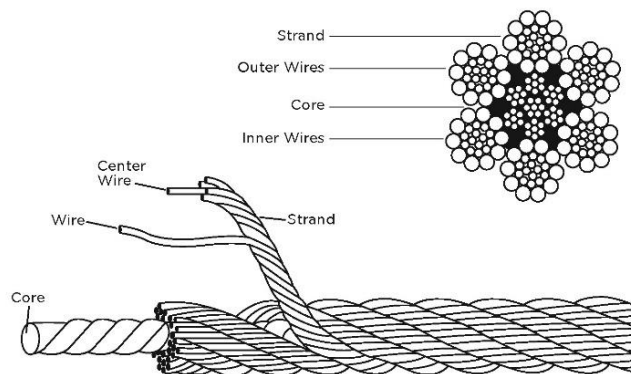
4. *Sling*

*Sling* merupakan salah satu komponen *lifting* berbentuk tali pengikat yang menghubungkan *lifting point* dengan *hook point*. Jenis *sling* dapat berupa *wire rope sling*, *chain sling*, *webbing sling*, dan *round sling*. *Sling* yang digunakan dalam analisis ini berjenis *wire rope* seperti pada **Gambar 2.12**. *Wire rope* dibuat dari beberapa jumlah kumpulan kawat yang mengulir dan menjadi untaian dan menguliri pusat tali hingga membentuk *wire rope* seperti yang ditampilkan pada **Gambar 2.13**.



**Gambar 2.12** Ilustrasi *Wire Rope Sling*

(Sumber : [m.id.shipyardjibcrane.com/sling/wire-rope-sling-with-eye-loop-both-end.html](http://m.id.shipyardjibcrane.com/sling/wire-rope-sling-with-eye-loop-both-end.html))



**Gambar 2.13** Komponen dari *Wire Rope Sling*

(Sumber : [miamistainless.com.au/which-wire-rope-construction-do-i-need](http://miamistainless.com.au/which-wire-rope-construction-do-i-need))

Penentuan *sling properties* yang akan digunakan dalam proses *lifting* harus dilakukan untuk menghitung kekuatan *sling* agar tidak terjadi kegagalan. Berdasarkan analisis yang dilakukan oleh Sumarsono (2016), perbedaan besaran gaya *sling* menyebabkan penentuan *lifting equipment* yang berbeda-beda. *Sling* sebagai komponen penting dalam proses *lifting*, *design sling* yang akan digunakan tidak hanya dilihat dari berat struktur yang akan diangkat, akan tetapi perlu diketahui bahwa *sling* mempunyai ukuran diameter dan berat yang beragam (Liang, 2004).

Kekuatan dari *sling* dapat ditentukan dari nilai MBL (*Minimum Breaking Load*) dan SWL (*Safety Working Load*). MBL adalah kekuatan rata-rata minimum *sling* dari hasil pengujian tarik sampai *sling* tersebut putus. Pengaruh *breaking load* pada usia pemakaian *sling* adalah semakin tinggi *breaking load* maka semakin panjang usia pemakaian *sling* tersebut. SWL adalah berat maksimum yang dapat diangkat oleh *sling* dalam kondisi tertentu. Hal ini berarti dengan mengubah cara pemasangan atau sudut dapat mengubah kondisi kerja dari *sling* dan dapat mempengaruhi jumlah *sling* yang dipakai untuk mengangkat. Mengacu pada DNV-OS-H205 (2014), berikut merupakan persamaan untuk menghitung kekuatan dari *sling* pada saat proses *lifting* :

$$F_{sling} < \frac{MBL}{\gamma_{sling}} \quad (2.10)$$

(Sumber : DNV-OS-H205, 2014)

Dengan keterangan :

$F_{sling}$  : *Sling design load*

MBL : *Minimum Breaking Load Sling*

$\gamma_{sling}$  : *Nominal safety factor* untuk *sling*

5. *Shackle*

*Shackle* adalah alat pengait antara *sling* dari *crane* dengan *padeye* terbuat dari *mild steel*, *carbon steel*, *alloy steel*, dan *stainless steel 304 & 316*. *Shackle* digunakan dalam *lifting* dan sistem statis sebagai tautan yang dapat dilepas untuk menghubungkan *wire rope sling*, rantai, dan alat kelengkapan lainnya (Liang, 2004). Pada umumnya *shackle* digunakan untuk menghubungkan *sling* dengan *padeye*. Beban yang terjadi pada *shackle* didapatkan beban yang terjadi pada *sling*. Pemilihan *shackle* dipengaruhi oleh jenis dan berat beban yang akan diangkat, biasanya disebutkan oleh fabrikasi tentang *Safe Working Load (SWL)* pada tiap tipe *shackle*. Ilustrasi *shackle* dapat dilihat pada **Gambar 2.14**.



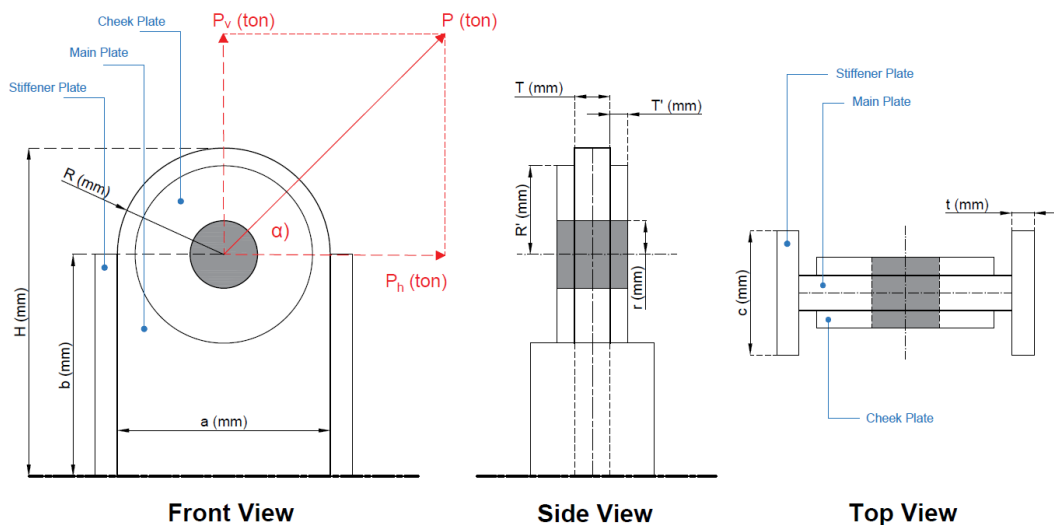
**Gambar 2.14** *Shackle*

(Sumber : Crosby)

6. *Padeye*

*Padeye* adalah sebuah *lifting point* menghubungkan struktur yang diangkat dengan *shackle*. Struktur *padeye* terbuat dari plat dan diperkuat dengan *cheek plate* dengan sebuah *pinhole* sebagai tempat yang menghubungkan dengan *shackle*. Struktur *padeye* menerima gaya secara vertikal ( $P_v$ ) dan horizontal ( $P_h$ ). Gaya vertikal yang diterima oleh *padeye* terdiri dari bobot mati dari struktur yang akan diangkat. Untuk gaya horizontal, merupakan gaya dari *sling* pada saat proses *lifting*.

Menurut Liang (2004), dalam mendesain sebuah *padeye* direkomendasikan bahwa *padeye* dirancang dengan sambungan utama berdasarkan gaya geser daripada gaya tarik. Ilustrasi gaya dan dimensi dari *padeye* dapat dilihat pada **Gambar 2.15**.



**Gambar 2.15** Ilustrasi Dimensi dan Gaya pada *Padeye*

(Sumber : Penulis)

Dengan keterangan :

- $P_v$  = Gaya vertikal (ton)
- $P_h$  = Gaya horizontal (ton)
- $P_s$  = Gaya samping (ton)
- $a$  = Panjang *main plate* (mm)
- $H$  = Tinggi *main plate* (mm)
- $b$  = Jarak lubang ke dasar *main plate* (mm)
- $R$  = Radius *main plate* (mm)
- $r$  = Radius lubang *padeye* (mm)
- $T$  = Tebal *main plate* (mm)
- $T'$  = Tebal *cheek plate* (mm)
- $R'$  = Radius *cheek plate* (mm)
- $c$  = Lebar *stiffener plate* (mm)
- $t$  = Tebal *stiffener plate* (mm)

Mengacu pada DNV-OS-H205 (2014), penentuan dimensi *padeye* adalah sebagai berikut :

- a. Penentuan diameter luar *main plate padeye* tidak boleh kurang dari diameter *pin hole*.
- b. Tebal *padeye* pada area lubang tidak boleh kurang dari 75% lebar dalam dari *shackle*
- c. Diameter lubang *padeye* harus secara hati-hati ditentukan agar cukup dengan diameter pin *shackle*. Agar kuat, perbedaan jarak lubang *padeye* dan diameter pin *shackle* dibuat sekecil mungkin.
- d. Direkomendasikan untuk diameter pin *shackle* tidak kurang 94% dari diameter lubang *padeye*.

Selain menentukan dimensi, untuk mendesain sebuah struktur *padeye* perlu ditentukan tegangan ijinnya. Mengacu pada AISC edisi ke-9 (1989), tegangan ijin untuk setiap tegangan yang terjadi pada *padeye* adalah sebagai berikut :

- a. Tegangan pada bantalan (*bearing stress*) =  $0,9 F_y$
- b. Tegangan aksial (*axial stress*) =  $0,6 F_y$
- c. Tegangan tarik (*tensile stress*) =  $0,6 F_y$
- d. Tegangan geser (*shear stress*) =  $0,4 F_y$
- e. Tegangan lentur (*bending stress*) =  $0,66 F_y$
- f. Tegangan karena tekanan dua benda elastis =  $2,5 F_y$

Dengan  $F_y$  merupakan tegangan *yield* dengan satuan  $\text{ton mm}^{-2}$ , yang didapatkan dari spesifikasi material yang digunakan untuk membuat *padeye*.

Pada analisis kekuatan *padeye* perlu dilakukan analisis tegangan lokal menggunakan perhitungan secara manual dan menggunakan *software* berbasis metode elemen hingga (MEH). Hal ini dilakukan untuk membandingkan hasil analisa tegangan perhitungan

manual dengan perhitungan menggunakan *software*. Berdasarkan tugas akhir yang dilakukan oleh Yansah (2016), dengan judul “Analisis Konfigurasi *Rigging* dan *Padeye* Pada Saat Proses *Installation Deck Structure ULA Platform* dengan cara *Lifting*” tegangan ijin *von mises padeye* adalah  $0,9 F_y$ , dan kemudian untuk perhitungan cek tegangan *von mises padeye* adalah sebagai berikut :

$$f_x = f_t + f_b (\text{outpln}) + f_b (\text{inpln}) \quad (2.11)$$

$$f_v (\text{outplane}) = \text{out of plane force} / A \quad (2.12)$$

$$\tau_x = \sqrt{[f_v (\text{inplane})^2 + f_v (\text{outplane})^2]} \quad (2.13)$$

$$f_{vm} = \sqrt{[f_x^2 + (3\tau_x^2)]} \quad (2.14)$$

(Sumber : Yansah, 2016)

Dengan keterangan :

- $f_t$  = *actual tensile stress* (MPa)
- $f_b$  = *actual bending stress* (MPa)
- $f_v$  = *actual shear stress* (MPa)
- $f_{vm}$  = *actual von mises stress* (MPa)

## 7. Crane

*Crane* adalah suatu alat berat yang berfungsi untuk mengangkat barang, kemudian memindahkannya ke titik tujuan, lalu menurunkan barang tersebut. *Crane* biasa digunakan pada proyek konstruksi untuk melakukan proses *heavy lift* dan mentransportasikan struktur ke tempat lain. Pada operasi *lifting*, panjang *crane boom* serta *working radius crane* perlu diperhitungkan untuk menentukan kapasitas crane serta untuk menentukan *lifting arrangement*. Terdapat beberapa jenis *crane* yang disesuaikan dengan metode kerjanya serta lokasi dimana *crane* tersebut akan digunakan. Pada penelitian ini digunakan *crane* dengan jenis *crawler crane*. Ilustrasi *crawler crane* dapat dilihat pada **Gambar 2.16**.



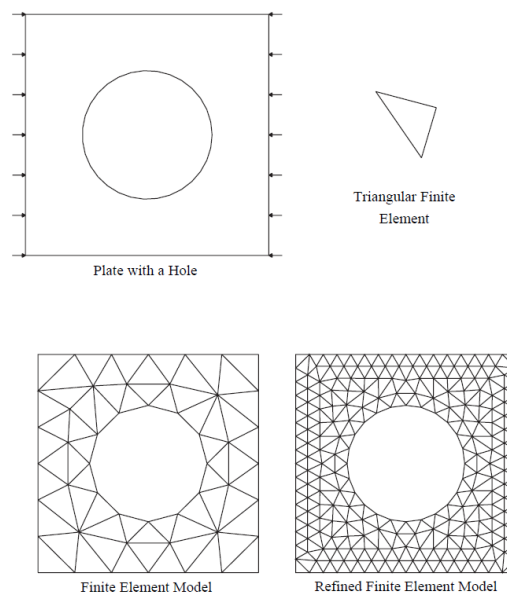
**Gambar 2.16** *Crawler Crane*

(Sumber : Kobelco)

*Crawler crane* merupakan jenis *crane* yang paling umum digunakan pada bidang konstruksi. Hal ini karena *crane* tipe ini bersifat dapat berpindah dan memiliki kapasitas angkat yang tinggi hingga ratusan ton. *Crane* ini menggunakan roda-roda rantai atau *crawler* untuk melakukan mobilisasi. *Crane* tipe ini juga dilengkapi dengan *boom* yang panjangnya dapat disesuaikan dengan kondisi *lifting* atau kapasitas beban yang diinginkan.

## 2.2.8 Metode Elemen Hingga

*Finite element method* (FEM) atau metode elemen hingga (MEH), adalah pendekatan numerik yang digunakan untuk masalah-masalah rekayasa dimana *exact solution/analytical solution* tidak dapat menyelesaikannya (Fish dan Belytschko, 2007). Dari sudut pandang *engineering*, MEH adalah metode untuk memecahkan masalah teknik seperti analisis tegangan, perpindahan panas, aliran fluida, dan elektromagnetik yang dilakukan oleh simulasi komputer. Inti dari MEH adalah membagi suatu benda yang akan dianalisa, menjadi beberapa bagian dengan jumlah hingga (*finite*). Bagian-bagian ini disebut elemen yang tiap elemen satu dengan elemen lainnya dihubungkan dengan nodal (*node*). Kemudian dibangun persamaan matematika yang menjadi representasi benda tersebut. Proses pembagian benda menjadi beberapa bagian disebut *meshing*.



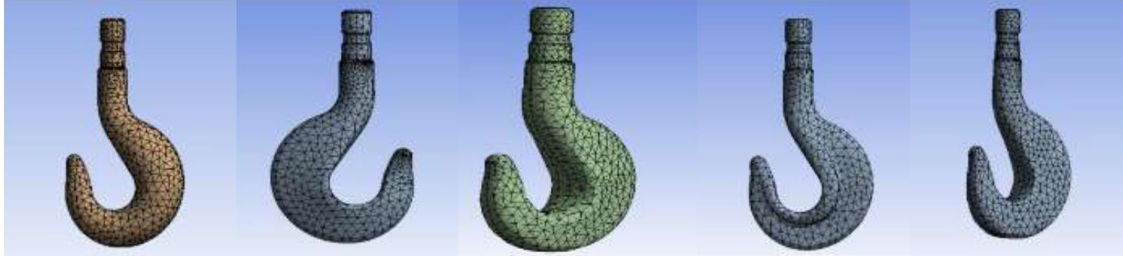
**Gambar 2.17** Meshing pada *Plate* Berlubang

(Sumber : Fish dan Belytschko, 2007)

Pada **Gambar 2.17** terdapat gambar sebuah *plate* yang akan dicari distribusi temperturnya. Bentuk geometri *plate* di "*meshing*" menjadi bagian-bagian kecil bentuk segitiga untuk mencari solusi yang berupa distribusi temperatur *plate*. Sebenarnya permasalahan ini dapat diselsaikan dengan persamaan kesetimbangan panas (*heat balance equation*). Namun untuk geometri yang rumit seperti *engine block* diperlukan MEH untuk mencari distribusi temperturnya.

Berbagai macam pemasalahan telah dianalisis dengan menggunakan MEH. Dalam analisis yang dilakukan Shrestha *et al.*, (2020), struktur kompleks dari beberapa bentuk penampang *crane hook* didiskritkan menjadi bentuk geometris sederhana yang disebut elemen hingga. Kemudian sifat material ditetapkan pada elemen-elemen ini dengan beberapa kondisi

batas yang menyerupai dengan skenario di dunia nyata atau harus diperkecil. Setelah semua kondisi telah ditentukan, hal ini akan memberikan kita perkiraan perilaku kontinum dan perilaku elemen pada *crane hook*. Hasil *meshing* dari struktur crane hook yang dilakukan oleh Shrestha *et al.*, dapat dilihat pada **Gambar 2.18**.



**Gambar 2.18** *Meshing Crane Hook* pada Penampang *Circular, Triangular, Trapezoidal, T-section, dan Rectangular*

(Sumber : Shrestha *et al.*, 2020)

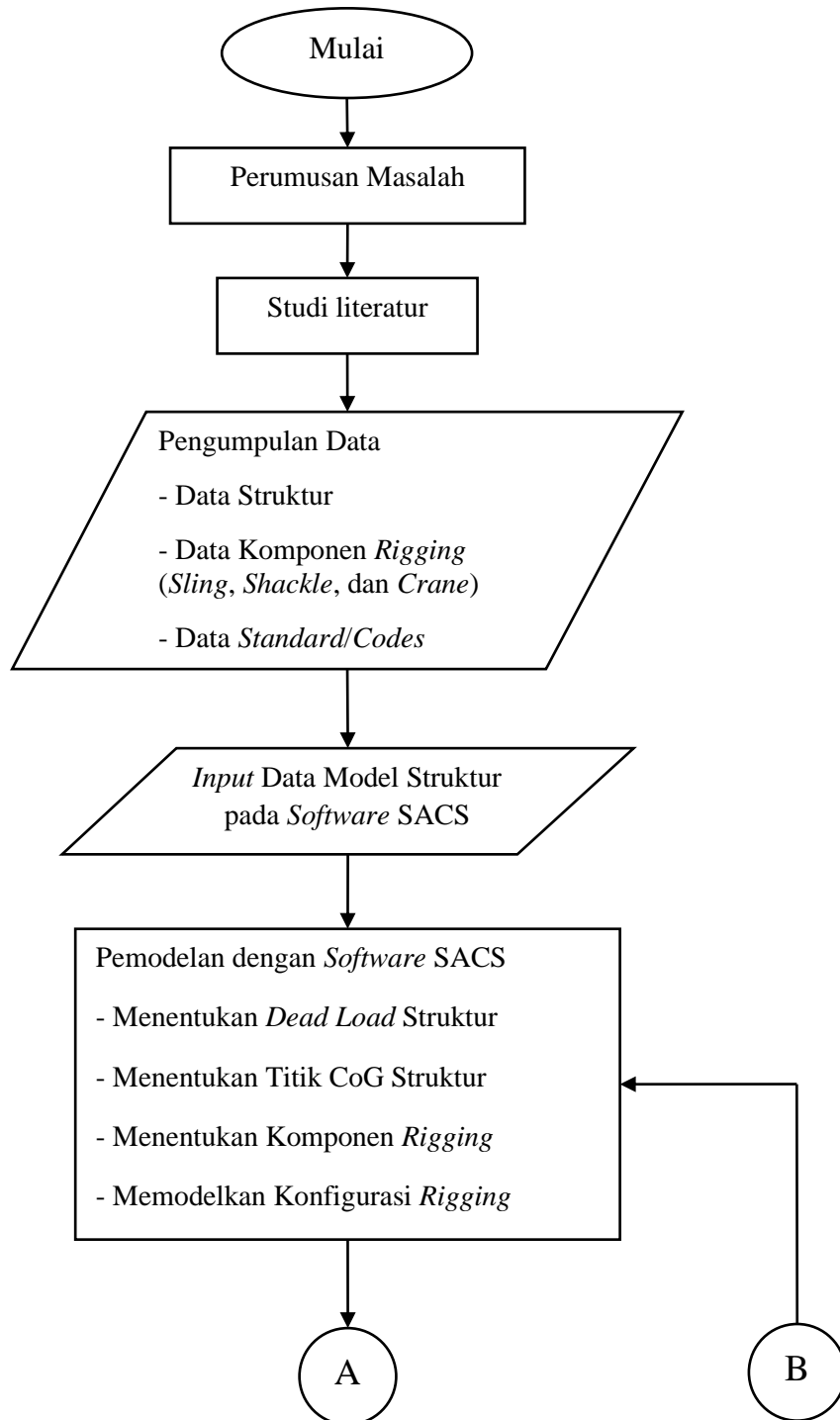


# BAB III

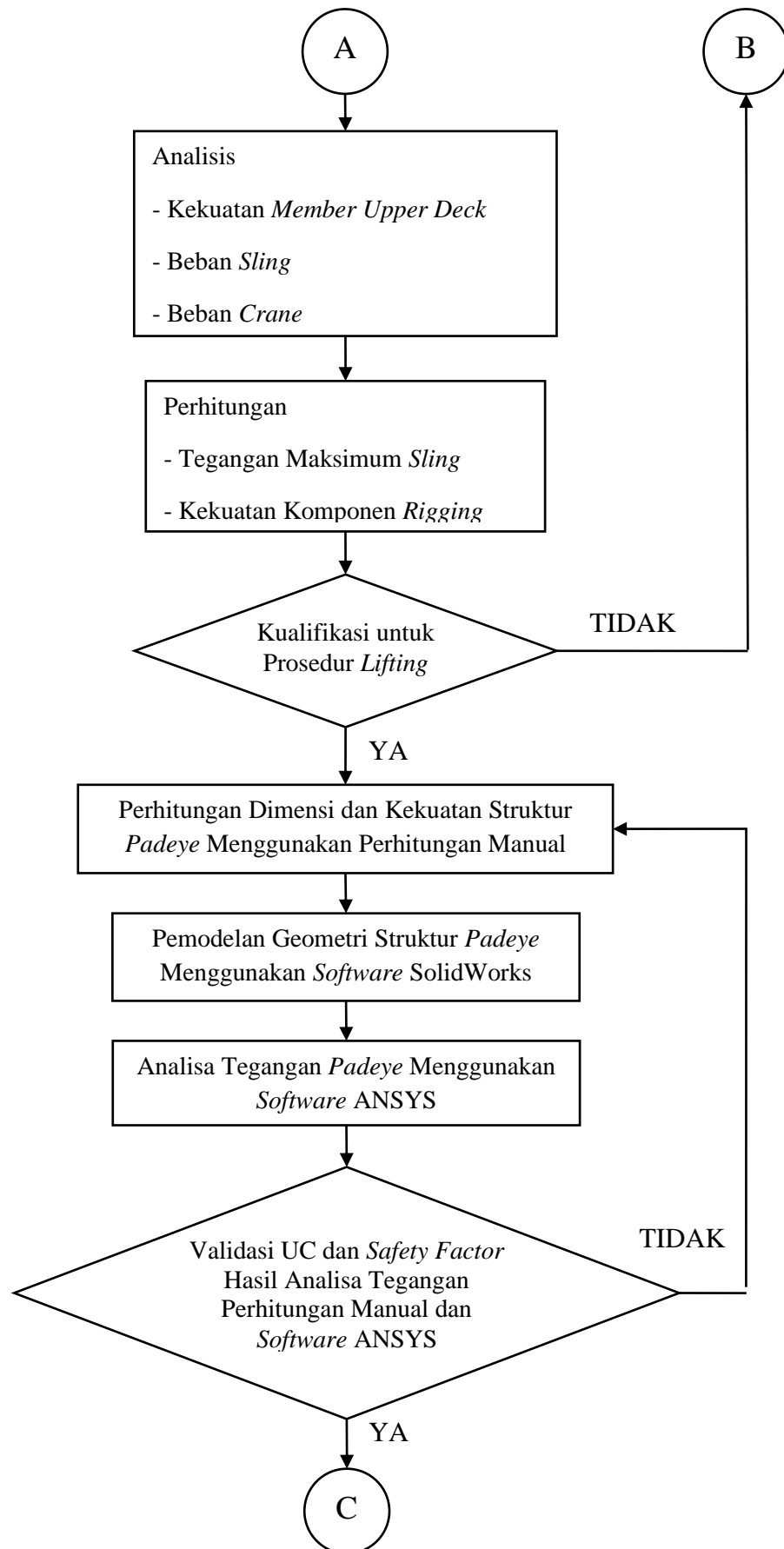
## METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Metode Penelitian

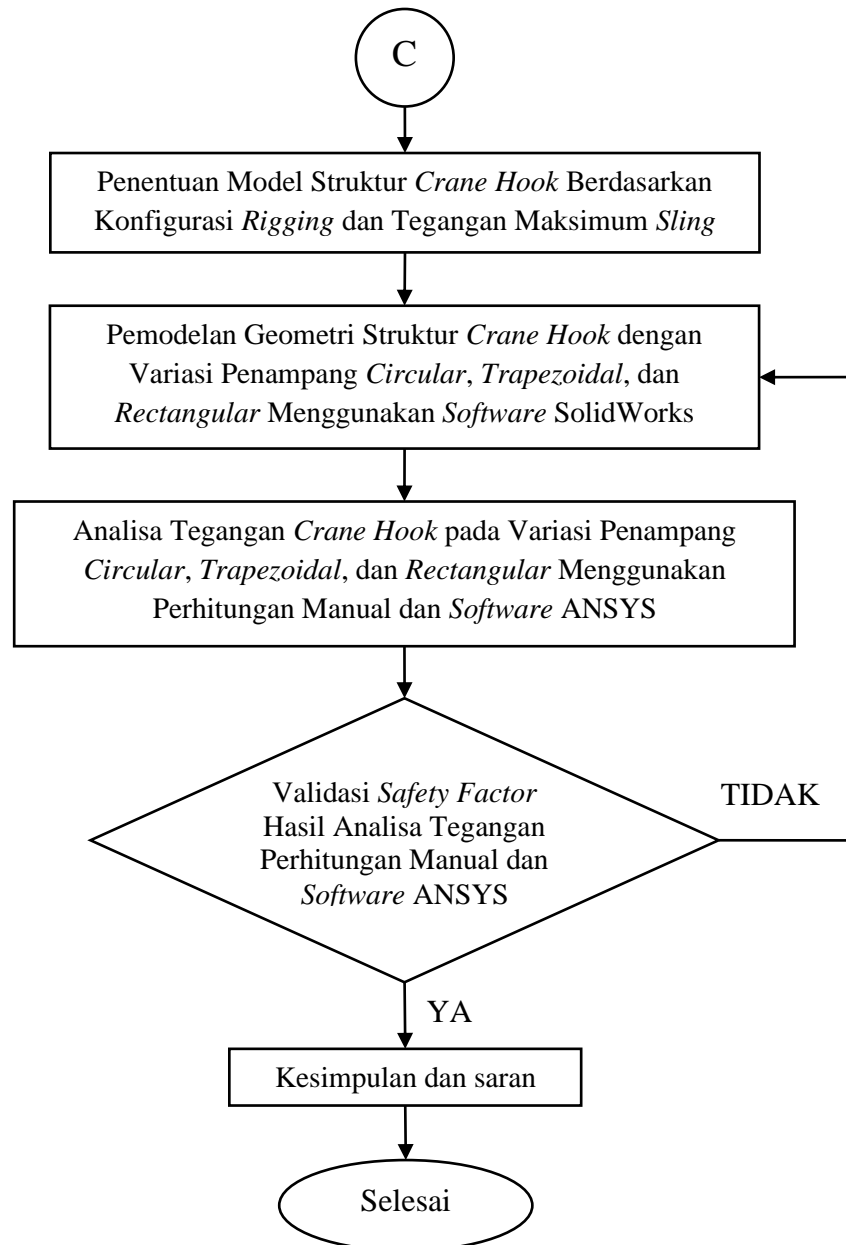
Metode penelitian yang digunakan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini dijelaskan dalam diagram alir sebagai berikut :



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian



**Gambar 3.1** Diagram Alir Penelitian (Lanjutan)



**Gambar 3.1** Diagram Alir Penelitian (Lanjutan)

### 3.2 Prosedur Penelitian

Tahapan-tahapan dalam melaksanakan penelitian atau analisis pada tugas akhir ini meliputi:

#### 1. Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah dilakukan untuk mengidentifikasi topik atau kasus yang telah ditentukan. Kemudian menentukan perumusan masalah dan tujuan penelitian dengan cara mencari rumusan masalah apa yang ingin dibahas dan menentukan tujuan serta manfaat dari penelitian ini.

#### 2. Studi Literatur

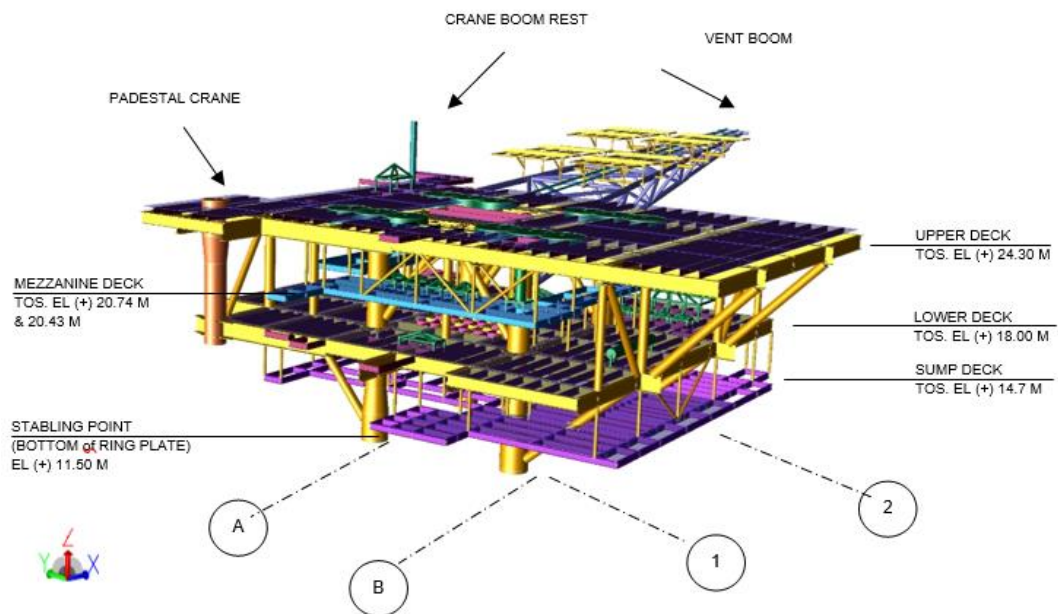
Studi literatur ini akan dilakukan dengan mencari, mempelajari, serta memahami penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya, buku-buku, dan jurnal yang berkaitan dengan rumusan masalah tugas akhir ini.

### 3. Pengumpulan Data

Data yang dibutuhkan dalam penelitian tugas akhir ini antara lain :

a. Data Struktur

Data yang digunakan sebagai objek studi adalah struktur *topside* milik PT. XYZ. Platform ini merupakan *wellhead platform* dengan 4 kaki dan memiliki empat buah dek yaitu upper deck, mezzanine deck, lower deck, dan sump deck. Terdapat *pedestal crane* disebelah barat laut struktur *upper deck* dan disediakan juga *vent boom* sepanjang 32 meter. Pada *upper deck* didesain untuk memfasilitasi operasi layanan sumur, namun juga dapat digunakan sebagai landasan helikopter untuk jenis Sikorsky S76-C+ dan AW-139. Data struktur *topside* berupa file SACS dengan tampak isometris dapat yang dilihat pada **Gambar 3.2** dan *equipment* pada tiap dek dapat dilihat pada **Tabel 3.1**.



**Gambar 3.2** Desain Struktur *Topside*

(Sumber : PT. XYZ, 2021)

**Tabel 3.1** *Equipment* dan Elevasi tiap *Deck* pada *Topside*

(Sumber : PT. XYZ, 2021)

| <i>Deck</i>  | <i>Equipment</i>  |
|--|---|
| <i>Sump Deck</i><br>TOS EL (+) 14,70 m                   | <i>Closed Drains Sump Pump</i>  |
|  | <i>Access walkway to swing rope</i>                                       |
| <i>Mezzanine Deck</i><br>TOS EL (+) 20,74 m<br>& 20,43 m | <i>One (1) Diesel Oil Storage Tote Tanks</i>                              |
|  | <i>One (1) Corrosion Inhibitor Tote Tanks</i>                             |
|  | <i>One (1) Biocide Tote Tanks</i>   |
|  | <i>One (1) Utility Water Tote Tanks</i>                                   |
| <i>Lower Deck</i><br>TOS EL (+) 18,00 m                  | <i>Pig Launcher</i>   |
|  | <i>Corrosion Inhibitor Injection Pump and Biocide Injection Pump Skid</i> |
|  | <i>Diesel Transfer Pump</i>   |

| <i>Deck</i>                             | <i>Equipment</i>                        |
|---|---|
| <i>Lower Deck</i><br>TOS EL (+) 18,00 m | <i>Instrument Gas Filter Coalescer</i>  |
|   | <i>Wellhead Control Panel</i>           |
|   | <i>Future Pig Receiver</i>              |
|   | <i>Electrical &amp; Instrument Room</i> |
|   | <i>Navigation Aids Lantern</i>          |
| <i>Upper Deck</i><br>TOS EL (+) 24,30 m | <i>Four (4) Battery Boxes</i>           |
|   | <i>Offshore Pedestal Crane</i>          |
|   | <i>Portable Diesel Generator</i>        |
|   | <i>Solar Panels</i>                     |
|   | <i>PAR-PIN for Rig Gangway Support</i>  |

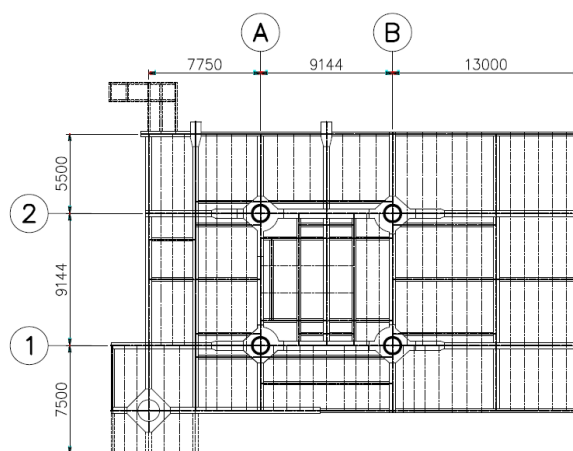
Struktur *topside* memiliki berat dan titik berat dengan berbagai kondisi terdapat pada **Tabel 3.2**.

**Tabel 3.2 Berat dan CoG Struktur *Topside* pada Berbagai Kondisi**

(Sumber : PT. XYZ, 2021)

| <i>Category</i>       | <i>Factored Weight</i> | <i>CoG (m)</i> |          |          |
|-----------------------|------------------------|----------------|----------|----------|
|                       | <b>W (MT)</b>          | <b>X</b>       | <b>Y</b> | <b>Z</b> |
| <i>Dry</i>            | 1063,00                | 1,73           | 0,53     | 20,47    |
| <i>Operation</i>      | 1824,00                | 1,23           | -0,03    | 20,96    |
| <i>Load Out</i>       | 1263,00                | 1,48           | 0,59     | 18,94    |
| <i>Transportation</i> | 1332,00                | 1,38           | 0,55     | 18,34    |
| <i>Lifting</i>        | 1077,00                | 1,73           | 0,69     | 20,73    |

Dalam penelitian proses *lifting* pada struktur *topside*, dimana bagian yang akan di analisis berupa proses *lifting* pada bagian *upper deck* yang memiliki bentuk *lay-out drawing* seperti pada **Gambar 3.3**.



**Gambar 3.3 Drawing Layout Upper Deck**

(Sumber : PT. XYZ, 2021)

b. Data komponen *rigging*

Data *rigging* berupa data *slings*, *shackle* dan *crane* milik PT. XYZ ;

*Sling* : KTL Offshore (10,1 m x 2,5 in), SWL = 50 ton, MBL = 2691,6 kN

T&C Pte Ltd (10,2 m x 2,5 in), SWL = 50 ton, MBL = 2691,6 kN

T&C Pte Ltd (11 m x 2,5 in), SWL = 50 ton, MBL = 2691,6 kN

*Shackle* : Crosby G-2130 dengan SWL = 55 ton

*Crane* : IHICCH 2800 dengan kapasitas 280 ton

CKE 2500 dengan kapasitas 250 ton

c. Data *standard* atau *codes*

Dalam analisis *lifting* perlu menggunakan *standard* sebagai acuan agar hasil analisis sesuai dengan *standard* internasional. Pada analisis ini penentuan konfigurasi dan perhitungan komponen *rigging* mengacu pada DNV GL-ST-N001 (2016), GL 0027/ND (2015) dan DNV-OS-H205 (2014). Kemudian untuk pembebanan mengacu pada API RP 2A-WSD (2014) dan perhitungan tegangan ijin untuk setiap tegangan yang terjadi pada *padeye* mengacu pada AISC edisi ke-9 (1989).

#### 4. Penentuan Faktor

Penentuan faktor struktur bertujuan untuk mengantisipasi hal-hal yang tidak diinginkan saat operasi *lifting*. Beberapa pemfaktoran akan diinput pada *software* SACS meliputi faktor kontigensi, DAF (*Dynamic Amplification Factor*), dan SKL (*Skew Load Factor*).

#### 5. Pemodelan Struktur

Pemodelan struktur menggunakan *software* SACS dimulai dengan menentukan *dead load* struktur dan titik berat atau CoG (*Centre of Gravity*). Kemudian dilakukan pemodelan konfigurasi *rigging*, yaitu penentuan letak *lifting point* berdasarkan titik CoG. Mengacu pada DNV OS H-205 (2014), desain *lifting point* terdiri atas *single point* dan *multi point*. Pada analisis ini, desain *lifting point* dipilih tipe *multi point* dengan jumlah sebanyak empat titik dengan masing-masing *hook point* memiliki empat *lifting point* dan tidak menggunakan *spreader bar*.

#### 6. Analisis Kekuatan Struktur *Upper Deck*

Analisis kekuatan struktur *upper deck* dengan menggunakan *software* SACS untuk mengetahui *unity check* (UC) yang terjadi pada tiap *member* serta *member* kritis pada struktur *upper deck*. Perhitungan defleksi yang terjadi pada *member deck* juga dilakukan untuk menentukan besarnya defleksi pada struktur *upper deck* apakah melebihi batas defleksi yang telah ditentukan serta untuk mengetahui gagal tidaknya analisis *lifting* yang dilakukan.

#### 7. Analisis Kekuatan Komponen *Rigging*

Analisa kekuatan *slings* dan *shackle* berupa perhitungan manual didasarkan pada gaya yang bekerja pada tiap-tiap *lifting point*. Kemudian didapatkan *slings properties* dan tipe *shackle* yang akan digunakan dengan mempertimbangkan konfigurasi *lifting* yang telah ditentukan. Dimensi *padeye* dibuat berdasarkan dimensi dari *shackle*.

#### 8. Analisis Kapasitas *Crane*

Analisis kapasitas *crane* dilakukan untuk mengetahui kriteria *crane* yang sesuai dan untuk menentukan panjang *boom* serta *working radius crane* yang optimal agar tidak terjadi kegagalan saat proses *lifting*.

## **9. Analisis *Lifting Arrangement***

Analisis *lifting arrangement* dengan membuat *drawing* menggunakan *software* AutoCAD bertujuan untuk menentukan jarak *clearance* antara struktur *upper deck* dan *crane boom* serta menentukan posisi *crane* saat operasi *lifting* dilakukan

## **10. Pemodelan Struktur *Padeye***

Pemodelan geometri struktur *padeye* secara tiga dimensi menggunakan *software* SolidWorks kemudian *input* gaya dan *fixed support* menggunakan *software* ANSYS. Material yang digunakan adalah API 2H Grade 50 dengan dimensi dan ukuran berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan.

## **11. Analisis Kekuatan Struktur *Padeye***

Analisis kekuatan struktur *padeye* dilakukan dengan perhitungan manual dan *software* ANSYS untuk mengetahui tegangan serta deformasi yang terjadi pada daerah sekitar lubang *padeye* dan daerah *attachments*. Kemudian dilanjutkan dengan menghitung UC dan *safety factor* (SF) dari struktur *padeye* untuk menentukan gagal tidaknya struktur *padeye* saat operasi *lifting* dilakukan.

## **12. Penentuan Model Struktur *Crane Hook***

Penentuan model struktur *crane hook* didasarkan pada model konfigurasi *rigging* dan perhitungan tegangan maksimum *slings* dengan sudut *slings* terkecil.

## **13. Pemodelan Struktur *Crane Hook***

Pemodelan geometri struktur *crane hook* secara tiga dimensi berdasarkan tiga variasi penampang yaitu penampang *circular*, *trapezoidal*, dan *rectangular* menggunakan *software* SolidWorks kemudian *input* gaya dan *fixed support* menggunakan *software* ANSYS. Material yang digunakan adalah *structural steel* dengan dimensi dan ukuran berdasarkan model struktur *crane hook* yang telah dilakukan.

## **14. Analisis Kekuatan *Crane Hook***

Analisis kekuatan struktur *crane hook* dilakukan menggunakan perhitungan manual dan *software* ANSYS, dengan tujuan untuk melihat bagaimana respon *crane hook* pada tiap variasi penampangnya ketika dilakukan *lifting* dengan konfigurasi *rigging* yang telah ditentukan. Selanjutnya dilakukan perhitungan *safety factor* (SF) berdasarkan hasil analisis tegangan struktur *crane hook* untuk menentukan gagal tidaknya struktur *crane hook* saat operasi *lifting* dilakukan.

## **15. Kesimpulan dan Saran**

Dari seluruhan analisis dan perhitungan yang dilakukan, akan dilakukan penarikan kesimpulan dan saran yang diharapkan akan bermanfaat untuk pembaca ataupun penelitian selanjutnya.

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*



## BAB IV

### ANALISA DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Pemodelan Konfigurasi *Rigging*

Pemodelan konfigurasi *rigging* merupakan pemodelan global menggunakan *software* SACS 5.7 yang dilakukan untuk mendapatkan *dead load* dan untuk menentukan koordinat titik berat dari struktur *upper deck*. Kemudian dilanjutkan dengan menentukan *lifting point* yang bertujuan untuk memodelkan konfigurasi *rigging*.

##### 4.1.1 Berat dan Titik Berat Struktur *Upper Deck*

Penentuan berat dan titik berat struktur dilakukan bertujuan sebagai acuan dari pemodelan konfigurasi *rigging*. Berat dari struktur merupakan *dead load* dari modul *upper deck* beserta plat dengan *density* 0,0001 ton/m<sup>3</sup> adalah sebesar 155,15 MT. Plat pada struktur *upper deck* memiliki ketebalan 10 mm dan 12 mm beserta *grating* dengan ketebalan 38 mm. Berat dari struktur tersebut kemudian dikalikan dengan *load factor* yaitu faktor kontigensi dan DAF seperti pada **Tabel 4.1**.

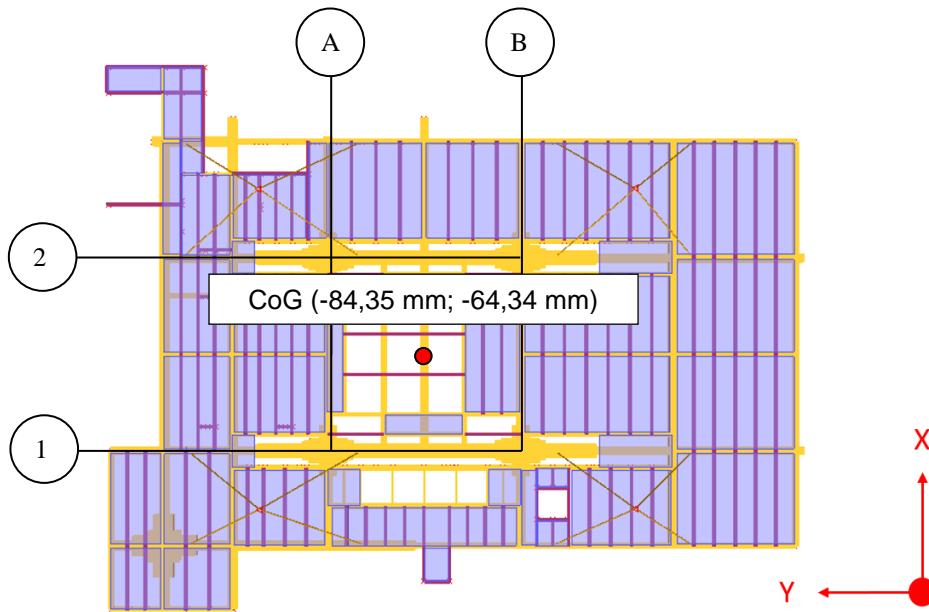
**Tabel 4.1 Berat Struktur *Upper Deck* dengan Pemfaktoran**

| Deskripsi  | Beban (MT) |
|--|------------|
| <i>Dead Load</i>   | 155,15     |
| <i>Contingency Factor (Dead Load x 1,03)</i>             | 159,805    |
| DAF ( <i>Onshore</i> ) ( <i>Dead Load</i> x 1,03 x 1,15) | 183,776    |

Proses *lifting* pada sebuah struktur tidak akan lepas dari titik berat atau CoG (*Center of Gravity*) karena titik berat merupakan aspek penting pada proses *lifting*. Setelah menentukan *dead load* dari struktur, perhitungan titik berat dilakukan dengan bantuan *software* SACS, dan didapatkan koordinat titik berat struktur *upper deck* adalah seperti pada **Tabel 4.2** dan pada **Gambar 4.1**.

**Tabel 4.2 Titik Berat pada Struktur *Upper Deck***

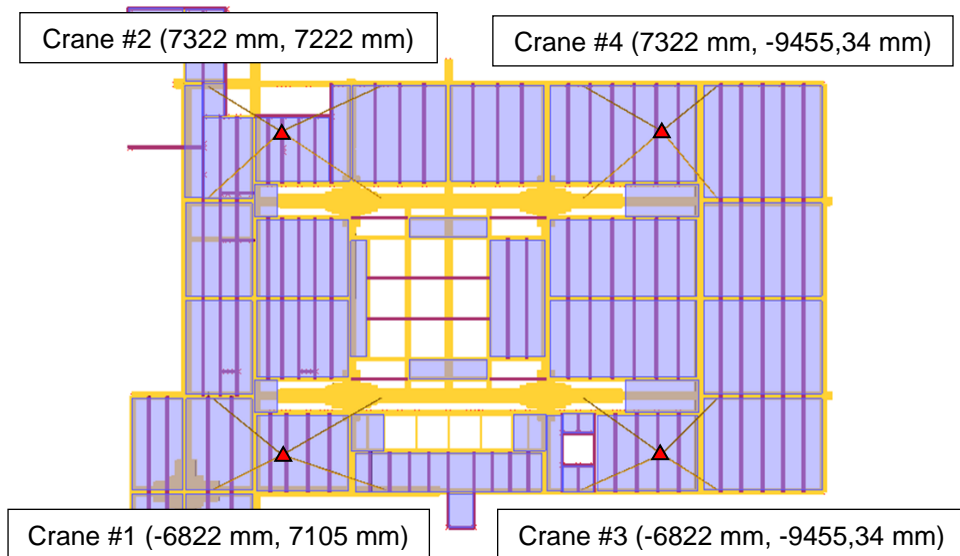
| Sumbu | Koordinat (mm) |
|-------|----------------|
| X     | -84,35         |
| Y     | -64,34         |



**Gambar 4.1** Koordinat Titik Berat pada Struktur *Upper Deck*

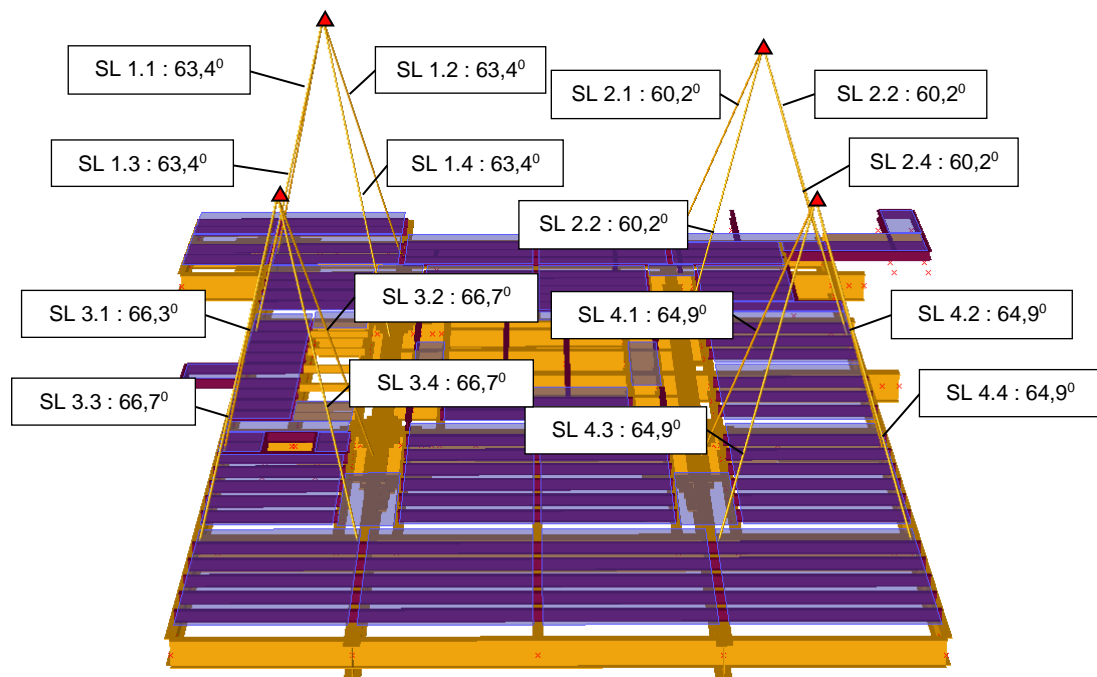
#### 4.1.2 Penentuan *Lifting Point* dan Konfigurasi *Rigging*

Pemodelan konfigurasi *rigging* dimulai dengan menentukan letak *lifting point* berdasarkan titik CoG. Mengacu pada DNV OS H-205 (2014), desain *lifting point* terdiri atas *single point* dan *multi point*. Pada analisis ini, desain *lifting point* dipilih tipe *multi point* dengan jumlah sebanyak delapan *lifting point*. Letak *lifting point* diletakkan pada *main grider* untuk mengurangi resiko kegagalan. Proses *lifting upper deck* ini menggunakan 4 *crane*, dengan koordinat *hook point* seperti pada **Gambar 4.2**.



**Gambar 4.2** Koordinat *Hook Point Lifting* pada Struktur *Upper Deck*

Penentuan konfigurasi *lifting* juga dilakukan berdasarkan dengan sudut pada *sling*, dimana semakin kecil sudut *sling* maka tegangan pada *sling* akan semakin kecil beserta faktor keamanannya (Onur, 2018). Berdasarkan GL 0027/ND (2015), sudut *sling* biasanya tidak boleh kurang dari 45°. Konfigurasi *rigging* yang telah dilakukan dengan besar sudut pada tiap *sling* dengan sudut terkecil terdapat pada *sling* 2.1, *sling* 2.2, *sling* 2.3, dan *sling* 2.4 sebesar 60,25° dapat dilihat pada **Gambar 4.3**.



**Gambar 4.3** Konfigurasi *Lifting Upper Deck* dan Besar Sudut pada Tiap *Sling*

## 4.2 Analisis Kekuatan Konfigurasi *Rigging*

Analisis kekuatan konfigurasi *rigging* merupakan analisis statis atau analisis tegangan global pada struktur *upper deck* dengan konfigurasi *rigging* ditambah pemfaktoran beban menggunakan *software* SACS. Hasil dari analisis statis tersebut digunakan sebagai acuan perhitungan kekuatan konfigurasi *rigging* yang bertujuan untuk menentukan gagal tidaknya struktur *upper deck* saat proses *lifting*.

### 4.2.1 Analisis Kekuatan *Member Deck*

Analisis kekuatan *member deck* merupakan nilai UC (*Unity Check*) maksimum dari *member deck* dikalikan dengan *consequence factor* sebesar 1,35 untuk *member* yang berlokasi disekitar *lifting point* dan 1,15 untuk *member deck* lainnya. Berdasarkan DNV GL-ST-N001 (2016), faktor konsekuensi adalah faktor yang diterapkan dalam desain komponen yang bertujuan untuk memastikan bahwa komponen ini memiliki peningkatan faktor keamanan dalam kaitannya dengan konsekuensi kegagalannya. Dari hasil analisis pada **Tabel 4.3**, nilai UC maksimum pada *member* yang berlokasi di *lifting point* tertinggi terjadi pada *member* 7742 – 0013 dengan nilai 0,32.

**Tabel 4.3** Nilai UC untuk *Member Deck* pada *Lifting Point*

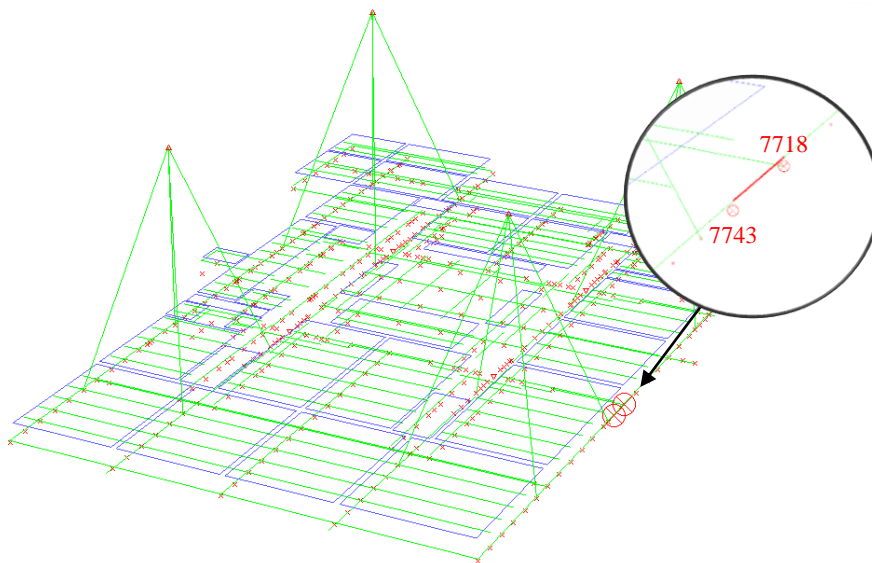
| <i>Lifting Point</i> | <i>Member ID</i> | Profil        | Panjang (mm) | <i>Unity Check</i> | <i>Cons Factor</i> | <i>Factored UC</i> | <i>Remarks</i> |
|----------------------|------------------|---------------|--------------|--------------------|--------------------|--------------------|----------------|
| SL 1.1               | 7429 - 7487      | W 920x420x344 | 416          | 0,03               | 1,35               | 0,04               | OK             |
| SL 1.2               | 7292 - 7289      | W 920x420x344 | 566          | 0,06               | 1,35               | 0,07               | OK             |
| SL 1.3               | 7515 - 7472      | W 920x420x344 | 914          | 0,07               | 1,35               | 0,09               | OK             |
| SL 1.4               | 7101 - 7184      | W 920x420x344 | 112          | 0,02               | 1,35               | 0,02               | OK             |
| SL 2.1               | 7293 - 7242      | W 920x420x344 | 800          | 0,04               | 1,35               | 0,05               | OK             |

| Lifting Point | Member ID   | Profil        | Panjang (mm) | Unity Check | Cons Factor | Factored UC | Remarks |
|---------------|-------------|---------------|--------------|-------------|-------------|-------------|---------|
| SL 2.2        | 7761 - 7785 | W 920x420x344 | 1050         | 0,03        | 1,35        | 0,05        | OK      |
| SL 2.3        | 7211 - 7185 | W 920x420x344 | 112          | 0,03        | 1,35        | 0,04        | OK      |
| SL 2.4        | 0011 - 7754 | W 920x420x344 | 457          | 0,02        | 1,35        | 0,03        | OK      |
| SL 3.1        | 7444 - 7446 | W 760x265x147 | 750          | 0,15        | 1,35        | 0,20        | OK      |
| SL 3.2        | 7143 - 7352 | W 920x420x344 | 400          | 0,02        | 1,35        | 0,03        | OK      |
| SL 3.3        | 7414 - 7402 | W 760x265x147 | 967          | 0,11        | 1,35        | 0,15        | OK      |
| SL 3.4        | 7121 - 7125 | W 920x420x344 | 967          | 0,08        | 1,35        | 0,10        | OK      |
| SL 4.1        | 7144 - 7360 | W 920x420x344 | 400          | 0,02        | 1,35        | 0,03        | OK      |
| SL 4.2        | 7742 - 0013 | W 760x265x147 | 457          | 0,24        | 1,35        | 0,32        | OK      |
| SL 4.3        | 7205 - 7132 | W 920x420x345 | 967          | 0,08        | 1,35        | 0,10        | OK      |
| SL 4.4        | 7706 - 7713 | W 760x265x147 | 967          | 0,16        | 1,35        | 0,22        | OK      |

Pada **Tabel 4.4** merupakan nilai lima UC tertinggi pada *member deck*. Nilai UC maksimum tertinggi pada *member upper deck* yang tidak berlokasi disekitar *lifting point* terjadi pada *member 7743 – 7718* dengan nilai 0,32 dapat dilihat pada **Gambar 4.4**. Berdasarkan nilai UC tersebut, disimpulkan bahwa konfigurasi *rigging* yang telah dilakukan dinilai aman karena nilai UC tertinggi kurang dari 1.

**Tabel 4.4** Lima UC Tertinggi pada *Member Deck*

| Member ID | Profil        | Panjang (mm) | Unity Check | Cons Factor | Factored UC | Remarks |
|-----------|---------------|--------------|-------------|-------------|-------------|---------|
| 7743-7718 | W 760x265x147 | 1029         | 0,276       | 1,15        | 0,32        | OK      |
| 0011-7754 | W 760x265x147 | 457          | 0,244       | 1,15        | 0,28        | OK      |
| 7742-0013 | W 760x265x147 | 457          | 0,239       | 1,15        | 0,27        | OK      |
| 7753-0011 | W 760x265x147 | 686          | 0,225       | 1,15        | 0,26        | OK      |
| 0013-7743 | W 760x265x147 | 571          | 0,222       | 1,15        | 0,26        | OK      |



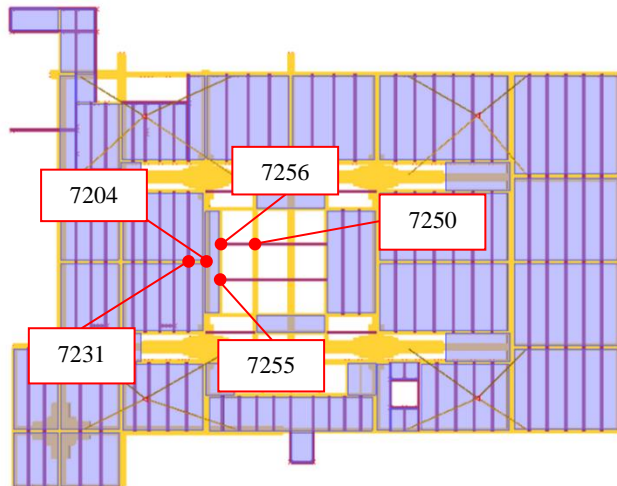
**Gambar 4.4** Letak *Member Kritis* pada Struktur *Upper Deck* pada saat *Lifting*

#### 4.2.2 Defleksi Pada *Member Deck*

Besar defleksi pada *deck* merupakan nilai *joint displacement* yang didapatkan dari hasil analisis statis. Perhitungan limit defleksi berupa panjang *beam* yang mengalami defleksi dibagi 360 dan nilai defleksi tidak boleh melebihi hasil dari limit defleksi tersebut. Lima defleksi tertinggi pada member deck dapat dilihat pada **Tabel 4.5** dan lokasinya pada **Gambar 4.5**.

**Tabel 4.5** Lima Defleksi Tertinggi pada *Member Deck*

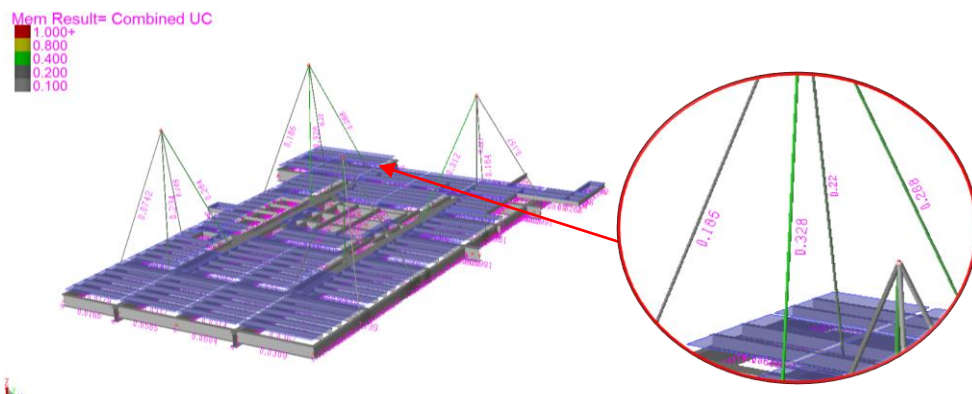
| Joint ID | Panjang | Tipe Limit | Nilai Limit | Defleksi | Remarks |
|----------|---------|------------|-------------|----------|---------|
|          | cm      |            | cm          | cm       |         |
| 7204     | 359,6   | L/360      | 0,999       | 0,945    | OK      |
| 7256     | 570     | L/360      | 1,583       | 0,943    | OK      |
| 7250     | 570     | L/360      | 1,583       | 0,937    | OK      |
| 7255     | 570     | L/360      | 1,583       | 0,936    | OK      |
| 7231     | 775     | L/360      | 2,153       | 0,930    | OK      |



**Gambar 4.5** Lokasi Lima *Joint* dengan Defleksi Tertinggi

#### 4.2.3 Analisis Kekuatan *Sling*

Analisis kekuatan *sling* diawali dengan menentukan nilai UC. Berdasarkan hasil analisis statis, *member sling* dengan UC tertinggi terjadi pada *member* 7184-HK01 dengan nilai 0,328 seperti pada **Gambar 4.6**.



**Gambar 4.6** Nilai UC *Member Sling* Tertinggi pada Konfigurasi *Rigging*

Setelah UC *sling* dinilai aman, langkah selanjutnya yaitu menghitung ketegangan maksimum yang terjadi pada *sling*. Nilai tegangan *sling* yang merupakan *ouput* dari analisis statis dikalikan dengan *load factor* yaitu faktor kontigensi, DAF, dan SKL. Hasil cek tegangan *sling* dapat dilihat pada **Tabel 4.6**.

**Tabel 4.6 Cek Tegangan Sling**

| <i>Member</i> | Tegangan (MT) | <i>Contingency Factor</i> | DAF  | SKL  | <i>Factory Tension</i> (MT)        |
|---------------|---------------|---------------------------|------|------|------------------------------------|
|               | A             | B                         | C    | D    | $E = A \times B \times C \times D$ |
| SL 1.1        | 15,162        | 1,1                       | 1,05 | 1,25 | 21,890                             |
| SL 1.2        | 18,433        | 1,1                       | 1,05 | 1,25 | 26,613                             |
| SL 1.3        | 12,754        | 1,1                       | 1,05 | 1,25 | 18,413                             |
| SL 1.4        | 22,582        | 1,1                       | 1,05 | 1,25 | 32,602                             |
| SL 2.1        | 15,198        | 1,1                       | 1,05 | 1,25 | 21,942                             |
| SL 2.2        | 10,825        | 1,1                       | 1,05 | 1,25 | 15,629                             |
| SL 2.3        | 21,426        | 1,1                       | 1,05 | 1,25 | 30,934                             |
| SL 2.4        | 12,638        | 1,1                       | 1,05 | 1,25 | 18,247                             |
| SL 3.1        | 7,255         | 1,1                       | 1,05 | 1,25 | 10,475                             |
| SL 3.2        | 19,502        | 1,1                       | 1,05 | 1,25 | 28,156                             |
| SL 3.3        | 5,103         | 1,1                       | 1,05 | 1,25 | 7,367                              |
| SL 3.4        | 16,097        | 1,1                       | 1,05 | 1,25 | 23,240                             |
| SL 4.1        | 18,496        | 1,1                       | 1,05 | 1,25 | 26,703                             |
| SL 4.2        | 9,369         | 1,1                       | 1,05 | 1,25 | 13,526                             |
| SL 4.3        | 13,777        | 1,1                       | 1,05 | 1,25 | 19,891                             |
| SL 4.4        | 6,828         | 1,1                       | 1,05 | 1,25 | 9,858                              |

Setelah mendapatkan nilai tegangan maksimum *sling* kemudian dilanjutkan dengan menghitung keamanan dari konfigurasi *rigging* berdasarkan dari tegangan maksimum *sling* tersebut. Pada analisis ini digunakan konfigurasi *sling* dengan panjang 11 m, 10,2 m, dan 10,1 m dengan masing-masing memiliki diameter 2,5 inci. Untuk kekuatannya, *wire rope sling* memiliki nilai SWL sebesar 50 ton. Nilai SWL tersebut kemudian dibagi dengan tegangan maksimum *sling* hingga didapatkan *safety factor* seperti pada **Tabel 4.7**.

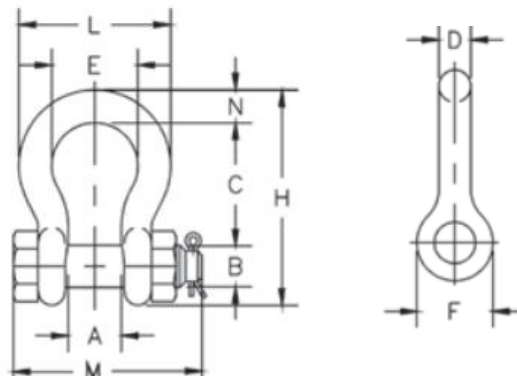
**Tabel 4.7 Cek Kapasitas Sling**

| <i>Member</i> | Dimensi      | Tegangan (MT) | SWL (ton) | <i>Safety Factor</i> | <i>Remark</i> |
|---------------|--------------|---------------|-----------|----------------------|---------------|
|               |              | A             | B         | $C = B / A$          | $OK = C > 1$  |
| SL 1.1        | 2½" x 11 m   | 21,890        | 50,000    | 2,284                | OK            |
| SL 1.2        | 2½" x 11 m   | 26,613        | 50,000    | 1,879                | OK            |
| SL 1.3        | 2½" x 11 m   | 18,413        | 50,000    | 2,715                | OK            |
| SL 1.4        | 2½" x 11 m   | 32,602        | 50,000    | 1,534                | OK            |
| SL 2.1        | 2½" x 10,2 m | 21,942        | 50,000    | 2,279                | OK            |
| SL 2.2        | 2½" x 10,2 m | 15,629        | 50,000    | 3,199                | OK            |
| SL 2.3        | 2½" x 10,2 m | 30,934        | 50,000    | 1,616                | OK            |

| Member | Dimensi      | Tegangan (MT) | SWL (ton) | Safety Factor | Remark     |
|--------|--------------|---------------|-----------|---------------|------------|
|        |              | A             | B         | C = B / A     | OK = C > 1 |
| SL 2.4 | 2½" x 10,2 m | 18,247        | 50,000    | 2,740         | OK         |
| SL 3.1 | 2½" x 10,1 m | 10,475        | 50,000    | 4,773         | OK         |
| SL 3.2 | 2½" x 10,1 m | 28,156        | 50,000    | 1,776         | OK         |
| SL 3.3 | 2½" x 10,1 m | 7,367         | 50,000    | 6,787         | OK         |
| SL 3.4 | 2½" x 10,1 m | 23,240        | 50,000    | 2,151         | OK         |
| SL 4.1 | 2½" x 10,1 m | 26,703        | 50,000    | 1,872         | OK         |
| SL 4.2 | 2½" x 10,1 m | 13,526        | 50,000    | 3,697         | OK         |
| SL 4.3 | 2½" x 10,1 m | 19,891        | 50,000    | 2,514         | OK         |
| SL 4.4 | 2½" x 10,1 m | 9,858         | 50,000    | 5,072         | OK         |

#### 4.2.4 Analisis Kekuatan Shackle

Penentuan dimensi *shackle* dihitung berdasarkan tegangan maksimum yang terjadi pada *sling*. Pada *lifting upper deck* ini digunakan *shackle* dengan tipe Crosby G-2130 yang memiliki SWL sebesar 55 ton. Dimensi dan ukuran dari *shackle* Crosby G-2130 dapat dilihat pada **Gambar 4.7** dan **Tabel 4.8**.



**Gambar 4.7** Dimensi *Shackle* Crosby G-2130

**Tabel 4.8** Dimensi *Shackle* Crosby G-2130

| SWL (ton) | Dimensi (mm) |       |       |       |        |        |        |        |        |      |
|-----------|--------------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|------|
|           | A            | B     | C     | D     | E      | F      | H      | L      | M      | N    |
| 55        | 104,9        | 71,12 | 266,7 | 68,83 | 184,15 | 144,53 | 454,66 | 323,85 | 344,93 | 79,5 |

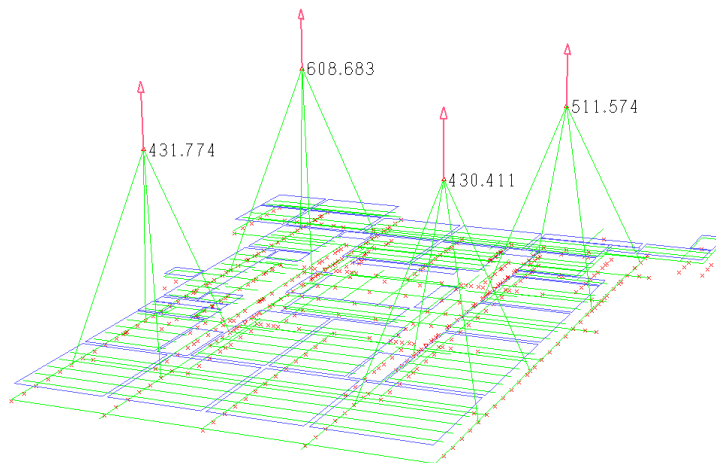
Perhitungan cek kapasitas *shackle* bertujuan untuk memastikan aman tidaknya tersebut *shackle* digunakan berdasarkan tegangan maksimum *sling*. Perhitungan cek kapasitas *shackle* berupa nilai SWL dari *shackle* dibagi dengan tegangan maksimum *sling* sehingga didapatkan *safety factor*, dan nilai *safety factor* tersebut tidak boleh kurang dari 1. Perhitungan keamanan *shackle* tersebut dapat dilihat pada **Tabel 4.9**.

**Tabel 4.9 Cek Kapasitas *Shackle***

| <i>Member</i> | Tegangan (ton) | SWL (ton) | <i>Safety Factor</i> | <i>Remark</i> |
|---------------|----------------|-----------|----------------------|---------------|
|               | A              | B         | $C = B / A$          | $OK = C > 1$  |
| SL 1.1        | 21,890         | 55        | 2,513                | OK            |
| SL 1.2        | 26,613         | 55        | 2,067                | OK            |
| SL 1.3        | 18,413         | 55        | 2,987                | OK            |
| SL 1.4        | 32,602         | 55        | 1,687                | OK            |
| SL 2.1        | 21,942         | 55        | 2,507                | OK            |
| SL 2.2        | 15,629         | 55        | 3,519                | OK            |
| SL 2.3        | 30,934         | 55        | 1,778                | OK            |
| SL 2.4        | 18,247         | 55        | 3,014                | OK            |
| SL 3.1        | 10,475         | 55        | 5,251                | OK            |
| SL 3.2        | 28,156         | 55        | 1,953                | OK            |
| SL 3.3        | 7,367          | 55        | 7,465                | OK            |
| SL 3.4        | 23,240         | 55        | 2,367                | OK            |
| SL 4.1        | 26,703         | 55        | 2,060                | OK            |
| SL 4.2        | 13,526         | 55        | 4,066                | OK            |
| SL 4.3        | 19,891         | 55        | 2,765                | OK            |
| SL 4.4        | 9,858          | 55        | 5,579                | OK            |

#### 4.2.5 Penentuan Kapasitas *Crane*

Pada **Gambar 4.8** merupakan *load reaction* yang terdapat pada *hook point* merupakan *output* dari analisis statis menggunakan *software* SACS dan digunakan untuk memilih *crane* yang akan digunakan. Kemudian pada perhitungan untuk cek kapasitas *crane*, dimasukkan *main hook weight*, *rigging weight*, dan *load factor* dari faktor kontingensi dan DAF dapat dilihat pada Tabel 4.10. Sedangkan untuk nilai *boom length* dan *working radius* dapat dilihat pada katalog *crane* yang digunakan. Pelaksanaan prosedur *lifting upper deck* menggunakan empat *crawler crane* dengan dua jenis yang berbeda yaitu IHICCH2800 dan CKE2500 dengan kapasitas masing-masing jenis *crane* adalah 280 dan 250 ton.



**Gambar 4.8** *Joint Reaction* pada *Hook Point*

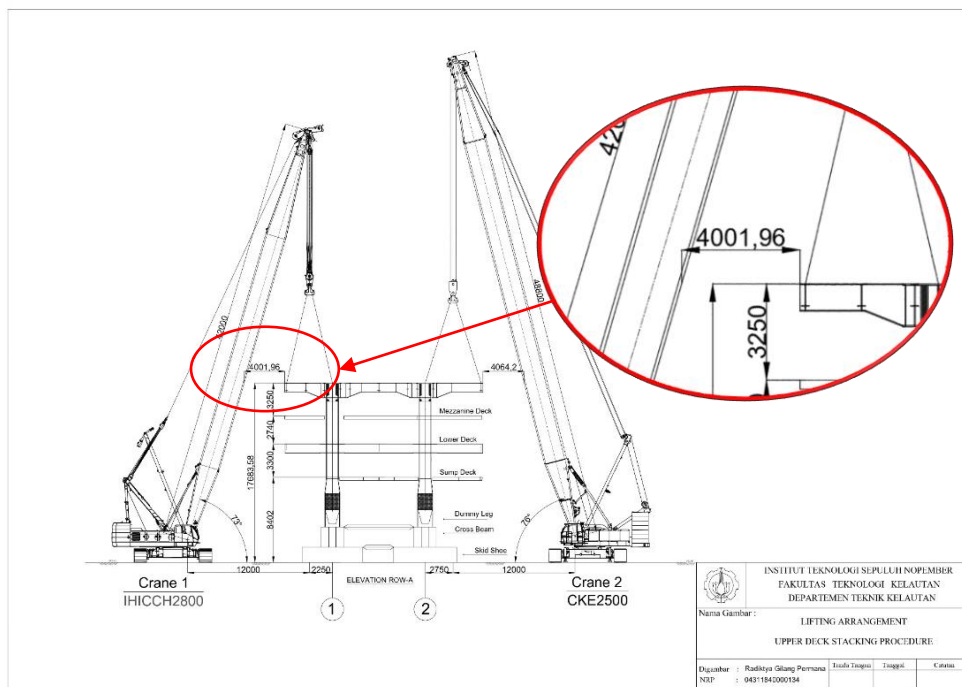


**Tabel 4.10 Cek Kapasitas Crane**

| No     | Deskripsi                 |    | Crane 1    | Crane 2    | Crane 3 | Crane 4 |
|--------|---------------------------|----|------------|------------|---------|---------|
|        |                           |    | IHICCH2800 | IHICCH2800 | CKE2500 | CKE2500 |
| 1      | Reaksi                    | kN | 608,683    | 511,574    | 431,774 | 430,411 |
| 2      | Reaksi                    | MT | 62,068     | 52,166     | 44,029  | 43,890  |
| 3      | Berat <i>Main Hook</i>    | MT | 1,8        | 1,8        | 1,8     | 1,8     |
| 4      | Berat <i>Rigging</i>      | MT | 0,6        | 0,6        | 0,6     | 0,6     |
| 5      | <i>Contingency Factor</i> | -  | 1,1        | 1,1        | 1,1     | 1,1     |
| 6      | DAF                       | -  | 1,15       | 1,15       | 1,15    | 1,15    |
| 7      | Panjang <i>Boom</i>       | m  | 42         | 51         | 51,8    | 51,8    |
| 8      | Beban total               | MT | 80,917     | 68,390     | 53,253  | 53,093  |
| 9      | <i>Working radius</i>     | m  | 12         | 12         | 14      | 14      |
| 10     | Kapasitas crane           | MT | 90,9       | 85,7       | 68      | 68      |
| 11     | <i>Lifting Ratio</i>      |    | 89%        | 80%        | 85%     | 85%     |
| Remark |                           |    | OK         | OK         | OK      | OK      |

### 4.3 Analisa *Lifting Arrangement*

Analisis *lifting arrangement* merupakan salah satu metode untuk memastikan prosedur *lifting* aman untuk dilaksanakan. Menurut Franciska *et al.*, (2020), *lifting arrangement* adalah susunan rencana untuk pengangkatan sebuah *equipment* yang berukuran besar menggunakan aksesoris pendukung. Prioritas utama dalam pengangkatan adalah keselamatan dari struktur yang akan di angkat. Dalam penelitian ini penggambaran *lifting arrangement* menggunakan *software* AutoCAD dengan tujuan memperhitungkan *clearance* antara struktur *upper deck* dengan *crane boom* dan menentukan posisi *crane* saat operasi *lifting*.



**Gambar 4.9 *Lifting Arrangement* Struktur *Upper Deck* pada *Topside* PT.XYZ**

Pada **Gambar 4.9** didapatkan hasil analisis diketahui operasi *lifting* dinyatakan aman dikarenakan *clearance* terkecil terdapat pada *crane* 1 sebesar 4 meter lebih besar dari batas amannya yaitu sebesar 1,5 meter. Pada *crane* 1 juga memiliki sudut *crane boom* paling kecil yaitu sebesar  $73^\circ$ .

#### 4.4 Perhitungan *Padeye*

Dalam mendesain sebuah *padeye*, dimensi *padeye* ditentukan berdasarkan dimensi dari *shackle*. Kemudian beberapa hal harus dipertimbangkan dalam perhitungan *padeye* antara lain beban-beban yang didistribusikan dari *shackle*, tipe dan ukuran elemen, dan tegangan yang terjadi di daerah *attachment* dan *pinhole* (DNV-OS-H205, 2014). Perhitungan desain *padeye* dapat berupa perhitungan manual maupun menggunakan metode elemen hingga.

##### 4.4.1 Perhitungan Dimensi *Padeye*

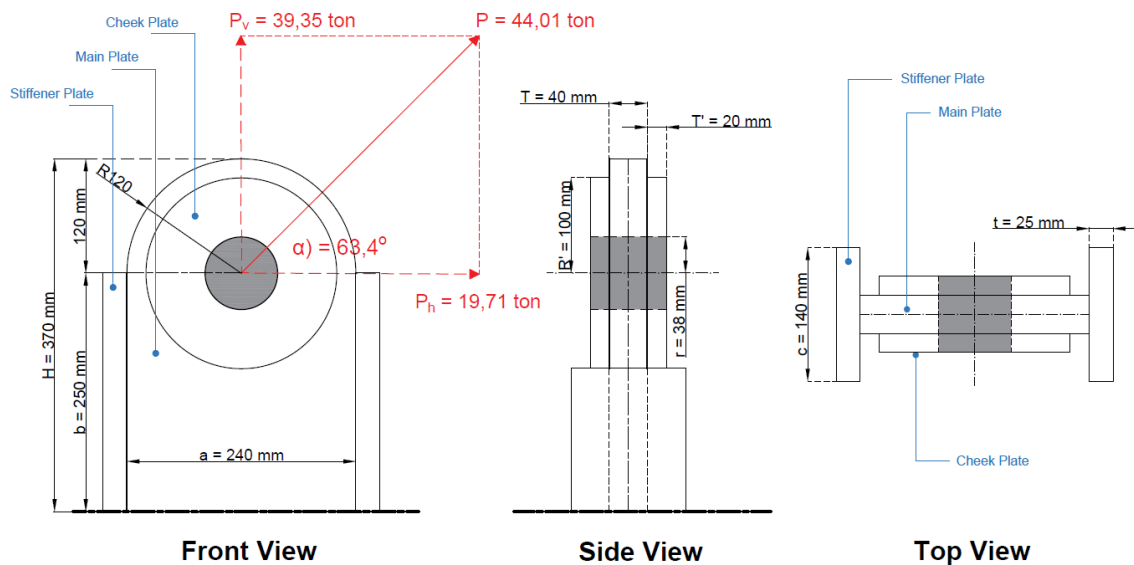
Material yang digunakan pada *padeye* adalah *steel* dengan tipe API 2H Grade 50. Material ini memiliki *yield stress* ( $F_y$ ) sebesar  $0,0362 \text{ ton mm}^{-2}$  dan modulus elastisitas ( $E$ ) sebesar  $20,39 \text{ ton mm}^{-2}$ . **Tabel 4.11** merupakan hasil penentuan dimensi *padeye* yang berdasarkan dari ukuran *shackle*. Struktur *padeye* pada analisis ini terdiri dari tiga *plate*, yaitu *main plate*, *cheek plate*, dan *stiffener plate*.

**Tabel 4.11 Dimensi *Padeye***

| Deskripsi                                   | Dimensi (mm) |
|---|--------------|
| <i>Main Plate</i>                           |              |
| Panjang (a)                                 | 240          |
| Tinggi (H)                                  | 370          |
| Jarak dari dasar plat ke <i>pinhole</i> (b) | 250          |
| Radius <i>main plate</i> (R)                | 120          |
| Radius <i>pinhole</i> (r)                   | 38           |
| Tebal <i>main plate</i> (T)                 | 40           |
| <i>Cheek Plate</i>                          |              |
| Tebal <i>cheek plate</i> (T')               | 20           |
| Radius <i>cheek plate</i> (R')              | 100          |
| <i>Stiffener Plate</i>                      |              |
| Lebar <i>stiffener plate</i> (c)            | 140          |
| Tebal <i>stiffener plate</i> (t)            | 25           |

Pada perhitungan tegangan maksimum *sling*, diketahui bahwa tegangan terbesar pada titik *lifting* adalah 32,601 MT yang kemudian dikalikan *consequence factor* sebesar 1,35 menjadi 44,01 ton dengan *working angle* ( $\alpha$ ) sebesar  $63,40^\circ$ . Berat tersebut digunakan sebagai acuan untuk menentukan gaya-gaya yang terjadi pada *padeye*. Bentuk struktur beserta arah gaya yang terjadi pada *padeye* dapat ditunjukkan pada **Gambar 4.10**. Gaya-gaya tersebut antara lain:

- Beban vertikal ( $P_v$ ) : 55,13 ton
- Beban horizontal ( $P_h$ ) : 22,54 ton



**Gambar 4.10** Dimensi dan Gaya yang Terjadi pada *Padeye*

#### 4.4.2 Analisa Kekuatan *Padeye*

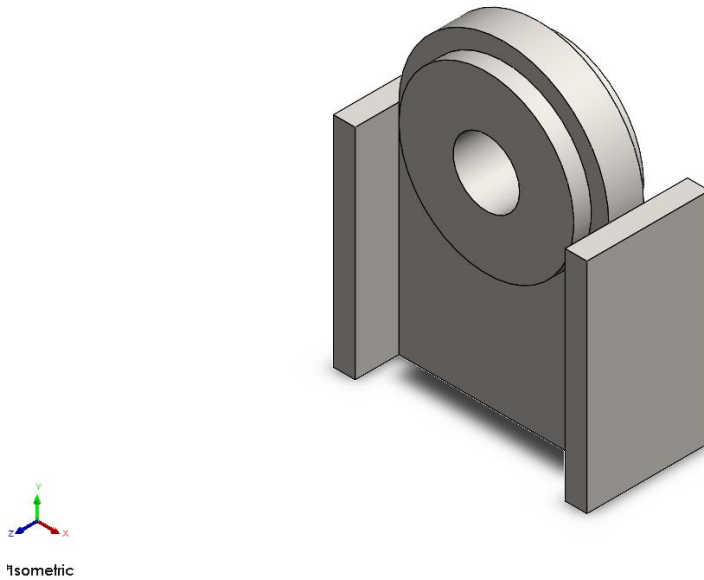
Analisa kekuatan *padeye* menggunakan perhitungan manual bertujuan untuk mengetahui kekuatan *padeye* khususnya pada bagian lubang *padeye* dan daerah *attachment* dengan perbandingan antara tegangan yang terjadi pada penampang terhadap tegangan ijin dari masing-masing tegangan yang ditinjau. Tegangan atau UC tertinggi pada *plate* sebesar 0,717 dan pada *welding partial penetration* sebesar 0,753. Pada pengelasan *padeye* diketahui *welding yield stress* ( $F_{yw}$ ) sebesar 0,0511 ton mm<sup>-2</sup> dan *welding thickness* ( $t_w$ ) sebesar 15 mm.

**Tabel 4.12** Cek Kapasitas *Padeye*

| No. | Item Checked                       | Tegangan               | Tegangan Ijin          | Unity Check | Cek Kegagalan |
|-----|------------------------------------|------------------------|------------------------|-------------|---------------|
|     |                                    | (ton/mm <sup>2</sup> ) | (ton/mm <sup>2</sup> ) |             |               |
| 1.  | <i>Plates</i>                      |                        |                        |             |               |
|     | A. <i>Bearing</i>                  | 0,00724                | 0,03258                | 0,222       | Tidak Gagal   |
|     | B. <i>Shear</i>                    | 0,00662                | 0,01448                | 0,457       | Tidak Gagal   |
|     | C. <i>Tensile</i>                  | 0,00265                | 0,02172                | 0,122       | Tidak Gagal   |
|     | D. Tegangan Aksial                 | 0,00671                | 0,02172                | 0,309       | Tidak Gagal   |
|     | E. <i>Inplane Bending</i>          | 0,00926                | 0,02389                | 0,388       | Tidak Gagal   |
|     | F. <i>Outplane Bending</i>         | 0,00048                | 0,02389                | 0,020       | Tidak Gagal   |
|     | G. <i>Combined Axial-Bending</i>   |                        |                        | 0,717       | Tidak Gagal   |
|     | H. <i>Hertz Pressure</i>           | 0,05948                | 0,09050                | 0,657       | Tidak Gagal   |
|     | UC Maksimum                        |                        |                        | 0,717       | Tidak Gagal   |
| 2.  | <i>Welding Partial Penetration</i> |                        |                        |             |               |
|     | A. <i>Shear</i>                    | 0,02044                | 0,40063                | 0,057       | Tidak Gagal   |
|     | B. <i>Inplane Bending</i>          | 0,02309                | 0,03066                | 0,753       | Tidak Gagal   |
|     | C. <i>Outplane Bending</i>         | 0,00329                | 0,03066                | 0,107       | Tidak Gagal   |
|     | UC Maksimum                        |                        |                        | 0,753       | Tidak Gagal   |
| 3.  | Perhitungan Tegangan Lokal         |                        |                        |             |               |
|     | A. Tegangan <i>Von Mises</i>       | 0,01239                | 0,03258                | 0,402       | Tidak Gagal   |

#### 4.4.3 Pemodelan *Padeye* Menggunakan *Software* SolidWorks dan ANSYS

Setelah dimensi *padeye* sudah ditentukan, maka dilanjutkan dengan melakukan analisis lokal terhadap *padeye* tersebut. Sebelum melakukan analisis lokal, *padeye* dimodelkan secara tiga dimensi menggunakan *software* SolidWorks seperti pada **Gambar 4.11**.

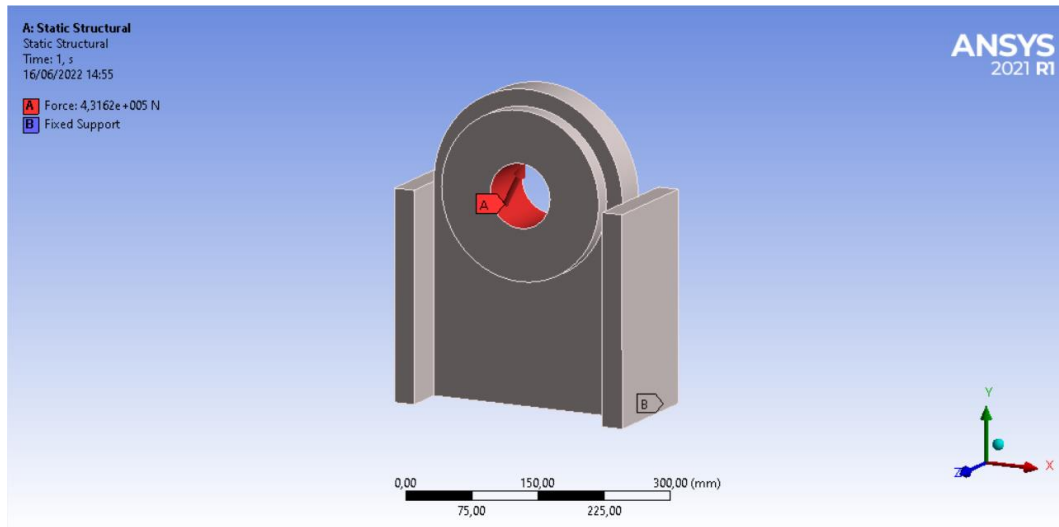


**Gambar 4.11** Model *Padeye* pada *Software* SolidWorks

Langkah selanjutnya adalah pemodelan menggunakan *software* ANSYS yang bertujuan untuk meng-*input* material yang digunakan serta untuk memodelkan *fixed support* serta gaya yang terjadi pada *padeye*. Pada **Tabel 4.13** merupakan material *properties* yang digunakan yaitu Steel API 2H Grade 50 dan kemudian pada **Gambar 4.12** label A merupakan *input* gaya pada *padeye* sebesar 44,01 ton = 438543,26 N yang merupakan tegangan maksimum *slings* dengan *working angle* pada sumbu x sebesar 63,4° dan pada label B merupakan letak *fixed support* pada model *padeye*.

**Tabel 4.13** Material *Properties* API 2H Grade 50

| API 2H Grade 50                        |           |
|--|-----------|
| <i>Tensile Yield Strength</i> (MPa)    | 360,70    |
| <i>Tensile Ultimate Strength</i> (MPa) | 483       |
| <i>Elasticity Modulus</i> (MPa)        | 203156,33 |
| <i>Poisson Ratio</i>                   | 0,29      |
| <i>Bulk Modulus</i> (MPa)              | 161240    |
| <i>Shear Modulus</i> (MPa)             | 78743     |



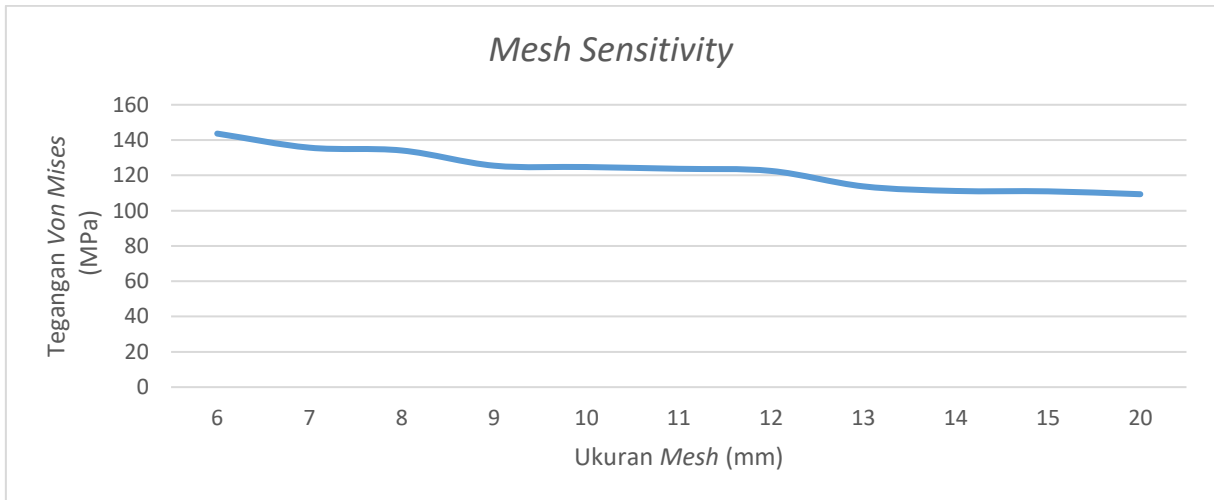
**Gambar 4.12** Force dan Fixed Support pada Padeye

#### 4.4.4 Analisis Tegangan Lokal Padeye Menggunakan Software ANSYS

Analisis tegangan lokal struktur *padeye* menggunakan *software* ANSYS bertujuan untuk mengetahui tegangan *von mises*, tegangan geser, dan deformasi yang terjadi pada *padeye* saat proses *lifting*. Langkah pertama saat melakukan analisis tegangan lokal adalah melakukan *meshing* dan menentukan *mesh sensitivity*. Menurut Yansah (2016), *mesh sensitivity* merupakan variasi kerapatan *meshing* untuk memperoleh tegangan yang konstan pada titik yang sama. *Mesh sensitivity* dilakukan dengan cara mengubah ukuran *mesh* hingga didapatkan ukuran *meshing* dengan nilai tegangan yang konstan (perbedaan tegangan tidak lebih dari 5%) dan model dengan ukuran tersebut digunakan untuk perhitungan selanjutnya. Dari hasil analisis pada **Tabel 4.14** dan pada **Gambar 4.13**, didapatkan nilai tegangan *von mises* konstan pada ukuran *mesh* 9 - 12 mm, sehingga pada analisis ini digunakan model *padeye* dengan ukuran *mesh* 10 mm.

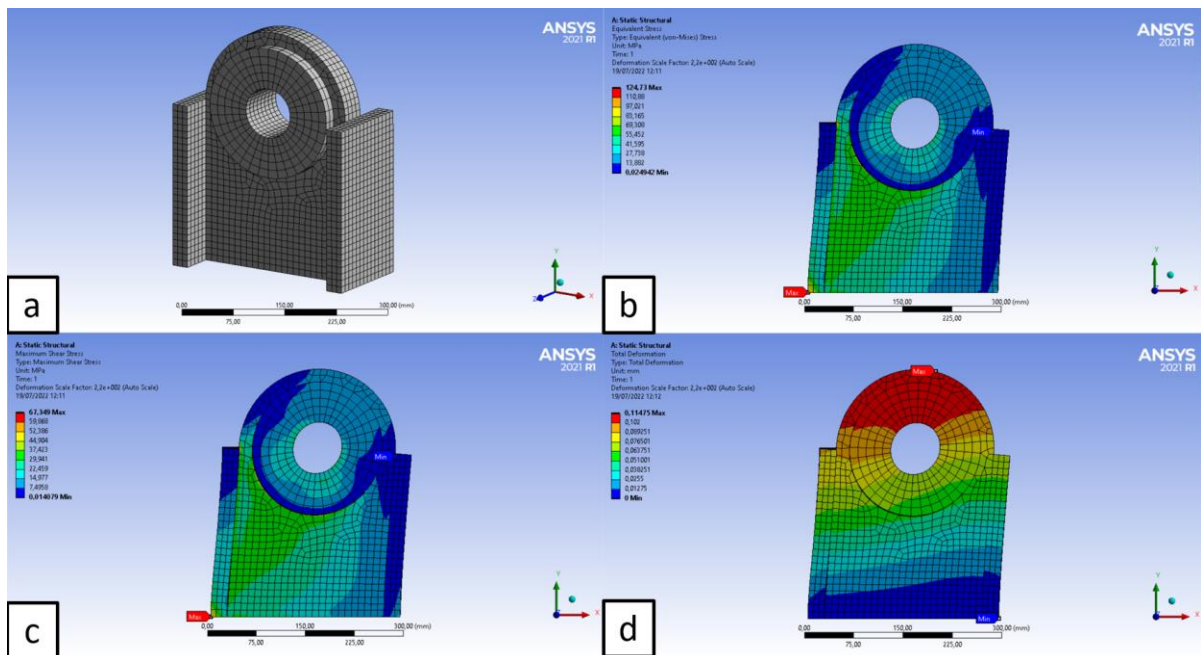
**Tabel 4.14** Hasil Analisis *Mesh Sensitivity* dari Struktur *Padeye*

| Ukuran Mesh<br>mm | Nodes  | Element | Tegangan Von Mises<br>MPa | Tegangan Geser Maksimum<br>MPa | Deformasi Total<br>mm | Diff  |
|-------------------|--------|---------|---------------------------|--------------------------------|-----------------------|-------|
| 6                 | 136181 | 32073   | 143,67                    | 87,443                         | 0,11492               | -     |
| 7                 | 87156  | 21013   | 135,69                    | 77,893                         | 0,11487               | 5,55% |
| 8                 | 55759  | 12857   | 134,1                     | 72,559                         | 0,11484               | 1,17% |
| 9                 | 44708  | 10263   | 125,49                    | 67,879                         | 0,1148                | 6,42% |
| 10                | 29476  | 6902    | 124,73                    | 67,349                         | 0,11475               | 0,61% |
| 11                | 25449  | 5675    | 123,72                    | 66,796                         | 0,11471               | 0,81% |
| 12                | 20865  | 4673    | 122,52                    | 66,271                         | 0,11468               | 0,97% |
| 13                | 15695  | 3351    | 113,76                    | 61,297                         | 0,1146                | 7,15% |
| 14                | 12805  | 2544    | 111,17                    | 59,985                         | 0,11458               | 2,28% |
| 15                | 11839  | 2391    | 110,96                    | 59,904                         | 0,11458               | 0,19% |
| 20                | 5202   | 1087    | 109,32                    | 58,681                         | 0,11425               | 1,48% |



**Gambar 4.13** Grafik *Mesh Sensitivity* dari Struktur *Padeye*

Pada **Gambar 4.14** merupakan model *padeye* dengan kerapatan *mesh* sebesar 10 mm beserta tegangan dan deformasi yang terjadi pada *padeye*. Hasil analisis didapatkan tegangan *von mises* maksimum sebesar 124,73 MPa dan tegangan geser maksimum sebesar 67,349 MPa, dengan keterangan warna merah adalah nilai tegangan maksimum dan warna biru adalah nilai tegangan minimum.



**Gambar 4.14** a.) *Meshing* pada Model *Padeye* dengan Ukuran *Mesh* 10 mm, b.) Hasil Tegangan *Von Mises*, c.) Hasil Tegangan Geser Maksimum, d.) Deformasi yang Terjadi Pada Struktur *Padeye*.

Berdasarkan hasil tegangan tersebut kemudian dilakukan analisis kekuatan struktur *padeye* menggunakan perhitungan manual untuk memastikan bahwa *padeye* tidak mengalami kegagalan saat dilakukan proses *lifting*. Analisis dilakukan dengan menyesuaikan hasil perhitungan manual tegangan *von mises* dengan hasil analisa menggunakan *software* ANSYS. Hasil dari perhitungan manual dan dengan hasil analisis menggunakan *software* ANSYS adalah sebagai berikut:

**Tabel 4.15 Validasi Perhitungan Manual dengan *Software* ANSYS Pada Model *Padeye***

| Keterangan                         | Perhitungan Manual | <i>Software</i> ANSYS | <i>Error</i> |
|------------------------------------|--------------------|-----------------------|--------------|
|                                    | MPa                | MPa                   |              |
| Tegangan Maksimum <i>Von Mises</i> | 123,5              | 124,73                | 1,0%         |
| Tegangan Geser Maksimum            | 65,936             | 67,349                | 2,1%         |

Berdasarkan hasil pada **Tabel 4.15** diatas, dapat disimpulkan bahwa perhitungan manual dengan hasil dari *software* ANSYS sudah sesuai dengan kondisi sebenarnya, hal ini dikarenakan *error* antara perhitungan manual dengan *software* ANSYS memiliki hasil kurang dari 5%.

Kemudian untuk menentukan gagal tidaknya struktur *padeye* saat melakukan operasi *lifting*, dilakukan perhitungan faktor keamanan. Menurut Awali dan Asroni (2014), faktor keamanan (*safety factor*) adalah faktor yang digunakan untuk mengevaluasi agar perencanaan elemen mesin terjamin keamanannya dengan dimensi yang minimum. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Wunda *et al.*, (2019), persamaan faktor keamanan adalah sebagai berikut:

$$F_s = \frac{S_y}{\sigma} \quad (4.1)$$

(Sumber : Wunda *et al.*, 2019)

Dengan keterangan :

$F_s$  = Faktor keamanan

$S_y$  = Kekuatan tarik benda kerja (MPa)

$\sigma$  = Tegangan *von mises* (MPa)

**Tabel 4.16 Hasil Perhitungan Faktor Keamanan Perhitungan Tegangan Manual dan *Software* ANSYS pada Struktur *Padeye***

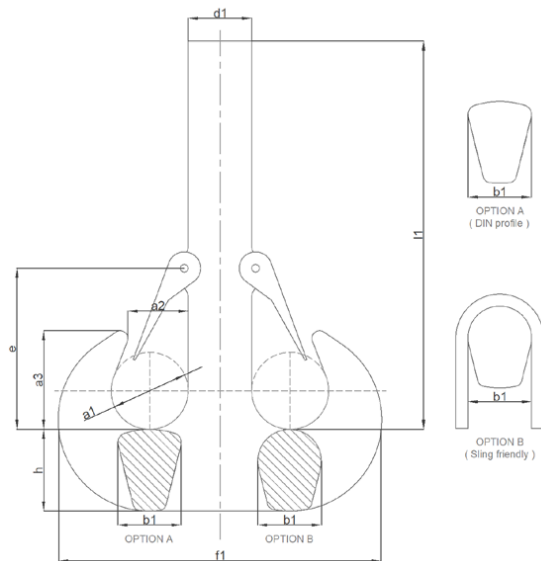
| Faktor Keamanan | Perhitungan Manual | <i>Software</i> ANSYS |
|-----------------|--------------------|-----------------------|
|                 |                    | 2,921                 |

Berdasarkan hasil perhitungan *safety factor* pada **Tabel 4.16**, diketahui faktor keamanan terkecil terdapat pada hasil analisis *software* ANSYS yaitu sebesar 2,892. Hal ini berarti material dari struktur *padeye* mampu menahan beban statis yang telah diberikan, karena nilai faktor keamanan untuk sebuah material adalah lebih dari 1.

## 4.5 Perhitungan Crane Hook

### 4.5.1 Pemodelan Struktur Crane Hook Menggunakan Software SolidWorks dan ANSYS

Pemodelan struktur *crane hook* secara tiga dimensi dilakukan menggunakan *software* SolidWorks kemudian dilanjutkan menggunakan *software* ANSYS untuk meng-*input* beban serta *fixed support*-nya. Model yang digunakan adalah *Ramshorn Forged Hooks* dengan desain berdasarkan DIN15402. *Crane Hook* yang dipilih merupakan tipe *double crane hook* dengan kapasitas *working load limit* (WLL) 100 ton seperti pada **Gambar 4.15** dengan dimensi seperti yang ditampilkan pada **Tabel 4.17**.



**Gambar 4.15** Drawing Ramshorn Forged Hooks Berdasarkan DIN15402

**Tabel 4.17** Dimensi Ramshorn Forged Hooks Berdasarkan DIN15402 dengan Kapasitas 100 ton

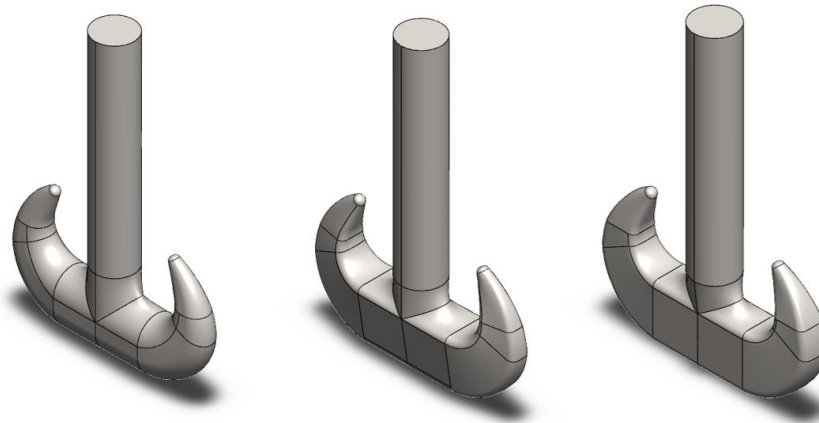
| WLL (ton) | Dimensi (mm) |     |     |     |     |     |      |     |      |             |
|-----------|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|------|-------------|
|           | a1           | a2  | a3  | b1  | d1  | e   | f1   | h   | l1   | Weight (kg) |
| 100       | 280          | 224 | 364 | 236 | 236 | 575 | 1186 | 300 | 1375 | 1060        |

Terdapat tiga variasi penampang *crane hook* yang digunakan pada penelitian ini, yaitu penampang *circular*, *trapezoidal*, dan *rectangular* yang ditunjukkan pada **Gambar 4.16**. Dalam memodelkan struktur *crane hook*, ketiga model *crane hook* diusahakan memiliki luas penampang dan berat yang tidak jauh berbeda, dengan dimensi panjang penampang batang (b1) dan berat struktur pada **Tabel 4.17** sebagai acuan. Pada **Tabel 4.18** merupakan dimensi model *Ramshorn Hooks* dengan luas penampang merupakan hasil penggambaran menggunakan *software* AutoCAD dan berat yang merupakan hasil output dari *software* ANSYS.

**Tabel 4.18** Dimensi Model Ramshorn Hook pada Ketiga Variasi Penampang

| Penampang          | Properti Penampang (mm) | Luas Penampang (mm) | Berat (kg) |
|--------------------|-------------------------|---------------------|------------|
| <i>Circular</i>    | b1 = 236                | 58.847,54           | 1028       |
| <i>Trapezoidal</i> | b1 = 236, b2 = 163,7    | 59.358,81           | 1012,7     |
| <i>Rectangular</i> | b1 = 196                | 58.027,43           | 1027,7     |





**Gambar 4.16** Model Struktur *Crane Hook* dengan Varias Penampang *Circular, Trapezoidal, dan Rectangular*

Material yang digunakan pada ketiga model *crane hook* mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh Khan *et al.*, (2017), adalah *structural steel* dengan material *properties* ditunjukkan pada **Tabel 4.19**. Pada penelitian dengan judul “*Design and Stress Analysis of Ramshorn Hook with Different Cross Section using CAE Tools*” Khan *et al.*, menganalisa tegangan yang terjadi pada *crane hook* dengan tipe *Ramshorn Hook* dengan variasi penampang *circular, I-section, dan T-section*.

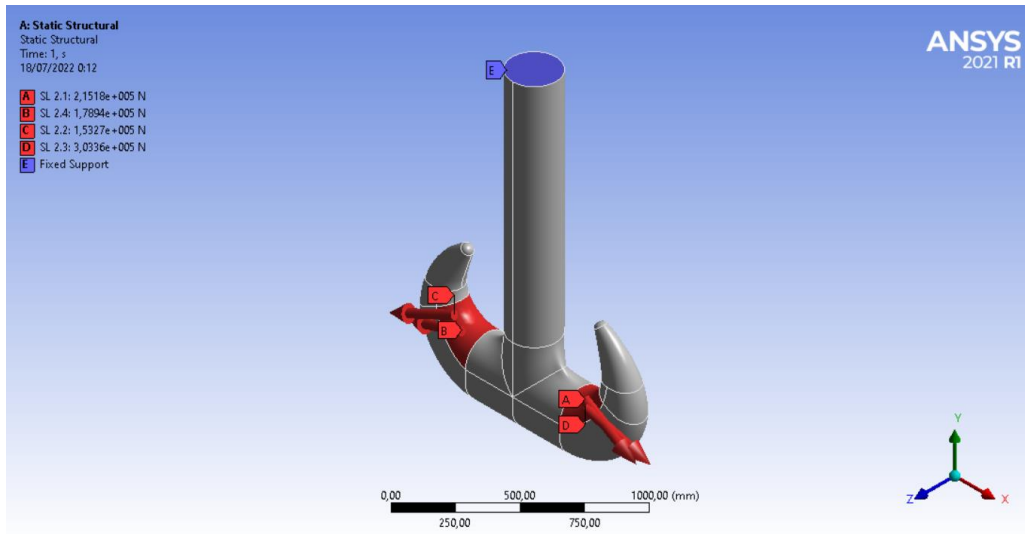
**Tabel 4.19** *Material Properties Structural Steel*

| <i>Structural Steel</i>                 |           |
|---|-----------|
| <i>Density (kg/m<sup>3</sup>)</i>       | 7850      |
| <i>Elasticity modulus (MPa)</i>         | 203156,33 |
| <i>Poisson ratio</i>                    | 0,30      |
| <i>Tensile yield strength (MPa)</i>     | 250       |
| <i>Compressive yield strength (MPa)</i> | 250       |
| <i>Tensile ultimate strength (MPa)</i>  | 460       |

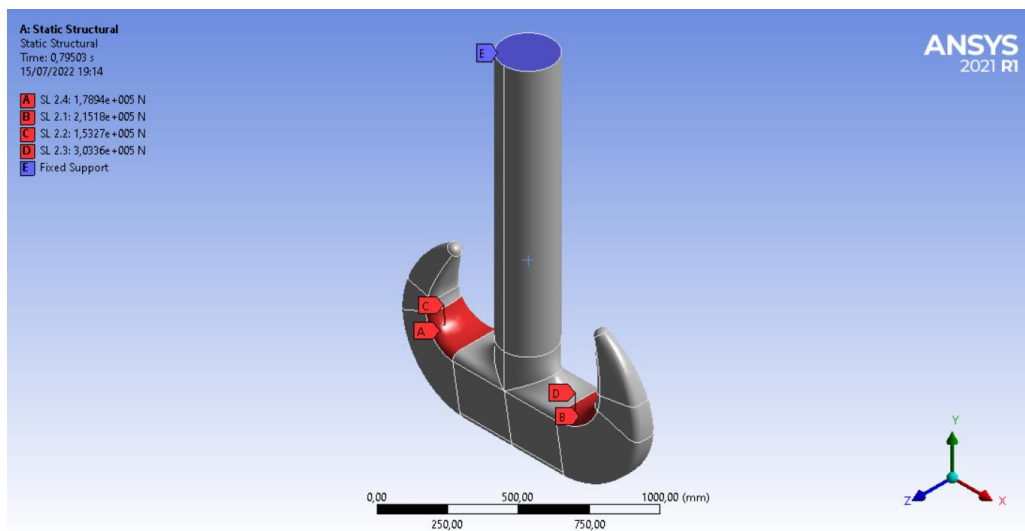
Kemudian untuk *input gaya* menggunakan gaya dari *sling* dengan sudut *sling* terkecil, yaitu pada *sling 2.1, sling 2.2, sling 2.3, dan sling 2.4* dengan sudut *sling* sebesar 60,25°. Pada **Gambar 4.17, 4.18, dan 4.19** merupakan input gaya pada model menggunakan *software ANSYS* yang ditunjukkan pada label A-D dengan besar gaya sebagai berikut:

- SL 2.1 = 215176,5 N
- SL 2.2 = 153268,5 N
- SL 2.3 = 303360,75 N
- SL 2.4 = 178938,375 N

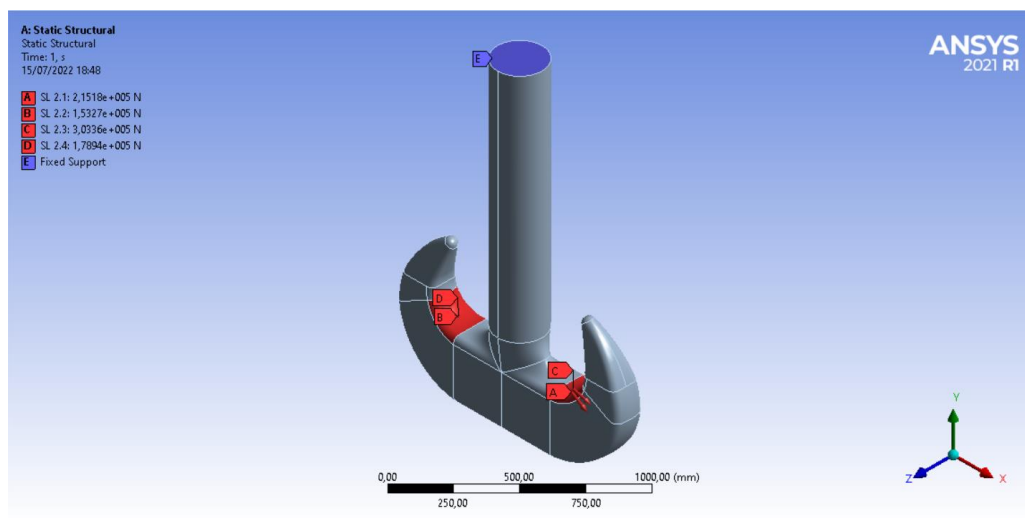
Kemudian pada label B merupakan letak *fixed support* pada model *crane hook*, yang berarti komponen tersebut bersifat tetap dan tidak mengalami deformasi.



**Gambar 4.17** Force dan Fixed Support pada Crane Hook dengan Penampang Circular



**Gambar 4.18** Force dan Fixed Support pada Crane Hook dengan Penampang Trapezoidal



**Gambar 4.19** Force dan Fixed Support pada Crane Hook dengan Penampang Rectangular

#### 4.5.2 Analisis Kekuatan Struktur Crane Hook dengan Perhitungan Manual

Perhitungan manual *crane hook* menggunakan teori batang lengkung berdasarkan tiga penampang yang berbeda bertujuan untuk mengetahui tegangan yang terjadi pada ketiga variasi penampang struktur *crane hook*. Mengacu pada Singh dan Singh (2020a), beban yang bekerja pada satu sling hook adalah sebagai berikut:

$$P = Q/2\cos\alpha \quad (4.2)$$

(Sumber : Singh dan Singh, 2020a)

Dengan Q adalah beban dari *sling* dan  $\alpha$  adalah sudut sling, maka perhitungan manual menggunakan teori batang lengkung pada tiap penampang *crane hook* adalah sebagai berikut :

**Tabel 4.20 Perhitungan Tegangan Crane Hook Penampang Circular**

| No. | Keterangan   | Nilai      | Unit              |
|-----|--|------------|-------------------|
| 1.  | Beban penampang 1 ( $P_1$ ) (Beban SL 2.1 + Beban SL 2.3)  | 522490,935 | N                 |
| 2.  | Beban penampang 2 ( $P_2$ ) (Beban SL 2.2 + Beban SL 2.4)  | 334739,849 | N                 |
| 3.  | Diameter penampang batang (d)  | 236        | mm                |
| 4.  | Tinggi penampang batang (h)  | 300        | mm                |
| 5.  | Luas penampang batang (A)  | 58.847,536 | mm <sup>2</sup>   |
| 6.  | Radius penampang dalam ( $r_i$ )   | 140        | mm                |
| 7.  | Radius penampang luar ( $r_o$ )  | 440        | mm                |
| 8.  | Radius sumbu pusat ( $r_c$ )   | 290        | mm                |
| 9.  | Radius sumbu netral ( $r_n$ )  | 260,176    | mm                |
| 10. | Jarak dari sumbu pusat ke sumbu netral (e)   | 29,824     | mm                |
| 11. | Jarak dari sumbu netral ke penampang luar ( $c_o$ )  | 179,824    | mm                |
| 12. | Jarak dari sumbu netral ke penampang dalam ( $c_i$ )   | 120,176    | mm                |
| 13. | Momen <i>bending</i> pada penampang 1 ( $M_1$ ) ( $P_1 \cdot r_c$ )                                    | 2,E+08     | N.mm              |
| 14. | Momen <i>bending</i> pada penampang 2 ( $M_2$ ) ( $P_2 \cdot r_c$ )                                    | 1,E+08     | N.mm              |
| 15. | Tegangan total pada penampang 1 ( $\sigma_1$ )<br>$\sigma_1 = \frac{M_1 \cdot h}{A \cdot e \cdot r_i}$ | 83         | N/mm <sup>2</sup> |
| 16. | Tegangan total pada penampang 2 ( $\sigma_2$ )<br>$\sigma_2 = \frac{M_2 \cdot h}{A \cdot e \cdot r_i}$ | 53         | N/mm <sup>2</sup> |
| 17. | Tegangan total 1 + Tegangan total 2  | 136        | MPa               |

**Tabel 4.21 Perhitungan Tegangan Crane Hook Penampang Trapezoidal**

| No. | Keterangan  | Nilai      | Unit            |
|-----|---|------------|-----------------|
| 1.  | Beban penampang 1 ( $P_1$ ) (Beban SL 2.1 + Beban SL 2.3) | 522490,935 | N               |
| 2.  | Beban penampang 2 ( $P_2$ ) (Beban SL 2.2 + Beban SL 2.4) | 334739,849 | N               |
| 3.  | Panjang penampang batang dalam ( $b_i$ )                  | 236        | mm              |
| 4.  | Panjang penampang batang luar ( $b_o$ )                   | 163,7      | mm              |
| 5.  | Tinggi penampang batang (h)                               | 300,000    | mm              |
| 6.  | Luas penampang batang (A)                                 | 59.358,807 | mm <sup>2</sup> |

| No. | Keterangan  | Nilai   | Unit              |
|-----|---|---------|-------------------|
| 7.  | Radius penampang dalam ( $r_i$ )                                    | 140     | mm                |
| 8.  | Radius penampang luar ( $r_o$ )                                     | 440     | mm                |
| 9.  | Radius sumbu netral ( $r_n$ )                                       | 250,895 | mm                |
| 10. | Radius sumbu pusat ( $r_c$ )  | 280,956 | mm                |
| 11. | Jarak dari sumbu pusat ke sumbu netral ( $e$ )                      | 30,060  | mm                |
| 12. | Jarak dari sumbu netral ke penampang dalam ( $c_i$ )                | 110,895 | mm                |
| 13. | Momen <i>bending</i> pada penampang 1 ( $M_1$ ) ( $P_1 \cdot r_c$ ) | 1,E+08  | N.mm              |
| 14. | Momen <i>bending</i> pada penampang 2 ( $M_2$ ) ( $P_2 \cdot r_c$ ) | 9,E+07  | N.mm              |
| 15. | Tegangan total pada penampang 1 ( $\sigma_1$ )                      | 74      | N/mm <sup>2</sup> |
|     | $\sigma_1 = \frac{M_1 \cdot h}{A \cdot e \cdot r_i}$                |         |                   |
| 16. | Tegangan total pada penampang 2 ( $\sigma_2$ )                      | 47      | N/mm <sup>2</sup> |
|     | $\sigma_2 = \frac{M_2 \cdot h}{A \cdot e \cdot r_i}$                |         |                   |
| 17. | Tegangan total 1 + Tegangan total 2                                 | 121     | MPa               |

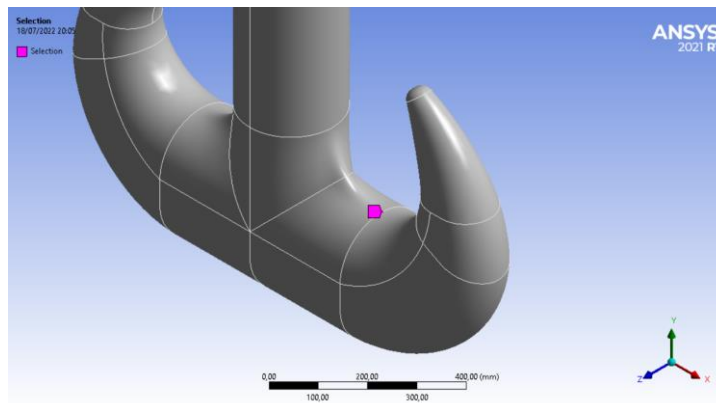
**Tabel 4.22 Perhitungan Tegangan Crane Hook Penampang Rectangular**

| No. | Keterangan  | Nilai      | Unit              |
|-----|---|------------|-------------------|
| 1.  | Beban penampang 1 ( $P_1$ ) (Beban SL 2.1 + Beban SL 2.3)           | 522490,935 | N                 |
| 2.  | Beban penampang 2 ( $P_2$ ) (Beban SL 2.2 + Beban SL 2.4)           | 334739,849 | N                 |
| 3.  | Base length ( $b$ )   | 196        | mm                |
| 4.  | Tinggi penampang batang ( $h$ )                                     | 300        | mm                |
| 5.  | Luas penampang batang ( $A$ )                                       | 58.027,433 | mm                |
| 6.  | Radius penampang dalam ( $r_i$ )                                    | 140,000    | mm <sup>2</sup>   |
| 7.  | Radius penampang luar ( $r_o$ )                                     | 440        | mm                |
| 8.  | Radius sumbu netral ( $r_n$ )                                       | 261,978    | mm                |
| 9.  | Radius sumbu pusat ( $r_c$ )  | 290,000    | mm                |
| 10. | Jarak dari sumbu pusat ke sumbu netral ( $e$ )                      | 28,022     | mm                |
| 11. | Jarak dari sumbu netral ke penampang dalam ( $c_i$ )                | 121,978    | mm                |
| 12. | Momen <i>bending</i> pada penampang 1 ( $M_1$ ) ( $P_1 \cdot r_c$ ) | 2,E+08     | N.mm              |
| 13. | Momen <i>bending</i> pada penampang 2 ( $M_2$ ) ( $P_2 \cdot r_c$ ) | 1,E+08     | N.mm              |
| 14. | Tegangan total pada penampang 1 ( $\sigma_1$ )                      | 90         | N/mm <sup>2</sup> |
|     | $\sigma_1 = \frac{M_1 \cdot h}{A \cdot e \cdot r_i}$                |            |                   |
| 15. | Tegangan total pada penampang 2 ( $\sigma_2$ )                      | 58         | N/mm <sup>2</sup> |
|     | $\sigma_2 = \frac{M_2 \cdot h}{A \cdot e \cdot r_i}$                |            |                   |
| 16. | Tegangan total 1 + Tegangan total 2                                 | 148        | MPa               |

Berdasarkan hasil perhitungan manual menggunakan teori batang lengkung, didapatkan tegangan total untuk setiap *crane hook* dengan penampang yang berbeda. Dari ketiga variasi penampang *crane hook*, penampang *trapezoidal* memiliki nilai tegangan paling kecil yaitu sebesar 121 MPa, kemudian dilanjutkan dengan penampang *circular* sebesar 136 MPa, dan penampang *rectangular* memiliki tegangan terbesar yaitu 148 MPa.

#### 4.5.3 Analisis Tegangan Lokal Struktur *Crane Hook* pada Penampang *Circular* Menggunakan *Software ANSYS*

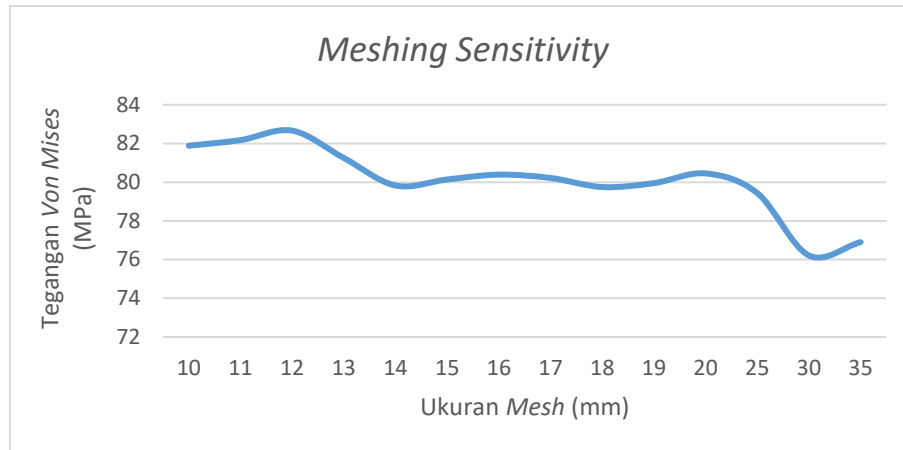
Analisis tegangan lokal diawali dengan melakukan analisis *meshing sensitivity*. *Meshing sensitivity* dilakukan pada titik yang berlokasi di tengah penampang yang menerima beban paling besar seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 4.20**. Hasil dari *meshing sensitivity* didapatkan nilai tegangan *von mises* konstan (perbedaan tegangan tidak lebih dari 5%) seperti pada **Tabel 4.24** dan **Gambar 4.21**. Pada analisis ini digunakan ukuran *mesh* 16 mm karena nilai kerapatan *meshing* sudah konstan. *Meshing* pada model *crane hook* penampang *circular* dengan kerapatan *mesh* 16 mm dapat dilihat pada **Gambar 4.22**.



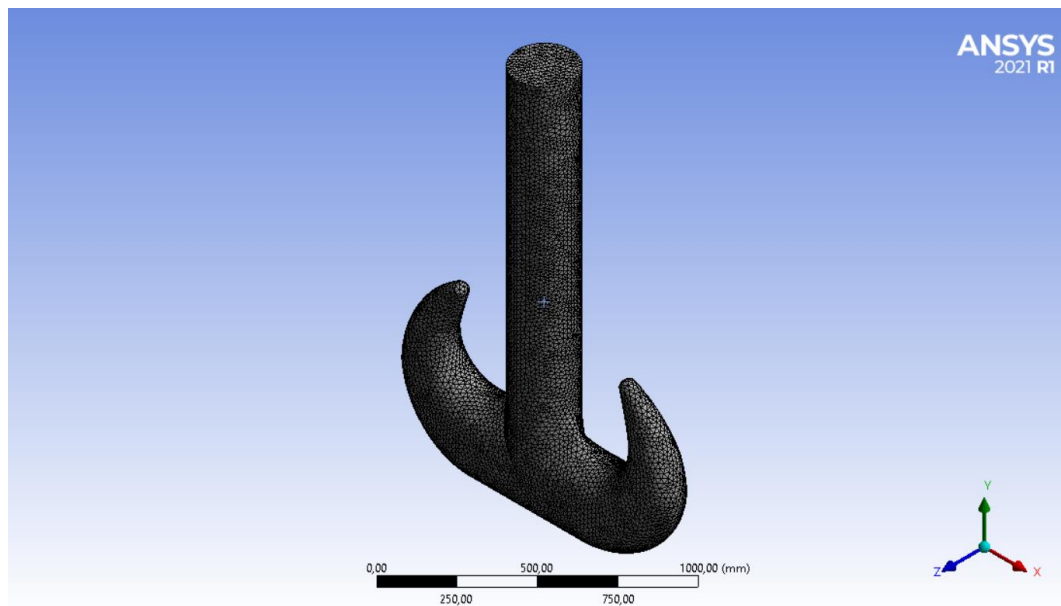
**Gambar 4.20** Lokasi Analisis *Mesh Sensitivity* Pada Penampang *Crane Hook*

**Tabel 4.23** Hasil Analisis *Meshing Sensitivity* dari Model *Crane Hook* dengan Penampang *Circular*

| Ukuran<br><i>Mesh</i><br>mm | <i>Nodes</i> | <i>Element</i> | Tegangan<br><i>Von Mises</i><br>MPa | Deformasi<br>Total<br>mm | <i>Diff</i> |
|-----------------------------|--------------|----------------|-------------------------------------|--------------------------|-------------|
| 10                          | 1527669      | 1107365        | 81,884                              | 5,6822                   | -           |
| 11                          | 1151841      | 831863         | 82,174                              | 5,6821                   | 0,35%       |
| 12                          | 889823       | 640861         | 82,664                              | 5,682                    | 0,60%       |
| 13                          | 700879       | 503188         | 81,252                              | 5,6819                   | 1,71%       |
| 14                          | 564646       | 403751         | 79,827                              | 5,6819                   | 1,75%       |
| 15                          | 461387       | 328888         | 80,14                               | 5,6816                   | 0,39%       |
| 16                          | 383550       | 272030         | 80,391                              | 5,6818                   | 0,31%       |
| 17                          | 317835       | 225223         | 80,217                              | 5,6812                   | 0,22%       |
| 18                          | 270763       | 190917         | 79,749                              | 5,681                    | 0,58%       |
| 19                          | 228117       | 160705         | 79,951                              | 5,6808                   | 0,25%       |
| 20                          | 199171       | 139547         | 80,453                              | 5,6808                   | 0,63%       |
| 25                          | 103341       | 71194          | 79,439                              | 5,6799                   | 1,26%       |
| 30                          | 60705        | 41146          | 76,213                              | 5,6797                   | 4,06%       |
| 35                          | 39472        | 26273          | 76,902                              | 5,6784                   | 0,90%       |

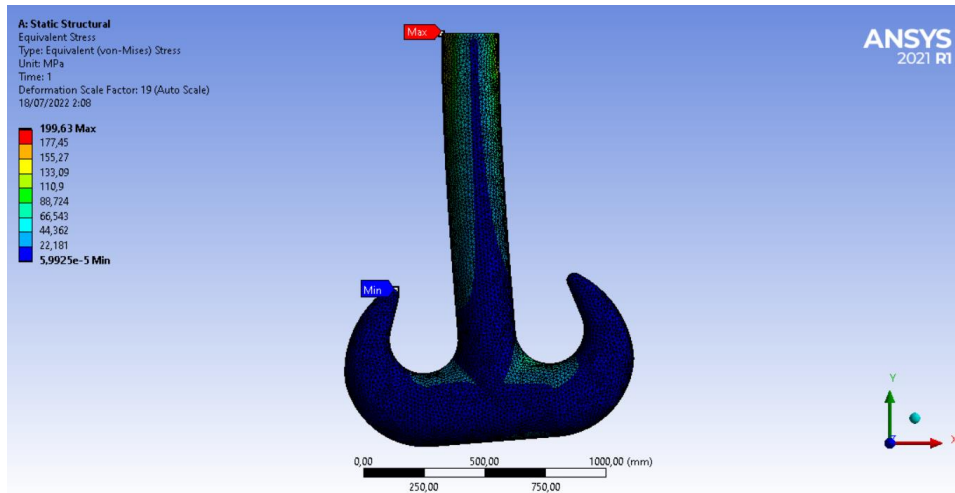


**Gambar 4.21** Grafik *Meshing Sensitivity* dari Model *Crane Hook* dengan Penampang *Circular*

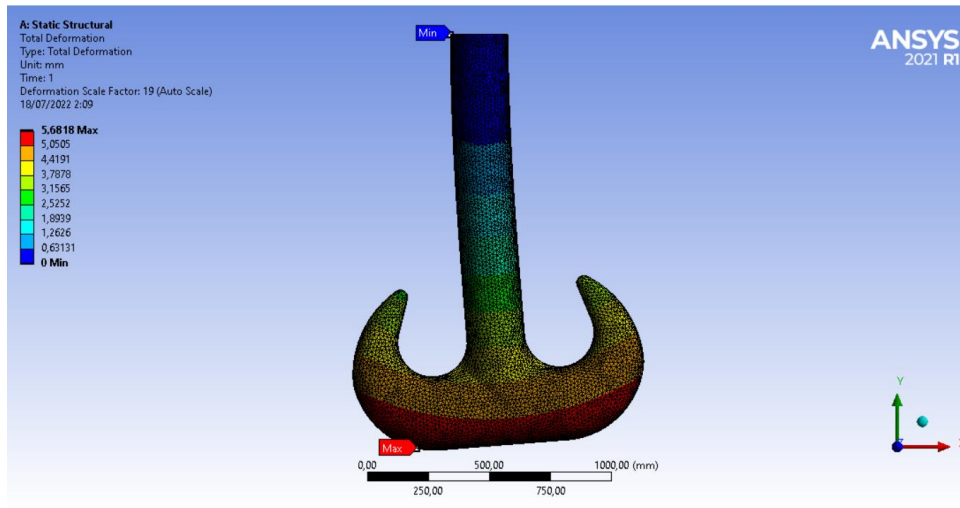


**Gambar 4.22** Model *Crane Hook* Penampang *Circular* dengan Ukuran *Mesh* 16 mm.

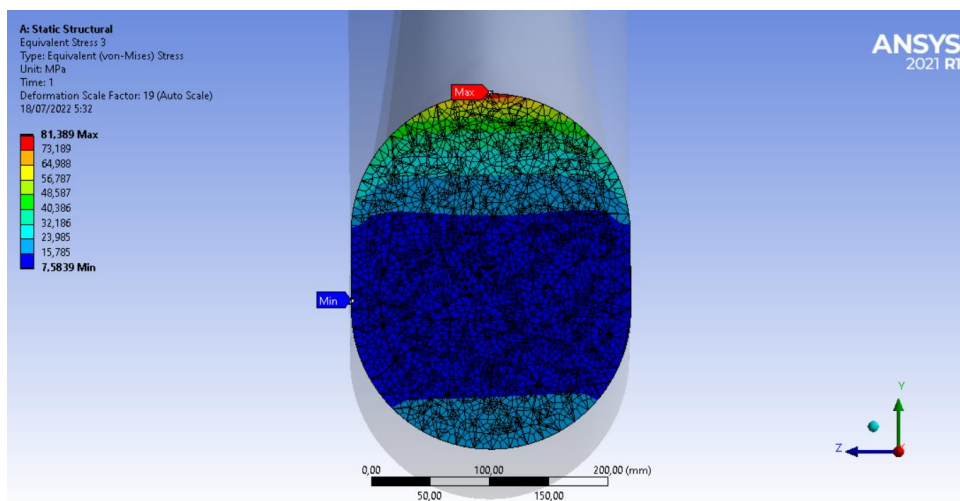
Pada **Gambar 4.23** merupakan model *crane hook* penampang *circular* dengan kerapatan *mesh* sebesar 16 mm beserta tegangan *von mises* yang terjadi. Hasil analisis didapatkan tegangan *von mises* maksimum sebesar 199,63 MPa, dengan keterangan warna merah adalah nilai tegangan maksimum dan warna biru adalah nilai tegangan minimum. Deformasi total yang terjadi pada *crane hook* dengan penampang *circular* dapat dilihat pada **Gambar 4.24** dengan nilai deformasi total maksimum sebesar 5,6818 mm. Selanjutnya pada **Gambar 4.25** merupakan potongan *crane hook* penampang *circular* beserta tegangan *von mises* yang terjadi. Didapatkan tegangan maksimum pada potongan *crane hook* dengan penampang *circular* sebesar 81,389 MPa dan tegangan *von mises* minimum sebesar 7,5839 MPa.



**Gambar 4.23** Tegangan *Von Mises* yang Terjadi Pada *Crane Hook* dengan Penampang *Circular*.



**Gambar 4.24** Deformasi Total yang Terjadi Pada *Crane Hook* dengan Penampang *Circular*.



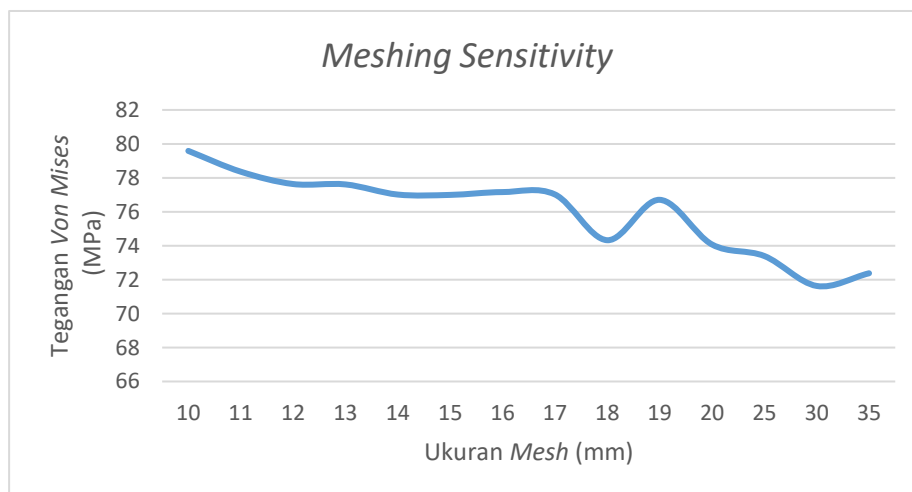
**Gambar 4.25** Tegangan *Von Mises* yang Terjadi Pada Potongan *Crane Hook* dengan Penampang *Circular*

#### 4.5.4 Analisis Tegangan Lokal Struktur Crane Hook pada Penampang Trapezoidal Menggunakan Software ANSYS

Analisis *mesh sensitivity* dilakukan pada titik yang sama dengan yang dilakukan pada crane hook dengan penampang *circular*. Hasil dari *meshing sensitivity* didapatkan nilai tegangan *von mises* konstan (perbedaan tegangan tidak lebih dari 5%) seperti pada **Tabel 4.25** dan **Gambar 4.26**. Pada analisis ini digunakan ukuran *mesh* 16 mm karena nilai kerapatan *meshing* dinilai sudah konstan. *Meshing* pada model crane hook penampang *trapezoidal* dengan kerapatan *mesh* 16 mm dapat dilihat pada **Gambar 4.27**.

**Tabel 4.24 Hasil Analisis Meshing Sensitivity dari Model Crane Hook dengan Penampang Trapezoidal**

| Ukuran Mesh | Nodes   | Element | Tegangan Von Mises | Deformasi Total | Diff  |
|-------------|---------|---------|--------------------|-----------------|-------|
| mm          |         |         | MPa                | mm              |       |
| 10          | 1505600 | 1090196 | 79,586             | 5,4816          | -     |
| 11          | 1136231 | 819487  | 78,361             | 5,4815          | 1,54% |
| 12          | 876792  | 630516  | 77,634             | 5,4814          | 0,93% |
| 13          | 693298  | 496751  | 77,61              | 5,4813          | 0,03% |
| 14          | 557761  | 398268  | 77,013             | 5,4812          | 0,77% |
| 15          | 455333  | 324017  | 76,993             | 5,4811          | 0,03% |
| 16          | 379569  | 268664  | 77,159             | 5,4811          | 0,22% |
| 17          | 314652  | 222428  | 77,021             | 5,4806          | 0,18% |
| 18          | 267346  | 187996  | 74,323             | 5,4806          | 3,50% |
| 19          | 226369  | 159119  | 76,704             | 5,4803          | 3,20% |
| 20          | 196663  | 137426  | 74,072             | 5,4806          | 3,43% |
| 25          | 102264  | 70247   | 73,392             | 5,4792          | 0,92% |
| 30          | 60241   | 40658   | 71,629             | 5,4791          | 2,40% |
| 35          | 39192   | 25953   | 72,375             | 5,4773          | 1,04% |



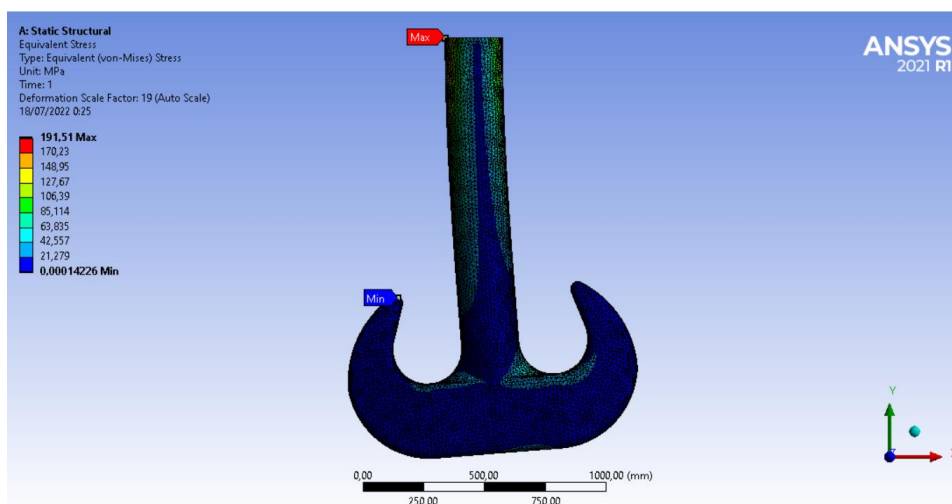
**Gambar 4.26** Grafik *Meshing Sensitivity* dari Model Crane Hook dengan Penampang Trapezoidal



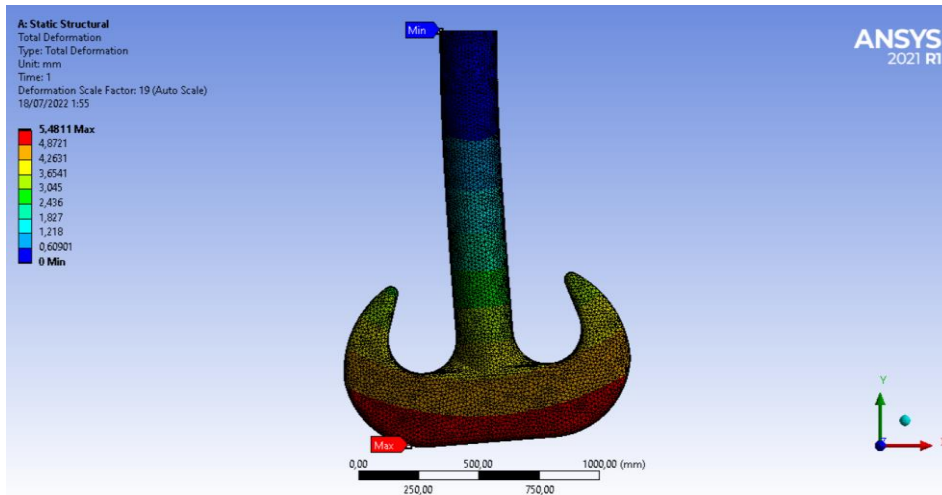


**Gambar 4.27** Model *Crane Hook* Penampang *Trapezoidal* dengan Ukuran *Mesh* 16 mm.

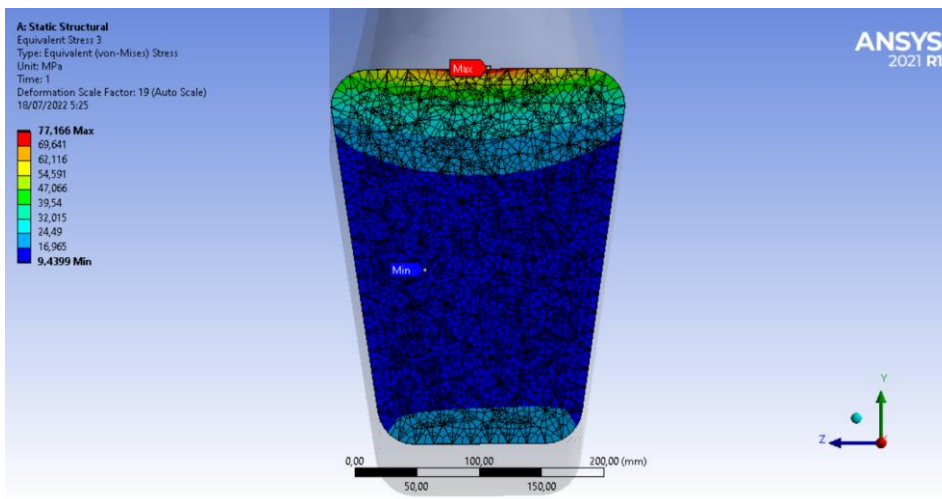
Pada **Gambar 4.28** merupakan model *crane hook* penampang *trapezoidal* dengan kerapatan *mesh* sebesar 25 mm beserta tegangan *von mises* yang terjadi. Hasil analisis didapatkan tegangan *von mises* maksimum sebesar 191,51 MPa, dengan keterangan warna merah adalah nilai tegangan maksimum dan warna biru adalah nilai tegangan minimum. Deformasi total yang terjadi pada *crane hook* dengan penampang *trapezoidal* dapat dilihat pada **Gambar 4.29** dengan nilai deformasi total maksimum sebesar 5,4811 mm. Selanjutnya pada **Gambar 4.30** merupakan potongan *crane hook* penampang *trapezoidal* beserta tegangan *von mises* yang terjadi. Didapatkan tegangan maksimum pada potongan *crane hook* dengan penampang *trapezoidal* sebesar 77,166 MPa dan tegangan *von mises* minimum sebesar 9,4399 MPa.



**Gambar 4.28** Tegangan *Von Mises* yang Terjadi Pada *Crane Hook* dengan Penampang *Trapezoidal*.



**Gambar 4.29** Deformasi Total yang Terjadi Pada *Crane Hook* dengan Penampang *Trapezoidal*.



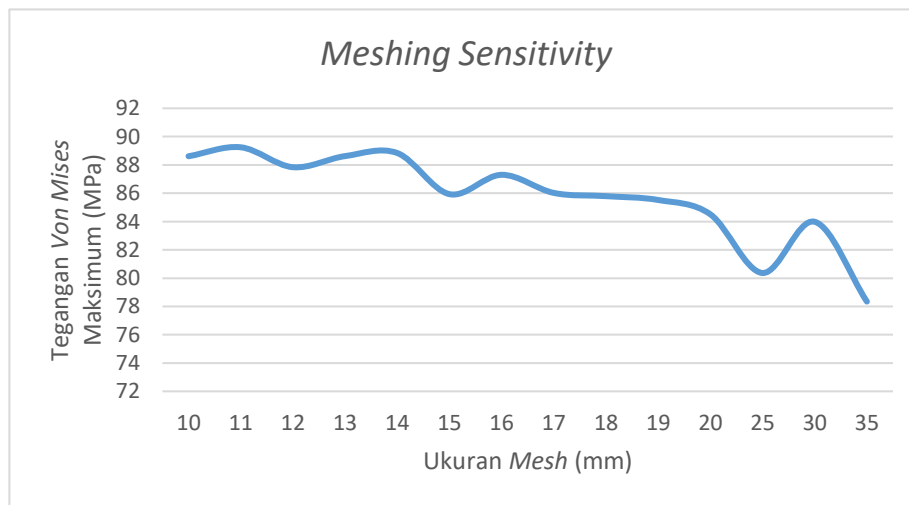
**Gambar 4.30** Tegangan *Von Mises* yang Terjadi Pada Potongan *Crane Hook* dengan Penampang *Trapezoidal*

#### 4.5.5 Analisis Tegangan Lokal Struktur *Crane Hook* pada Penampang *Rectangular* Menggunakan Software ANSYS

Analisis *mesh sensitivity* dilakukan pada titik yang sama dengan yang dilakukan pada *crane hook* dengan penampang *circular* dan *trapezoidal*. Hasil dari *meshing sensitivity* didapatkan nilai tegangan *von mises* konstan (perbedaan tegangan tidak lebih dari 5%) seperti pada **Tabel 4.26** dan **Gambar 4.31**. Pada analisis ini digunakan ukuran *mesh* 16 mm karena nilai kerapatan *meshing* dinilai sudah konstan. *Meshing* pada model *Ramshorn hook* penampang *rectangular* dengan kerapatan *mesh* 16 mm dapat dilihat pada **Gambar 4.32**.

**Tabel 4.25 Hasil Analisis *Meshing Sensitivity* dari Model *Crane Hook* dengan Penampang *Rectangular***

| <b>Ukuran Mesh</b> | <b>Nodes</b> | <b>Element</b> | <b>Tegangan Von Mises</b> | <b>Deformasi Total</b> | <b>Diff</b> |
|--------------------|--------------|----------------|---------------------------|------------------------|-------------|
| <b>mm</b>          |              |                | <b>MPa</b>                | <b>mm</b>              |             |
| 10                 | 1527776      | 1106043        | 88,614                    | 5,4739                 | -           |
| 11                 | 1154984      | 832615         | 89,248                    | 5,4737                 | 0,72%       |
| 12                 | 891825       | 641357         | 87,839                    | 5,4738                 | 1,58%       |
| 13                 | 705113       | 505083         | 88,624                    | 5,4736                 | 0,89%       |
| 14                 | 564955       | 403327         | 88,843                    | 5,4734                 | 0,25%       |
| 15                 | 461574       | 328443         | 85,935                    | 5,4733                 | 3,27%       |
| 16                 | 384562       | 272281         | 87,303                    | 5,4732                 | 1,59%       |
| 17                 | 319749       | 225949         | 86,022                    | 5,4729                 | 1,47%       |
| 18                 | 271608       | 191006         | 85,795                    | 5,473                  | 0,26%       |
| 19                 | 229585       | 161403         | 85,523                    | 5,4728                 | 0,32%       |
| 20                 | 198770       | 138888         | 84,51                     | 5,4727                 | 1,18%       |
| 25                 | 103806       | 71294          | 80,364                    | 5,4717                 | 4,91%       |
| 30                 | 60668        | 40993          | 83,985                    | 5,471                  | 4,51%       |
| 35                 | 39895        | 26433          | 78,345                    | 5,4704                 | 6,72%       |

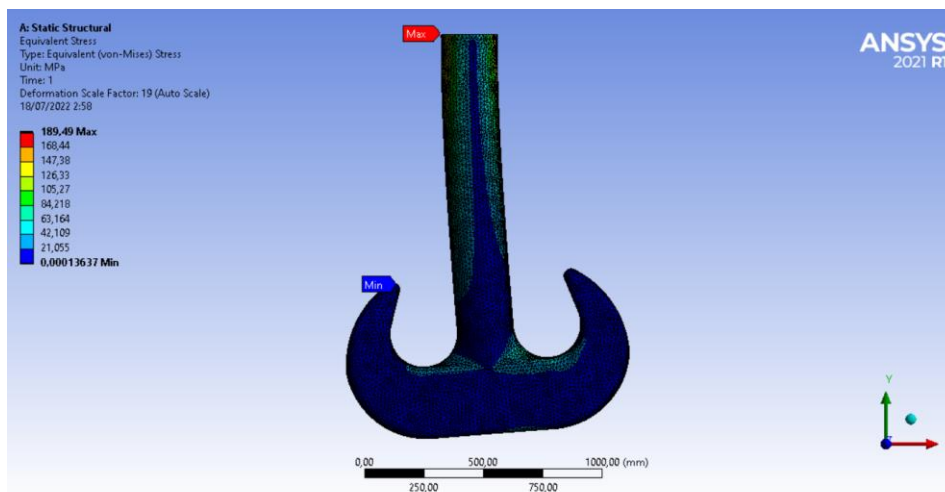


**Gambar 4.31 Grafik *Meshing Sensitivity* dari Model *Crane Hook* dengan Penampang *Rectangular***

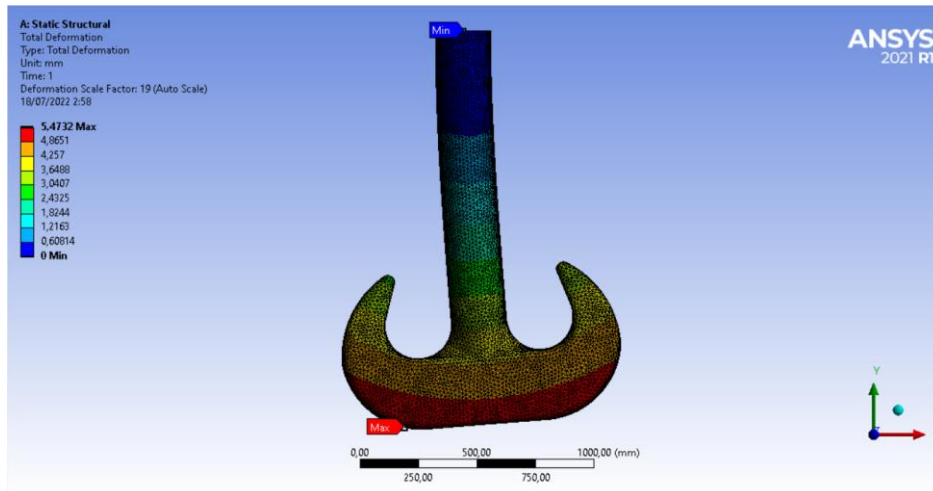


**Gambar 4.32** Model *Crane Hook* Penampang *Rectangular* dengan Ukuran *Mesh* 16 mm.

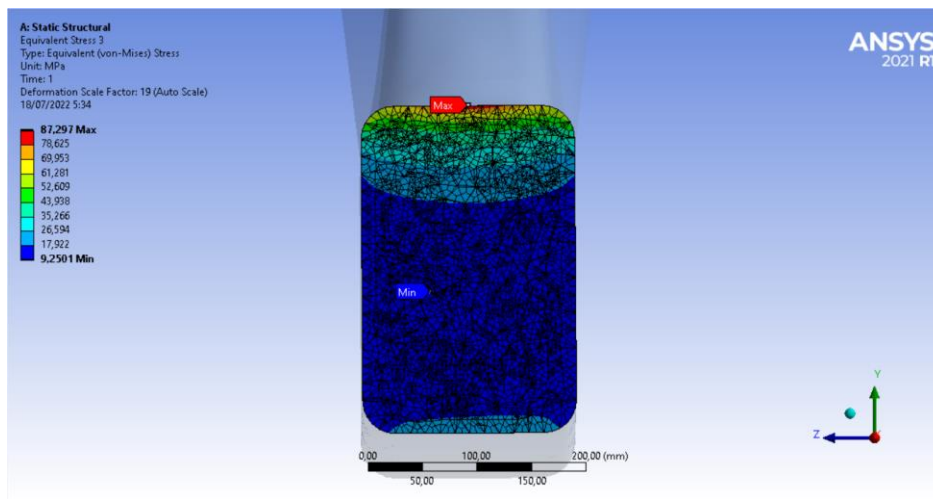
Pada **Gambar 4.33** merupakan model *crane hook* penampang *rectangular* dengan kerapatan *mesh* sebesar 16 mm beserta tegangan *von mises* yang terjadi. Hasil analisis didapatkan tegangan *von mises* maksimum sebesar 189,49 MPa, dengan keterangan warna merah adalah nilai tegangan maksimum dan warna biru adalah nilai tegangan minimum. Deformasi total yang terjadi pada *crane hook* dengan penampang *rectangular* dapat dilihat pada **Gambar 4.34** dengan nilai deformasi total maksimum sebesar 5,4732 mm. Selanjutnya pada **Gambar 4.35** merupakan potongan *crane hook* penampang *rectangular* beserta tegangan *von mises* yang terjadi. Didapatkan tegangan maksimum pada potongan *crane hook* dengan penampang *rectangular* sebesar 87,279 MPa dan tegangan *von mises* minimum sebesar 9,2501 MPa.



**Gambar 4.33** Tegangan *Von Mises* yang Terjadi Pada *Crane Hook* dengan Penampang *Rectangular*.



**Gambar 4.34** Deformasi Total yang Terjadi Pada *Crane Hook* dengan Penampang *Rectangular*.



**Gambar 4.35** Tegangan *Von Mises* yang Terjadi Pada Potongan *Crane Hook* dengan Penampang *Rectangular*

#### 4.5.6 Validasi Perhitungan Manual dengan Hasil Analisis *Software* ANSYS

Setelah melakukan analisis tegangan pada struktur *crane hook*, perlu dilakukan perbandingan antara perhitungan manual dengan hasil analisis *software* ANSYS. Hal ini bertujuan untuk menyesuaikan hasil dari perhitungan manual dengan hasil analisis menggunakan *software* ANSYS. Berikut adalah validasi hasil analisa tegangan pada **Tabel 4.26** sebagai berikut:

**Tabel 4.26** Validasi Perhitungan Tegangan Manual dan *Software* ANSYS Pada *Crane Hook* dengan Variasi Penampang

| Penampang          | Tegangan <i>Von Mises</i> |                             | <i>Error</i> |
|--------------------|---------------------------|-----------------------------|--------------|
|                    | Perhitungan Manual (MPa)  | <i>Software</i> ANSYS (MPa) |              |
| <i>Circular</i>    | 82,987                    | 80,391                      | 3,1%         |
| <i>Trapezoidal</i> | 73,968                    | 77,159                      | 4,3%         |
| <i>Rectangular</i> | 90,195                    | 87,303                      | 3,2%         |

Berdasarkan hasil analisis pada **Tabel 4.26**, diketahui bahwa *error* tertinggi terjadi pada validasi hasil analisis tegangan *crane hook* dengan penampang *trapezoidal* dengan nilai *error* 4,3%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa perhitungan manual dengan hasil dari *software* ANSYS sudah sesuai dengan kondisi sebenarnya, hal ini dikarenakan *error* antara perhitungan manual dengan *software* ANSYS memiliki hasil kurang dari 5%.

Kemudian dilakukan analisis faktor keamanan untuk menentukan gagal tidaknya struktur *crane hook* pada tiap variasi penampang saat melakukan operasi *lifting*. Hasil perhitungan faktor keamanan dapat dilihat pada **Tabel 4.27**. Didapatkan nilai faktor keamanan terkecil terdapat pada hasil analisa perhitungan manual tegangan *crane hook* pada penampang *circular* dengan nilai faktor keamanan 1,252, sehingga dapat disimpulkan bahwa semua variasi penampang *crane hook* tidak mengalami kegagalan karena nilai faktor keamanannya lebih dari 1,25.

**Tabel 4.27 Hasil Perhitungan Faktor Keamanan Perhitungan Tegangan Manual dan Software ANSYS pada Crane Hook dengan Variasi Penampang**

| Penampang          | Faktor Keamanan    |                |
|--------------------|--------------------|----------------|
|                    | Perhitungan Manual | Software ANSYS |
| <i>Circular</i>    | 1,836              | 1,252          |
| <i>Trapezoidal</i> | 2,060              | 1,305          |
| <i>Rectangular</i> | 1,689              | 1,319          |

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan pada penelitian Tugas Akhir ini, didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. *Member* kritis atau *member* yang memiliki *unity check* terbesar terdapat pada *member* 7742 - 0013 dengan nilai *unity check* sebesar 0,32. Dan untuk defleksi terbesar pada *member deck* terjadi pada *joint* 7204 sebesar 0,945 kurang dari nilai limit defleksi yaitu sebesar 0,999. Jadi pada penerapan model *rigging* untuk *lifting*, disimpulkan struktur *upper deck* tidak mengalami kegagalan pada *member*.
2. Pada perhitungan manual, struktur *padeye* memiliki *unity check* tertinggi pada *plate* sebesar 0,717 dan pada *welding point* sebesar 0,753. Dan untuk hasil tegangan *von mises* dari perhitungan manual sebesar 123,5 MPa dan hasil analisis *software* ANSYS sebesar 124,73 MPa. Melalui analisis ini dapat disimpulkan struktur *padeye* tidak mengalami kegagalan pada saat operasi *lifting* karena nilai *unity check* kurang dari 1 dan nilai faktor keamanan kurang dari 1, kemudian perbedaan tegangan *von mises* pada perhitungan tegangan manual dan *software* ANSYS kurang dari 5% yang berarti sudah mendekati dengan kondisi sebenarnya.
3. Analisis kekuatan struktur *crane hook* pada tiap penampang dilakukan menggunakan perhitungan manual dan *software* ANSYS dengan memasukkan beban *sling* dengan sudut terkecil, yaitu *sling* SL 2.1 – SL 2.4 dengan sudut *sling* 60,25. Hasil perhitungan manual menggunakan teori batang lengkung didapatkan tegangan pada *crane hook* dengan penampang *circular* sebesar 82,987 MPa, penampang *trapezoidal* sebesar 73,968 MPa, dan penampang *rectangular* sebesar 90,195 MPa. Kemudian *safety factor* pada penampang *circular* sebesar 1,836, penampang *trapezoidal* sebesar 2,060, dan pada penampang *rectangular* sebesar 1,689. Selanjutnya hasil analisis tegangan lokal menggunakan *software* ANSYS didapatkan tegangan pada *crane hook* dengan penampang *circular* sebesar 80,391 MPa, penampang *trapezoidal* sebesar 77,159 MPa, dan penampang *rectangular* sebesar 87,303 MPa. Untuk perhitungan *safety factor* pada penampang *circular* sebesar 1,252, penampang *trapezoidal* sebesar 1,305, dan pada penampang *rectangular* sebesar 1,319. Disimpulkan bahwa semua variasi penampang struktur *crane hook* aman untuk operasi *lifting crane hook*, hal ini dikarenakan hasil perhitungan faktor keamanan lebih besar dari batas amannya yaitu 1,25.
4. Setelah dilakukan analisis menggunakan perhitungan manual dan *software* ANSYS, dari ketiga variasi penampang *crane hook* diketahui bahwa tegangan dan deformasi yang terjadi pada penampang *trapezoidal* memiliki nilai yang lebih kecil daripada penampang *circular* dan *rectangular*. Penampang *trapezoidal* juga memiliki nilai *safety factor* lebih besar daripada penampang *crane hook* lainnya, sehingga dapat disimpulkan bahwa *crane hook* dengan penampang *trapezoidal* lebih tahan lama dan memiliki kapasitas lebih besar untuk menyerap dan menyimpan defleksi yang dihasilkan oleh beban vertikal.

## 5.2 Saran

Adapun beberapa saran yang dapat diberikan dari hasil analisis laporan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan validasi berat modul struktur *upper deck* dengan berat struktur pada dokumen *weight control report* (WCR).
2. Pada penelitian ini dapat dilakukan variasi konfigurasi *rigging*, seperti variasi ukuran dan jumlah *slings*, *cranes*, dan *shackles*.



## DAFTAR PUSTAKA

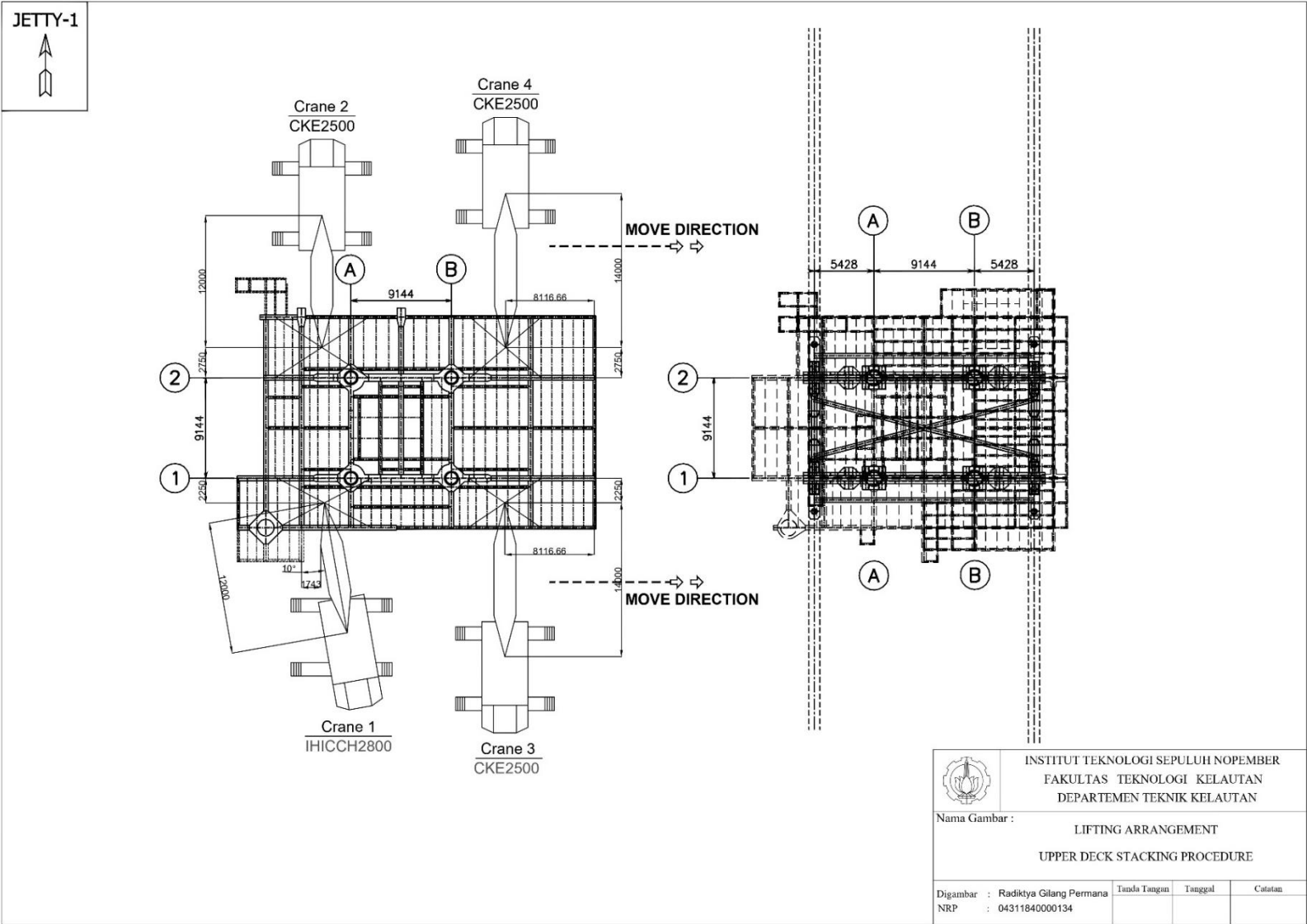
- AISC. (1989). Specification for structural steel buildings (Allowable Stress Design and Plastic Design). In *AS Design*. American Institute of Steel Construction, Inc.
- API RP 2A-WSD 22nd Ed. (2014). Planning, Designing, and Constructing Fixed Offshore Platforms - Working Stress Design. In *API Recommended Practice* (Issue November 2014). American Petroleum Institute.
- Awali, J. A. (2014). Analisa Kegagalan Poros Dengan Pendekatan Metode Elemen Hingga. *Turbo*, 2(2), 39–44.
- Chakrabarti, S. K. (2005). *Handbook of Offshore Engineering: Vol. II*. Amsterdam: Elsevier Ltd.
- DNV-OS-H205. (2014). *Lifting Operations ( VMO Standard - Part 2-5 )* (Issue April). Norway: Det Norske Veritas AS.
- DNV GL Noble Denton. (2016). *Noble Denton Marine Services - Marine Warranty Wizard*. Norway: Det Norske Veritas.
- El-Reedy, M. A. (2014). Marine Structural Design Calculations. In *Marine Structural Design Calculations*. <https://doi.org/10.1016/C2012-0-07922-7>
- Fish, J., & Belytschko, T. (2007). *A first course in finite elements* (Vol. 45, Issue 06). Chichester: John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.5860/choice.45-3218>
- Franciska, A., Susilo, T., Hilmy, Z., & Kurniawan, E. (2020). DESIGN DAN ANALISIS LIFTING ARRANGEMENT YANG OPTIMAL UNTUK PENGANGKATAN PROJECT MODUL BERRI BERLOKASI DI PERUSAHAAN SAIPEM TAQA AL-RUSHAID YARD. *JURNAL JALASENA*, 2(1), 28–40.
- Fu, F. (2018). *Design and Analysis of Tall and Complex Structures* (Issue 201805975002). Oxford: Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/c2015-0-06071-3>
- GL Noble Denton. (2015). *Guidelines for Marine Lifting & Lowering Operations 0027/ND*. Norway: Noble Denton Group Limited.
- IMCA. (2007). Guidelines for Lifting Operations. In *The International Marine Contractors Association*. IMCA.
- Khan, N., Bhushan, G., & Chandna, P. (2017). *Design and Stress Analysis of Ramshorn Hook with Different Cross Section using CAE Tools*. 4(1), 1–8.
- Kurniawan, A. (2014). *Analisa Kekuatan Struktur Crane Hook Dengan Perangkat Lunak Elemen Hingga Untuk Pembebanan 20 Ton*. Bengkulu: Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Bengkulu.
- Liang, L. (2004). *Heavy Lift Installation Study of Offshore Structures*. Singapore: Thesis of Departement of Civil Engineering, National University of Singapore.
- Onur, Y. A. (2018). Investigation of the effect of the sling angle and size on the reliability of lifting hooks. *Simulation: Transactions of the Society for Modeling and Simulation International*, 94(10), 931–942. <https://doi.org/10.1177/0037549717744646>

- Popov, E. P. (1984). *Mechanics of Materials* (2nd ed.). Berkeley: University of California.
- Pramastyo, N., & Sujantoko. (2020). Analisis Respon Struktur pada Proses Lifting. *Prosiding 4th Seminar Nasional Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat 2020*, 40–45.
- Riyanto, R. D. (2015). *Modul Perancangan Bangunan Lepas Pantai Statis (TRB II)* (Issue Trb II). Surabaya.
- Shrestha, B., Bhandari, A., Poudel, S., & Rao, M. K. V. (2020). Crane Hook Analysis for different Cross-Section using ANSYS. *International Journal of Advances in Scientific Research and Engineering*, 05(12), 67–73. <https://doi.org/10.31695/ijasre.2019.33644>
- Singh, B., & Singh, P. (2020a). Finite Element Analysis of Ramshorn Hook Using CAE Tools. *International Journal of Advance Science and Technology*, 29(10S), 4860–4866.
- Singh, B., & Singh, P. (2020b). Stress and Deformation Analysis of Ramshorn Hook with Various Cross Stress and Deformation Analysis of Ramshorn Hook with Various Cross Sections. *International Journal of Advance Science and Technology*, 29(10S), 4915–4922.
- Sumarsono, I. (2016). *Analisis Keandalan Struktur Padeye Berdasarkan Konfigurasi Rigging Pada Lifting Upper Deck Modul MODEC Dengan Pendekatan Dinamik*. Surabaya: Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Vishwanath, S. R., & Manoharrao, S. A. (2019). Design and Analysis of Crane Hook by Using Composite Material. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 6(2), 2081–2084.
- Wunda, S., Johannes, A. Z., Pingak, R. K., & Ahab, A. S. (2019). Analisis Tegangan , Regangan Dan Deformasi Crane Hook Dari Material Baja Aisi 1045 Dan Baja St 37 Menggunakan Software Elmer. *Jurnal Fisika : Fisika Sains Dan Aplikasinya*, 4(2), 131–137.
- Yansah, A. R. (2016). *Analisis Konfigurasi Rigging Dan Padeye Pada Saat Proses Installation Deck Structure ULA Platform Dengan Cara Lifting*. Surabaya: Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

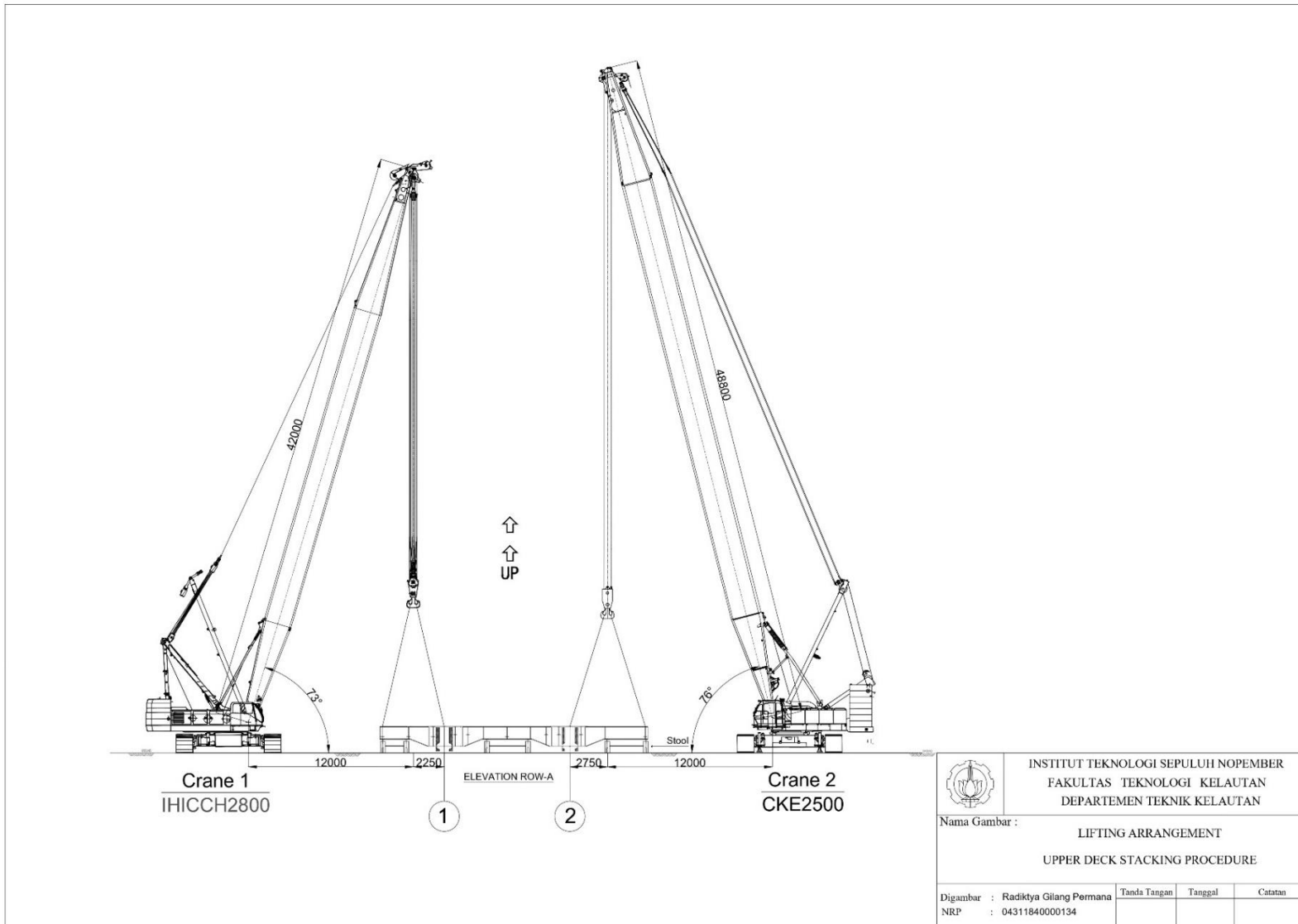
**LAMPIRAN 1**

***LIFTING ARRANGEMENT***

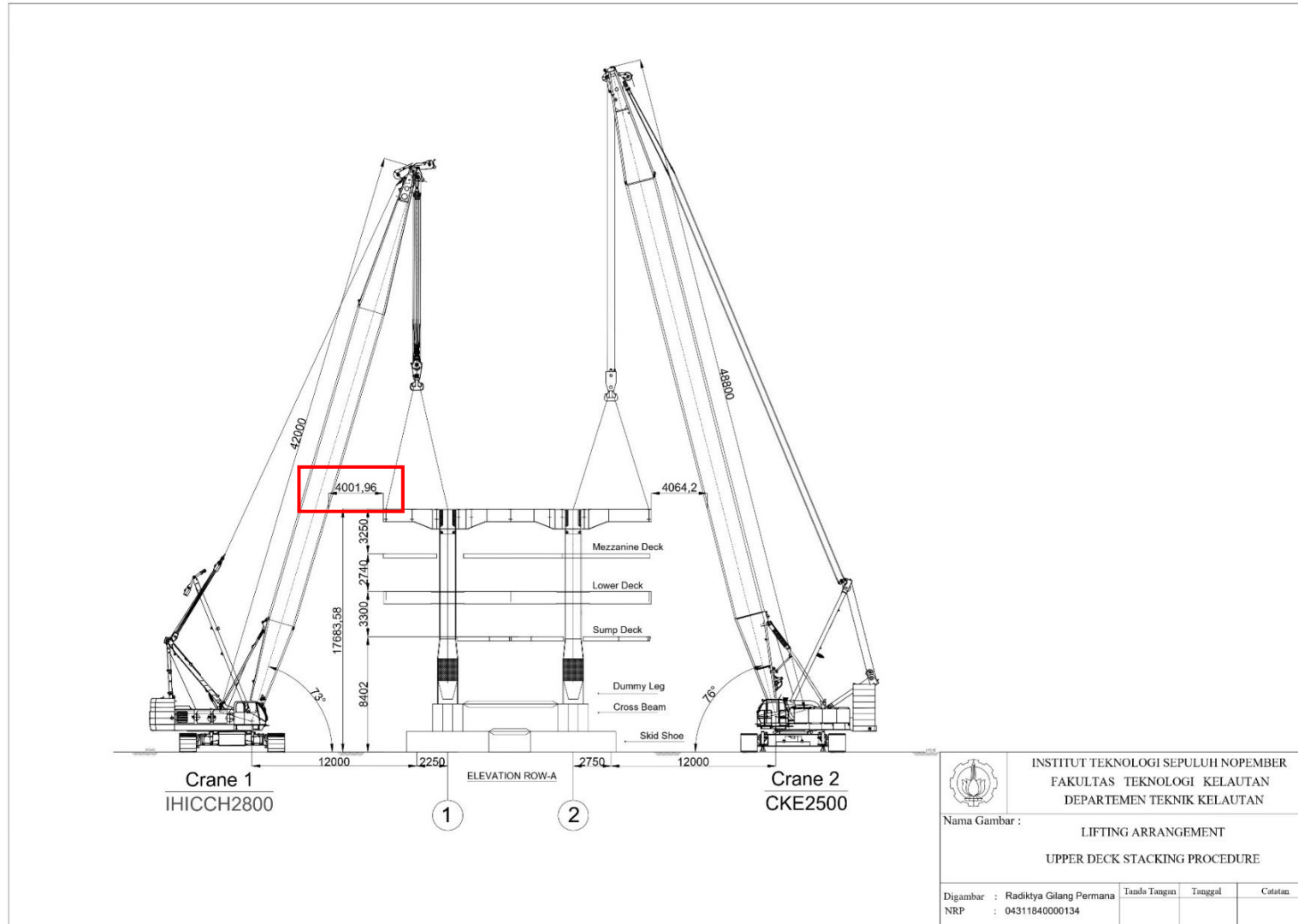
Lampiran 1.1 *Layout Prosedur Stacking Upper Deck*



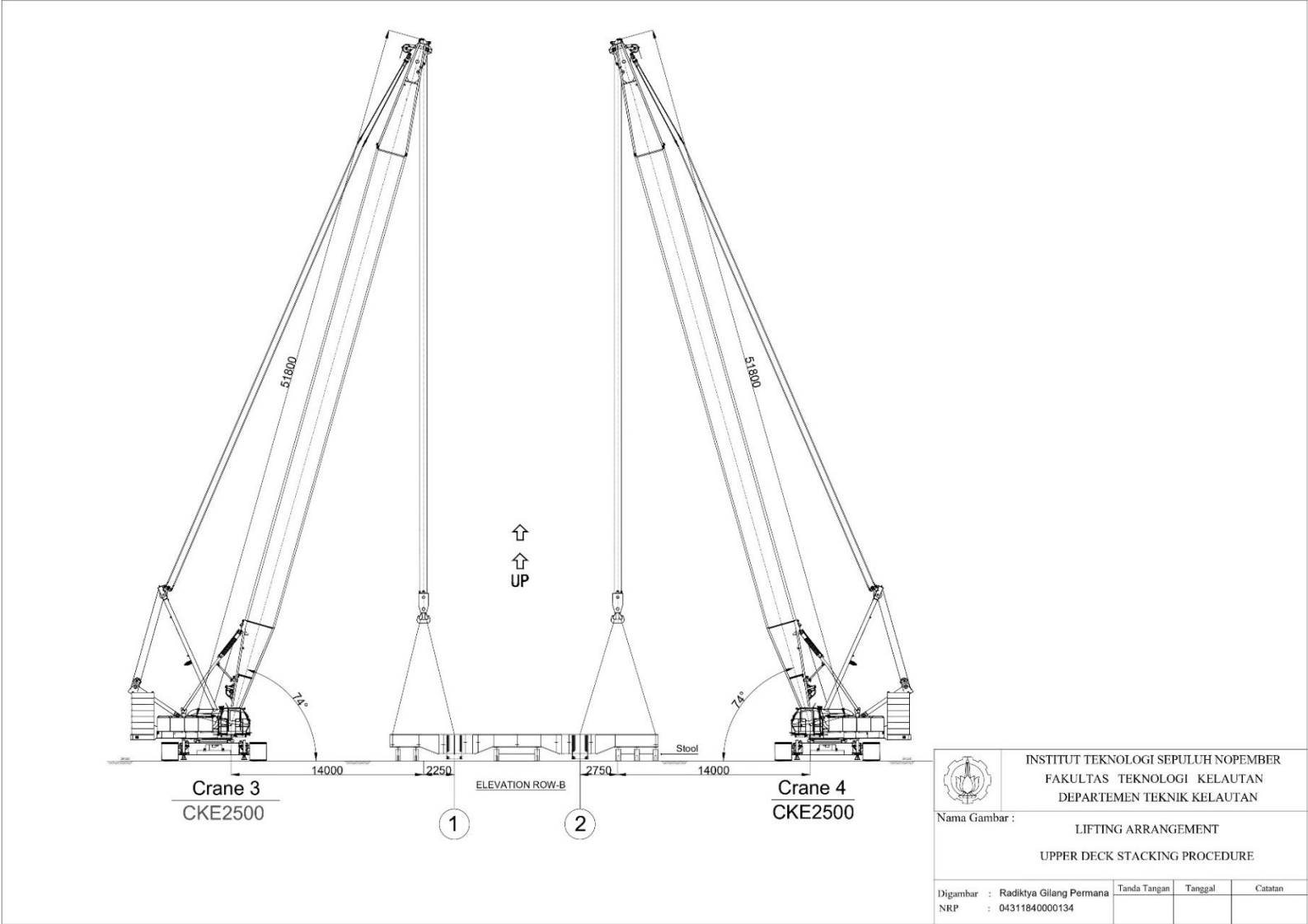
**Lampiran 1.2** Prosedur *Stacking Upper Deck* Pada *Crane 1* dan *Crane 2*



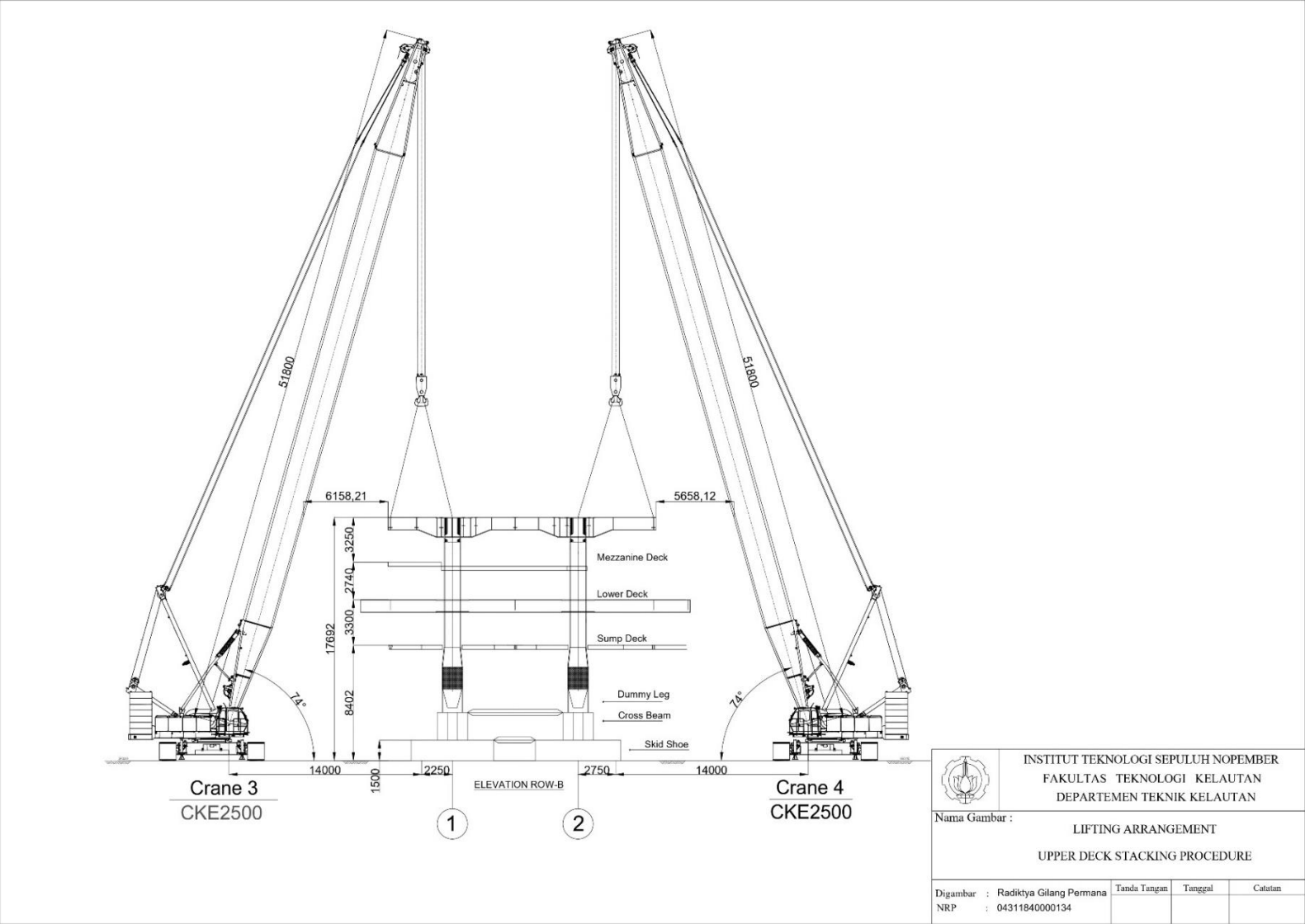
**Lampiran 1.3** Jarak Clearance Pada Prosedur *Stacking Upper Deck* Pada Crane 1 dan Crane 2



**Lampiran 1.3** Prosedur *Stacking Upper Deck* Pada *Crane 3* dan *Crane 4*



**Lampiran 1.4** Jarak Clearance Pada Prosedur *Stacking Upper Deck* Pada Crane 3 dan Crane 4





**LAMPIRAN 2**

***OUPUT SACS 5.7***

**Lampiran 2.1 Defleksi Maksimum Pada *Member Upper Deck***

MAXIMUM JOINT DISPLACEMENTS REPORT

| LOAD<br>COND | JOINT | DEFL (X)<br>(cm) | JOINT | DEFL (Y)<br>(cm) | JOINT | DEFL (Z)<br>(cm) | JOINT | DEFL (T)<br>(cm) |
|--------------|-------|------------------|-------|------------------|-------|------------------|-------|------------------|
| 101          | 7444  | 0.263            | 7482  | -0.097           | 7204  | -0.798           | 7204  | 0.807            |
| LC1          | 7444  | 0.271            | 7482  | -0.100           | 7204  | -0.822           | 7204  | 0.832            |
| LC2          | 7444  | 0.312            | 7482  | -0.114           | 7204  | -0.945           | 7204  | 0.956            |

**Lampiran 2.2 Joint Reaction Pada *Hook Point***

FIXED JOINTS REACTION FORCES AND MOMENTS REPORT

| JOINT | LOAD<br>COND | *****<br>FORCE (X) | kN *****<br>FORCE (Y) | *****<br>FORCE (Z) | *****<br>MOMENT (X) | kN-m *****<br>MOMENT (Y) | *****<br>MOMENT (Z) |
|-------|--------------|--------------------|-----------------------|--------------------|---------------------|--------------------------|---------------------|
| HK01  | 101          | -22.586            | 7.343                 | 513.874            | 0.000               | 0.000                    | 0.000               |
|       | LC1          | -23.263            | 7.563                 | 529.290            | 0.000               | 0.000                    | 0.000               |
|       | LC2          | -26.753            | 8.697                 | 608.683            | 0.000               | 0.000                    | 0.000               |
| HK02  | 101          | 29.375             | 27.742                | 431.891            | 0.000               | 0.000                    | 0.000               |
|       | LC1          | 30.256             | 28.574                | 444.847            | 0.000               | 0.000                    | 0.000               |
|       | LC2          | 34.795             | 32.861                | 511.574            | 0.000               | 0.000                    | 0.000               |
| HK03  | 101          | -43.050            | -15.535               | 364.520            | 0.000               | 0.000                    | 0.000               |
|       | LC1          | -44.342            | -16.001               | 375.456            | 0.000               | 0.000                    | 0.000               |
|       | LC2          | -50.993            | -18.401               | 431.774            | 0.000               | 0.000                    | 0.000               |
| HK04  | 101          | 36.261             | -19.550               | 363.370            | 0.000               | 0.000                    | 0.000               |
|       | LC1          | 37.348             | -20.136               | 374.271            | 0.000               | 0.000                    | 0.000               |
|       | LC2          | 42.951             | -23.157               | 430.411            | 0.000               | 0.000                    | 0.000               |

### Lampiran 2.3 Beban Internal pada *Member Slings*

#### MEMBER INTERNAL LOADS SUMMARY REPORT

| MEMBER<br>NAME | GROUP<br>ID | MAX.<br>UNITY | CRIT.<br>COND. | LOAD<br>COND | DIST.<br>FROM END<br>(m) | INTERNAL LOADS |                    |                    |                   |                          |                          | NEXT TWO HIGHEST CASES |              |                |              |
|----------------|-------------|---------------|----------------|--------------|--------------------------|----------------|--------------------|--------------------|-------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------|--------------|----------------|--------------|
|                |             |               |                |              |                          | AXIAL<br>(kN)  | SHEAR<br>Y<br>(kN) | SHEAR<br>Z<br>(kN) | TORSION<br>(kN-m) | BENDING<br>Y-Y<br>(kN-m) | BENDING<br>Z-Z<br>(kN-m) | UNITY<br>CHECK         | LOAD<br>COND | UNITY<br>CHECK | LOAD<br>COND |
| 0011-HK02      | SL1         | 0.18          | TN+BN          | LC2          | 0.0                      | 123.94         | -1.3995E-19        | 4.7095E-19         | 0                 | 0                        | 0                        | 0.2                    | LC1          | 0.2            | 101          |
| 0013-HK04      | SL1         | 0.14          | TN+BN          | LC2          | 0.0                      | 91.876         | 3.5071E-19         | 4.4545E-19         | 0                 | 0                        | 0                        | 0.1                    | LC1          | 0.1            | 101          |
| 7121-HK03      | SL1         | 0.23          | TN+BN          | LC2          | 0.0                      | 157.86         | 1.9601E-19         | 6.3284E-20         | 0                 | 0                        | 0                        | 0.2                    | LC1          | 0.2            | 101          |
| 7143-HK03      | SL1         | 0.28          | TN+BN          | LC2          | 0.0                      | 191.25         | -3.9845E-19        | 5.1664E-19         | 0                 | 0                        | 0                        | 0.2                    | LC1          | 0.2            | 101          |
| 7144-HK04      | SL1         | 0.27          | TN+BN          | LC2          | 0.0                      | 181.38         | -8.2771E-20        | 1.6474E-19         | 0                 | 0                        | 0                        | 0.2                    | LC1          | 0.2            | 101          |
| 7184-HK01      | SL1         | 0.33          | TN+BN          | LC2          | 0.0                      | 221.45         | -1.5907E-19        | -4.161E-19         | 0                 | 0                        | 0                        | 0.3                    | LC1          | 0.3            | 101          |
| 7185-HK02      | SL1         | 0.31          | TN+BN          | LC2          | 0.0                      | 210.12         | -1.4994E-19        | -6.1296E-19        | 0                 | 0                        | 0                        | 0.3                    | LC1          | 0.3            | 101          |
| 7205-HK04      | SL1         | 0.20          | TN+BN          | LC2          | 0.0                      | 135.11         | 6.9454E-20         | 1.6049E-19         | 0                 | 0                        | 0                        | 0.2                    | LC1          | 0.2            | 101          |
| 7242-HK02      | SL1         | 0.22          | TN+BN          | LC2          | 0.0                      | 149.04         | 4.8809E-19         | -1.2852E-18        | 0                 | 0                        | 0                        | 0.2                    | LC1          | 0.2            | 101          |
| 7289-HK01      | SL1         | 0.27          | TN+BN          | LC2          | 0.0                      | 180.77         | -8.9542E-20        | 2.0936E-19         | 0                 | 0                        | 0                        | 0.2                    | LC1          | 0.2            | 101          |
| 7414-HK03      | SL1         | 0.07          | TN+BN          | LC2          | 0.0                      | 50.043         | 2.0591E-19         | 1.4255E-19         | 0                 | 0                        | 0                        | 0.1                    | LC1          | 0.1            | 101          |
| 7446-HK03      | SL1         | 0.11          | TN+BN          | LC2          | 0.0                      | 71.148         | -2.3666E-19        | 4.0141E-19         | 0                 | 0                        | 0                        | 0.1                    | LC1          | 0.1            | 101          |
| 7487-HK01      | SL1         | 0.22          | TN+BN          | LC2          | 0.0                      | 148.69         | 0                  | 0                  | 0                 | 0                        | 0                        | 0.2                    | LC1          | 0.2            | 101          |
| 7515-HK01      | SL1         | 0.19          | TN+BN          | LC2          | 0.0                      | 125.07         | -1.8695E-19        | -2.0143E-19        | 0                 | 0                        | 0                        | 0.2                    | LC1          | 0.2            | 101          |
| 7706-HK04      | SL1         | 0.10          | TN+BN          | LC2          | 0.0                      | 66.96          | -2.1811E-19        | -3.9412E-20        | 0                 | 0                        | 0                        | 0.1                    | LC1          | 0.1            | 101          |
| 7785-HK02      | SL1         | 0.16          | TN+BN          | LC2          | 0.0                      | 106.16         | 9.934E-20          | -1.0821E-19        | 0                 | 0                        | 0                        | 0.1                    | LC1          | 0.1            | 101          |

## Lampiran 2.4 Beban Internal pada *Member Upper Deck*

### MEMBER INTERNAL LOADS SUMMARY REPORT

| MEMBER<br>NAME | GROUP<br>ID | MAX.<br>UNITY CHK. | CRIT.<br>COND. | LOAD<br>COND | DIST.<br>FROM END<br>(m) | INTERNAL LOADS |                    |                    |                   |                          |                          | NEXT TWO HIGHEST CASES |              |                |              |
|----------------|-------------|--------------------|----------------|--------------|--------------------------|----------------|--------------------|--------------------|-------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------|--------------|----------------|--------------|
|                |             |                    |                |              |                          | AXIAL<br>(kN)  | SHEAR<br>Y<br>(kN) | SHEAR<br>Z<br>(kN) | TORSION<br>(kN-m) | BENDING<br>Y-Y<br>(kN-m) | BENDING<br>Z-Z<br>(kN-m) | UNITY<br>CHECK         | LOAD<br>COND | UNITY<br>CHECK | LOAD<br>COND |
| 7000-7196      | U10         | 0.01               | CM+BN          | LC2          | 0.5                      | -24.878        | 1.6528             | 4.8145             | 0.24798           | 180.46                   | -3.6863                  | 0.0                    | LC1          | 0.0            | 101          |
| 7002-7156      | U10         | 0.01               | TN+BN          | LC2          | 0.6                      | 40.607         | -10.433            | 48.925             | -1.0597           | 167.34                   | 19.564                   | 0.0                    | LC1          | 0.0            | 101          |
| 7145-7002      | U10         | 0.01               | SHEAR          | LC2          | 0.0                      | 55.611         | 36.239             | 138.57             | 9.2651            | 56.744                   | 13.918                   | 0.0                    | LC1          | 0.0            | 101          |
| 7186-7000      | U10         | 0.01               | CM+BN          | LC2          | 0.6                      | -34.528        | 22.112             | 72.521             | 4.6878            | 174.78                   | 14.53                    | 0.0                    | LC1          | 0.0            | 101          |
| 7100-7102      | U11         | 0.01               | SHEAR          | LC2          | 1.4                      | 2.923          | -2.6425            | -21.865            | -0.17014          | -21.415                  | -0.49634                 | 0.0                    | LC1          | 0.0            | 101          |
| 7102-7104      | U11         | 0.02               | TN+BN          | LC2          | 1.0                      | 2.9214         | -2.1476            | -29.283            | 0.13597           | -47.544                  | -2.5723                  | 0.0                    | LC1          | 0.0            | 101          |
| 7104-7108      | U11         | 0.04               | TN+BN          | LC2          | 1.0                      | 2.9191         | -2.2142            | -36.724            | 0.094767          | -80.866                  | -4.7127                  | 0.0                    | LC1          | 0.0            | 101          |
| 7107-7210      | U11         | 0.04               | CM+BN          | LC2          | 0.0                      | -24.878        | 1.6528             | -33.466            | -0.18837          | 126.18                   | 1.1069                   | 0.0                    | LC1          | 0.0            | 101          |
| 7108-7120      | U11         | 0.05               | TN+BN          | LC2          | 1.0                      | 2.9172         | -2.3569            | -44.192            | 0.0065194         | -121.41                  | -6.991                   | 0.0                    | LC1          | 0.0            | 101          |
| 7109-7273      | U11         | 0.01               | TN+BN          | LC2          | 0.0                      | 2.7643         | 0.48933            | 15.93              | -0.089498         | -21.409                  | -0.20755                 | 0.0                    | LC1          | 0.0            | 101          |
| 7111-7109      | U11         | 0.01               | TN+BN          | LC2          | 0.0                      | 2.7643         | 0.48933            | 18.493             | -0.089498         | -30.875                  | -0.47668                 | 0.0                    | LC1          | 0.0            | 101          |
| 7120-7121      | U11         | 0.07               | TN+BN          | LC2          | 1.0                      | 2.917          | -2.5724            | -51.677            | -0.12679          | -169.18                  | -9.4777                  | 0.1                    | LC1          | 0.1            | 101          |
| 7121-7125      | U11         | 0.08               | CM+BN          | LC2          | 0.0                      | -48.566        | 33.106             | 90.369             | 0.11818           | -169.19                  | -9.4777                  | 0.1                    | LC1          | 0.1            | 101          |
| 7125-7105      | U11         | 0.06               | CM+BN          | LC2          | 0.0                      | -6.7646        | -6.5051            | 18.041             | -0.30206          | -91.092                  | 14.107                   | 0.1                    | LC1          | 0.0            | 101          |
| 7210-7290      | U11         | 0.04               | CM+BN          | LC2          | 0.0                      | -67.024        | -7.8701            | -82.697            | -0.44472          | 95.026                   | 4.0093                   | 0.0                    | LC1          | 0.0            | 101          |
| 7237-7292      | U11         | 0.04               | SHEAR          | LC2          | 0.5                      | -67.045        | -7.4368            | -93.202            | -0.17677          | -45.32                   | -8.0089                  | 0.0                    | LC1          | 0.0            | 101          |
| 7238-7111      | U11         | 0.05               | TN+BN          | LC2          | 0.8                      | 1.5521         | 30.565             | 57.504             | 0.22532           | -34.331                  | 20.958                   | 0.0                    | LC1          | 0.0            | 101          |
| 7271-7272      | U11         | 0.00               | SHEAR          | LC2          | 0.0                      | 2.7643         | 0.59335            | 8.1901             | -0.025162         | -7.5784                  | 0.37217                  | 0.0                    | LC1          | 0.0            | 101          |
| 7273-7271      | U11         | 0.01               | TN+BN          | LC2          | 0.0                      | 2.7643         | 0.52906            | 13.344             | -0.064926         | -17.087                  | -0.069065                | 0.0                    | LC1          | 0.0            | 101          |
| 7289-7238      | U11         | 0.05               | TN+BN          | LC2          | 0.0                      | 1.5807         | 29.057             | 64.19              | -0.70707          | -99.803                  | -11.821                  | 0.0                    | LC1          | 0.0            | 101          |
| 7290-7237      | U11         | 0.04               | SHEAR          | LC2          | 0.3                      | -67.045        | -6.6336            | -89.525            | 0.32003           | 2.242                    | -4.1641                  | 0.0                    | LC1          | 0.0            | 101          |
| 7292-7289      | U11         | 0.06               | CM+BN          | LC2          | 0.6                      | -67.03         | -6.7357            | -97.56             | 0.25685           | -99.803                  | -11.821                  | 0.0                    | LC1          | 0.0            | 101          |
| 7105-7141      | U12         | 0.01               | CM+BN          | LC2          | 0.7                      | -6.7646        | -6.5051            | -5.7835            | -0.30206          | -57.847                  | -13.67                   | 0.0                    | LC1          | 0.0            | 101          |
| 7161-7163      | U12         | 0.04               | TN+BN          | LC2          | 0.0                      | 43.16          | 1.1471             | -6.7679            | -0.33224          | 246.34                   | 0.6251                   | 0.0                    | LC1          | 0.0            | 101          |

|               |      |       |     |     |         |          |         |          |         |          |     |     |     |     |
|---------------|------|-------|-----|-----|---------|----------|---------|----------|---------|----------|-----|-----|-----|-----|
| 7163-7176 U12 | 0.04 | TN+BN | LC2 | 0.0 | 48.288  | -0.46507 | -49.966 | 0.28567  | 239.01  | 4.5513   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7170-7161 U12 | 0.04 | TN+BN | LC2 | 0.0 | 43.16   | 1.1471   | 3.1479  | -0.33224 | 248.04  | -0.45543 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7176-7367 U12 | 0.03 | TN+BN | LC2 | 0.0 | 48.288  | -0.46507 | -57.334 | 0.28567  | 201.46  | 4.2257   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7208-7107 U12 | 0.02 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -24.878 | 1.6528   | -28.519 | -0.18837 | 140.74  | 0.3301   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7156-7298 U13 | 0.01 | TN+BN | LC2 | 0.3 | 40.607  | -10.433  | 42.828  | -1.0597  | 181.33  | 16.382   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7196-7353 U13 | 0.01 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -24.878 | 1.6528   | 2.7994  | 0.24798  | 180.84  | -3.521   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7351-7145 U13 | 0.01 | SHEAR | LC2 | 0.0 | 55.611  | 36.239   | 144.67  | 9.2651   | 13.55   | 2.8648   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7354-7186 U13 | 0.01 | SHEAR | LC2 | 0.0 | -34.528 | 22.112   | 90.708  | 4.6878   | 100.9   | -5.4819  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7298-7299 U14 | 0.02 | TN+BN | LC2 | 0.3 | 40.607  | -10.433  | 38.231  | -1.0597  | 193.29  | 13.304   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7352-7351 U14 | 0.02 | SHEAR | LC2 | 0.0 | 55.611  | 36.239   | 149.26  | 9.2651   | -29.804 | -7.8258  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7353-7355 U14 | 0.01 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -24.878 | 1.6528   | -3.2974 | 0.24798  | 180.76  | -3.0169  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7356-7354 U14 | 0.01 | SHEAR | LC2 | 0.0 | -34.528 | 22.112   | 95.305  | 4.6878   | 73.467  | -12.005  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7143-7352 U15 | 0.02 | SHEAR | LC2 | 0.0 | 55.611  | 36.239   | 154.38  | 9.2651   | -90.532 | -22.322  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7184-7356 U15 | 0.01 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -34.528 | 22.112   | 100.42  | 4.6878   | 34.321  | -20.85   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7299-7350 U15 | 0.02 | TN+BN | LC2 | 0.0 | 40.607  | -10.433  | 38.231  | -1.0597  | 193.29  | 13.304   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7350-7168 U15 | 0.02 | TN+BN | LC2 | 0.0 | 40.607  | -10.433  | 34.669  | -1.0597  | 203.44  | 10.4     | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7355-7198 U15 | 0.02 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -24.878 | 1.6528   | -7.8945 | 0.24798  | 179.11  | -2.5293  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7101-7184 U16 | 0.02 | SHEAR | LC2 | 0.1 | 49.522  | -23.645  | -99.282 | -4.2709  | 18.669  | -20.85   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7103-7143 U16 | 0.02 | CM+BN | LC2 | 0.7 | -6.7646 | -6.5051  | -21.291 | -1.1607  | -74.958 | -22.322  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7127-7101 U16 | 0.02 | SHEAR | LC2 | 1.0 | 49.522  | -23.645  | -97.976 | -4.2709  | 29.715  | -18.202  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7141-7103 U16 | 0.01 | CM+BN | LC2 | 0.6 | -6.7646 | -6.5051  | -12.877 | -1.1607  | -62.63  | -17.627  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7168-7171 U16 | 0.03 | TN+BN | LC2 | 0.0 | 40.607  | -10.433  | 33.114  | 0.31748  | 212.92  | 9.1309   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7171-7170 U16 | 0.03 | TN+BN | LC2 | 0.1 | 43.16   | 1.1471   | 5.1534  | -0.18082 | 241.63  | -0.65272 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7198-7200 U16 | 0.02 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -24.878 | 1.6528   | -13.012 | 0.029805 | 171.65  | -1.8682  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7200-7208 U16 | 0.02 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -24.878 | 1.6528   | -18.701 | 0.029805 | 163.91  | -1.0616  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7367-7127 U16 | 0.02 | TN+BN | LC2 | 0.0 | 48.288  | -0.46507 | -67.25  | 0.22428  | 136.4   | 3.7876   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7001-7197 U20 | 0.02 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -0.8669 | 2.1165   | 8.0736  | 0.47882  | 276.95  | -8.3822  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7003-7167 U20 | 0.01 | TN+BN | LC2 | 0.6 | 69.489  | 7.3547   | 55.106  | 0.7933   | 162.59  | -13.155  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |

|               |      |       |     |     |         |         |         |           |         |         |     |     |     |     |
|---------------|------|-------|-----|-----|---------|---------|---------|-----------|---------|---------|-----|-----|-----|-----|
| 7146-7003 U20 | 0.01 | SHEAR | LC2 | 0.0 | 42.069  | -41.611 | 128.23  | -10.629   | 52.809  | -15.204 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7187-7001 U20 | 0.02 | CM+BN | LC2 | 0.6 | -16.167 | -22.372 | 79.467  | -5.4291   | 276.31  | -5.4907 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7110-7241 U21 | 0.08 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -40.304 | 10.655  | -79.824 | -0.015358 | 174.08  | -11.366 | 0.1 | LC1 | 0.1 | 101 |
| 7115-7178 U21 | 0.01 | TN+BN | LC2 | 1.4 | 3.8318  | 2.9875  | -19.64  | 0.18903   | -19.979 | 0.32178 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7118-7110 U21 | 0.07 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -0.8669 | 2.1165  | -40.283 | -0.079927 | 210.76  | -1.1862 | 0.1 | LC1 | 0.1 | 101 |
| 7132-7140 U21 | 0.07 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -16.931 | 7.805   | 19.132  | 0.35665   | -94.373 | -17.301 | 0.1 | LC1 | 0.1 | 101 |
| 7140-7114 U21 | 0.06 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -16.931 | 7.805   | 16.802  | 0.35665   | -85.389 | -13.399 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7178-7179 U21 | 0.02 | TN+BN | LC2 | 1.0 | 3.8329  | 2.4698  | -27.333 | -0.13114  | -44.225 | 2.7093  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7179-7202 U21 | 0.03 | TN+BN | LC2 | 1.0 | 3.8346  | 2.542   | -35.056 | -0.086506 | -75.937 | 5.1665  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7202-7203 U21 | 0.05 | TN+BN | LC2 | 1.0 | 3.8366  | 2.6874  | -42.803 | 0.0034116 | -115.14 | 7.7643  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7203-7205 U21 | 0.07 | TN+BN | LC2 | 1.0 | 3.8378  | 2.9341  | -50.57  | 0.15601   | -161.85 | 10.601  | 0.1 | LC1 | 0.1 | 101 |
| 7205-7132 U21 | 0.08 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -40.111 | -34.555 | 68.45   | -0.26435  | -161.84 | 10.601  | 0.1 | LC1 | 0.1 | 101 |
| 7241-7293 U21 | 0.04 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -40.514 | 10.444  | -86.23  | -0.14587  | 108.86  | -2.8426 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7242-7112 U21 | 0.03 | TN+BN | LC2 | 0.0 | 13.662  | -27.203 | 31.325  | 0.11074   | -30.829 | 14.193  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7293-7242 U21 | 0.04 | SHEAR | LC2 | 0.8 | -40.998 | 10.662  | -95.984 | -0.010772 | -36.611 | 14.042  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7114-7142 U22 | 0.02 | CM+BN | LC2 | 0.7 | -16.931 | 7.805   | -4.6925 | 0.35665   | -56.469 | 16.026  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7159-7162 U22 | 0.04 | TN+BN | LC2 | 0.9 | 72.965  | -3.8599 | -5.3283 | 0.063133  | 263.66  | -4.2522 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7162-7175 U22 | 0.04 | TN+BN | LC2 | 0.7 | 72.965  | -3.8599 | -12.697 | 0.063133  | 257.35  | -6.9541 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7175-7177 U22 | 0.05 | TN+BN | LC2 | 0.0 | 66.213  | 10.496  | -22.967 | -0.19546  | 257.35  | -23.279 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7177-7366 U22 | 0.04 | TN+BN | LC2 | 0.0 | 66.213  | 10.496  | -30.336 | -0.19546  | 238.7   | -15.932 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7209-7280 U22 | 0.03 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -0.8669 | 2.1165  | -35.335 | -0.079927 | 228.53  | -2.1809 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7280-7118 U22 | 0.03 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -0.8669 | 2.1165  | -38.177 | -0.079927 | 218.61  | -1.6095 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7167-7357 U23 | 0.01 | TN+BN | LC2 | 0.3 | 69.489  | 7.3547  | 49.009  | 0.7933    | 178.47  | -10.912 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7197-7362 U23 | 0.02 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -0.8669 | 2.1165  | -4.0168 | 0.47882   | 278.17  | -7.1123 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7358-7146 U23 | 0.01 | SHEAR | LC2 | 0.0 | 42.069  | -41.611 | 134.33  | -10.629   | 12.769  | -2.5127 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7363-7187 U23 | 0.01 | CM+BN | LC2 | 0.3 | -16.167 | -22.372 | 91.558  | -5.4291   | 225.01  | 7.9327  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7357-7359 U24 | 0.01 | TN+BN | LC2 | 0.3 | 69.489  | 7.3547  | 44.412  | 0.7933    | 192.25  | -8.7422 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7360-7358 U24 | 0.02 | SHEAR | LC2 | 0.0 | 42.069  | -41.611 | 138.92  | -10.629   | -27.536 | 9.7625  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7362-7365 U24 | 0.02 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -0.8669 | 2.1165  | -10.114 | 0.47882   | 276.01  | -6.4668 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |

|               |      |       |     |     |         |         |           |           |         |          |     |     |     |     |
|---------------|------|-------|-----|-----|---------|---------|-----------|-----------|---------|----------|-----|-----|-----|-----|
| 7364-7363 U24 | 0.02 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -16.167 | -22.372 | 102.25    | -5.4291   | 166.67  | 21.356   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7144-7360 U25 | 0.02 | TN+BN | LC2 | 0.0 | 42.069  | -41.611 | 144.04    | -10.629   | -84.128 | 26.407   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7169-7361 U25 | 0.02 | TN+BN | LC2 | 0.1 | 69.489  | 7.3547  | 39.295    | 0.7933    | 208.99  | -5.8003  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7185-7364 U25 | 0.02 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -16.167 | -22.372 | 107.37    | -5.4291   | 124.74  | 30.305   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7359-7169 U25 | 0.02 | TN+BN | LC2 | 0.3 | 69.489  | 7.3547  | 40.851    | 0.7933    | 204.11  | -6.6947  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7365-7199 U25 | 0.02 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -0.8669 | 2.1165  | -14.711   | 0.47882   | 272.35  | -5.8424  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7106-7144 U26 | 0.02 | CM+BN | LC2 | 0.7 | -16.931 | 7.805   | -20.2     | 1.3869    | -70.787 | 26.407   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7128-7211 U26 | 0.03 | TN+BN | LC2 | 1.0 | 71.385  | 34.279  | -73.747   | 5.002     | 119.38  | 26.466   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7142-7106 U26 | 0.02 | CM+BN | LC2 | 0.6 | -16.931 | 7.805   | -11.786   | 1.3869    | -59.247 | 20.775   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7160-7159 U26 | 0.03 | TN+BN | LC2 | 0.3 | 72.965  | -3.8599 | 4.5876    | -0.44637  | 254.38  | -0.61619 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7199-7266 U26 | 0.03 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -0.8669 | 2.1165  | -19.828   | 0.19945   | 265.33  | -4.9958  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7201-7209 U26 | 0.03 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -0.8669 | 2.1165  | -25.518   | 0.19945   | 254.27  | -3.963   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7211-7185 U26 | 0.03 | TN+BN | LC2 | 0.1 | 71.385  | 34.279  | -75.053   | 5.002     | 111.05  | 30.305   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7266-7201 U26 | 0.03 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -0.8669 | 2.1165  | -24.492   | 0.19945   | 256.47  | -4.1492  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7361-7160 U26 | 0.03 | TN+BN | LC2 | 1.1 | 69.489  | 7.3547  | 26.796    | -0.17752  | 253.58  | 2.0839   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7366-7128 U26 | 0.02 | TN+BN | LC2 | 0.0 | 66.213  | 10.496  | -40.252   | 1.1901    | 196.71  | -6.0443  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7000-7188 UA0 | 0.02 | SHEAR | LC2 | 0.0 | 5.8301  | -1.8751 | 54.291    | -0.22265  | 141.16  | 6.6245   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7001-7724 UA0 | 0.01 | CM+BN | LC2 | 0.6 | -36.083 | 7.9316  | -0.022497 | -0.78085  | 162.35  | 6.4311   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7195-7001 UA0 | 0.02 | SHEAR | LC2 | 0.6 | -11.594 | -7.3687 | -61.944   | -0.1428   | 153.61  | -1.2193  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7416-7000 UA0 | 0.01 | CM+BN | LC2 | 0.6 | -14.629 | -11.526 | -3.3396   | 0.5285    | 145.6   | -12.418  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7191-7204 UA1 | 0.08 | TN+BN | LC2 | 1.8 | 39.412  | -2.9963 | 7.5872    | 0.1933    | 226.02  | -4.823   | 0.1 | LC1 | 0.1 | 101 |
| 7424-7425 UA1 | 0.03 | CM+BN | LC2 | 1.9 | -13.469 | 3.9085  | 45.94     | 0.13261   | 85.125  | -3.4324  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7425-7401 UA1 | 0.03 | CM+BN | LC2 | 0.1 | -12.765 | 0.10282 | 34.309    | -0.058402 | 88.456  | -3.2005  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7727-7739 UA1 | 0.04 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -20.612 | -5.2457 | -27.843   | 0.18936   | 102.75  | -0.87699 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7739-7728 UA1 | 0.04 | CM+BN | LC2 | 0.7 | -20.612 | -5.2457 | -43.035   | 0.18936   | -12.82  | -17.983  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7188-7189 UA2 | 0.02 | TN+BN | LC2 | 0.2 | 5.8301  | -1.8751 | 42.501    | -0.22265  | 179.62  | 5.1244   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7189-7190 UA2 | 0.02 | TN+BN | LC2 | 0.4 | 14.272  | -2.8223 | 31.288    | -0.10026  | 184.23  | 3.9705   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7193-7194 UA2 | 0.02 | TN+BN | LC2 | 0.0 | 1.667   | 1.6258  | -36.551   | -0.072298 | 199.97  | 3.7788   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |

|               |      |       |     |     |         |          |          |           |        |          |     |     |     |     |
|---------------|------|-------|-----|-----|---------|----------|----------|-----------|--------|----------|-----|-----|-----|-----|
| 7194-7195 UA2 | 0.02 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -11.594 | -7.3687  | -50.154  | -0.1428   | 198.2  | 4.6756   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7405-7415 UA2 | 0.01 | CM+BN | LC2 | 0.4 | -12.765 | 0.10282  | 22.688   | -0.031257 | 141.55 | -3.0269  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7415-7416 UA2 | 0.01 | CM+BN | LC2 | 0.2 | -14.629 | -11.526  | 6.1326   | 0.5285    | 144.76 | -5.5025  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7724-7725 UA2 | 0.02 | CM+BN | LC2 | 0.2 | -36.083 | 7.9316   | -2.3407  | -0.78085  | 162.11 | 8.0174   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7725-7726 UA2 | 0.01 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -20.612 | -5.2457  | -16.222  | -1.1955   | 146.99 | 7.983    | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7190-7294 UA3 | 0.04 | TN+BN | LC2 | 0.3 | 14.272  | -2.8223  | 29.399   | -0.32509  | 191.74 | 3.1662   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7243-7191 UA4 | 0.05 | TN+BN | LC2 | 0.5 | 39.412  | -2.9963  | 18.814   | -0.24204  | 189.98 | 2.1404   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7294-7243 UA4 | 0.05 | TN+BN | LC2 | 0.2 | 14.272  | -2.8223  | 28.115   | 0.23477   | 201.38 | 2.4973   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7401-7405 UA4 | 0.03 | CM+BN | LC2 | 1.3 | -12.765 | 0.10282  | 27.325   | -0.043463 | 130.03 | -3.068   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7726-7727 UA4 | 0.04 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -20.612 | -5.2457  | -20.859  | -0.57279  | 137.13 | 5.8847   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7295-7193 UA5 | 0.03 | TN+BN | LC2 | 0.0 | 1.667   | 1.6258   | -34.236  | -0.072298 | 210.06 | 3.3154   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7192-7245 UA6 | 0.03 | TN+BN | LC2 | 0.0 | 26.587  | 2.6686   | -15.465  | -0.27767  | 217.89 | 0.15599  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7245-7295 UA6 | 0.03 | TN+BN | LC2 | 0.0 | 1.667   | 1.6258   | -31.674  | -0.2869   | 218.09 | 2.9301   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7204-7192 UA7 | 0.05 | TN+BN | LC2 | 0.0 | 26.587  | 2.6686   | -0.67415 | -0.62992  | 235.91 | -4.6421  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7002-7147 UB0 | 0.02 | SHEAR | LC2 | 0.0 | 33.116  | -8.0742  | 56.201   | 1.0857    | 131.6  | 9.7234   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7003-7714 UB0 | 0.01 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -9.1339 | 30.705   | 1.9145   | -1.0925   | 175.71 | -19.346  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7155-7003 UB0 | 0.01 | SHEAR | LC2 | 0.6 | 39.832  | 3.286    | -47.029  | -1.3144   | 164.28 | 3.2571   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7420-7002 UB0 | 0.01 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -13.557 | 6.9301   | 0.20953  | -0.81137  | 144.64 | -4.2725  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7150-7151 UB1 | 0.07 | TN+BN | LC2 | 1.8 | 53.673  | -0.5222  | 6.1901   | 0.040915  | 229.04 | -0.31379 | 0.1 | LC1 | 0.1 | 101 |
| 7151-7152 UB1 | 0.07 | TN+BN | LC2 | 0.9 | 54.963  | 0.3008   | -1.8426  | -0.02733  | 228.33 | 0.19361  | 0.1 | LC1 | 0.1 | 101 |
| 7409-7410 UB1 | 0.03 | CM+BN | LC2 | 1.9 | -1.1274 | 0.96174  | 44.712   | 0.097553  | 83.993 | -2.8983  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7410-7411 UB1 | 0.03 | CM+BN | LC2 | 0.1 | -1.6358 | -1.5893  | 32.135   | 0.15768   | 88.023 | -2.873   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7717-7718 UB1 | 0.04 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -13.093 | -4.6216  | -35.462  | 0.16214   | 121.1  | -2.1898  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7147-7148 UB2 | 0.01 | TN+BN | LC2 | 0.2 | 33.116  | -8.0742  | 44.41    | 1.0857    | 171.59 | 3.2641   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7148-7149 UB2 | 0.02 | TN+BN | LC2 | 0.4 | 32.746  | -1.6496  | 29.912   | -0.19986  | 184.88 | 2.3926   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7153-7154 UB2 | 0.02 | TN+BN | LC2 | 0.0 | 34.432  | -0.79621 | -21.309  | 0.19223   | 212.02 | 0.67749  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7154-7155 UB2 | 0.02 | TN+BN | LC2 | 0.0 | 39.832  | 3.286    | -35.238  | -1.3144   | 196.94 | 0.62832  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7412-7420 UB2 | 0.01 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -13.557 | 6.9301   | 2.5277   | -0.81137  | 144.37 | -5.6585  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7421-7412 UB2 | 0.01 | CM+BN | LC2 | 0.4 | -1.6358 | -1.5893  | 20.514   | -0.26191  | 134.51 | -5.5574  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |



|               |      |       |     |     |         |          |         |            |         |         |     |     |     |     |
|---------------|------|-------|-----|-----|---------|----------|---------|------------|---------|---------|-----|-----|-----|-----|
| 7714-7715 UB2 | 0.01 | CM+BN | LC2 | 0.2 | -9.1339 | 30.705   | -9.8759 | -1.0925    | 172.27  | 5.2185  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7715-7716 UB2 | 0.02 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -13.093 | -4.6216  | -23.842 | -1.058     | 176.23  | 5.6161  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7149-7296 UB3 | 0.03 | TN+BN | LC2 | 0.3 | 32.746  | -1.6496  | 28.023  | -0.33128   | 190.52  | 1.9225  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7297-7153 UB3 | 0.04 | TN+BN | LC2 | 0.0 | 34.432  | -0.79621 | -19.421 | 0.1288     | 215.08  | 0.90441 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7152-7246 UB4 | 0.05 | TN+BN | LC2 | 0.0 | 54.963  | 0.3008   | -6.0308 | 0.016374   | 216.8   | 0.46403 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7244-7150 UB4 | 0.05 | TN+BN | LC2 | 1.1 | 53.673  | -0.5222  | 14.566  | -0.034956  | 202.58  | 0.62511 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7246-7297 UB4 | 0.05 | TN+BN | LC2 | 0.0 | 34.432  | -0.79621 | -18.137 | 0.28675    | 226.36  | 1.0931  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7296-7244 UB4 | 0.05 | TN+BN | LC2 | 0.2 | 32.746  | -1.6496  | 26.739  | -0.0040428 | 203.51  | 1.5315  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7411-7421 UB4 | 0.03 | CM+BN | LC2 | 1.3 | -1.6358 | -1.5893  | 25.15   | -0.07324   | 125.18  | -4.9216 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7716-7717 UB4 | 0.05 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -13.093 | -4.6216  | -28.478 | -0.50934   | 164.21  | 3.7675  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7418-7489 UP1 | 0.04 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -62.695 | 16.819   | -54.952 | -0.42995   | 33.307  | -13.524 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7423-7470 UP1 | 0.03 | CM+BN | LC2 | 0.5 | -25.511 | 3.2215   | -25.505 | 0.034709   | -33.325 | 6.9919  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7424-7511 UP1 | 0.04 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -61.788 | 4.6036   | 12.395  | -0.07183   | 34.392  | -14.881 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7436-7512 UP1 | 0.02 | CM+BN | LC2 | 0.7 | -61.788 | 4.6041   | -8.2031 | -0.071491  | 42.644  | 2.3955  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7443-7447 UP1 | 0.02 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -2.0701 | 15.237   | 13.181  | -0.055603  | -7.6279 | -12.862 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7447-7497 UP1 | 0.02 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -2.0701 | 15.169   | 10.289  | -0.097809  | -5.4917 | -10.317 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7470-7471 UP1 | 0.04 | CM+BN | LC2 | 0.9 | -25.511 | 3.0692   | -30.3   | -0.059524  | -59.084 | 9.7983  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7471-7517 UP1 | 0.05 | CM+BN | LC2 | 0.5 | -25.511 | 3.1018   | -32.965 | -0.039354  | -73.669 | 11.216  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7472-7424 UP1 | 0.07 | CM+BN | LC2 | 0.9 | -75.202 | -21.899  | 67.187  | 0.35188    | 41.925  | -27.603 | 0.1 | LC1 | 0.1 | 101 |
| 7480-7501 UP1 | 0.04 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -61.788 | 4.6194   | 6.6939  | -0.062028  | 44.458  | -10.277 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7481-7436 UP1 | 0.03 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -61.788 | 4.6002   | 0.99246 | -0.073911  | 48.823  | -5.6578 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7489-7429 UP1 | 0.05 | CM+BN | LC2 | 0.7 | -62.695 | 17.576   | -65.219 | 0.038494   | -71.402 | 16.414  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7501-7481 UP1 | 0.03 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -61.788 | 4.6194   | 4.9236  | -0.062028  | 46.665  | -8.5218 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7511-7480 UP1 | 0.04 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -61.788 | 4.6036   | 11.557  | -0.07183   | 36.548  | -14.052 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7512-7418 UP1 | 0.02 | CM+BN | LC2 | 0.7 | -61.788 | 4.6166   | -12.74  | -0.063779  | 34.399  | 5.858   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7515-7472 UP1 | 0.07 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -75.202 | -22.106  | 76.243  | 0.22392    | -89.227 | 12.635  | 0.1 | LC1 | 0.1 | 101 |
| 7517-7515 UP1 | 0.06 | CM+BN | LC2 | 0.5 | -25.511 | 3.1018   | -35.095 | -0.039354  | -89.227 | 12.635  | 0.1 | LC1 | 0.1 | 101 |
| 7400-7403 UP2 | 0.02 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -7.3185 | 0.79556  | -4.2951 | -0.10315   | 5.011   | -1.29   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |

|               |      |       |     |     |          |           |          |            |         |           |     |     |     |     |
|---------------|------|-------|-----|-----|----------|-----------|----------|------------|---------|-----------|-----|-----|-----|-----|
| 7402-7417 UP2 | 0.07 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -50.626  | 1.298     | 4.1839   | -0.029872  | -9.0425 | -3.3073   | 0.1 | LC1 | 0.1 | 101 |
| 7403-7404 UP2 | 0.02 | CM+BN | LC2 | 1.0 | -7.3185  | 0.91729   | -9.4021  | -0.038448  | -8.2296 | 0.36579   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7404-7407 UP2 | 0.04 | CM+BN | LC2 | 1.0 | -7.3185  | 0.93291   | -12.59   | -0.030145  | -19.472 | 1.2676    | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7407-7413 UP2 | 0.07 | CM+BN | LC2 | 1.0 | -7.3185  | 0.98006   | -15.777  | -0.0050824 | -33.796 | 2.215     | 0.1 | LC1 | 0.1 | 101 |
| 7409-7467 UP2 | 0.18 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -24.735  | 2.1723    | -6.2272  | -0.0419    | 42.437  | -5.2395   | 0.2 | LC1 | 0.2 | 101 |
| 7410-7460 UP2 | 0.03 | CM+BN | LC2 | 0.8 | -2.9527  | -0.05586  | 10.387   | 0          | 9.4615  | -0.04709  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7412-7518 UP2 | 0.02 | TN+BN | LC2 | 0.8 | 3.2262   | 0.21504   | 7.9518   | 0          | 7.4089  | 0.18128   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7413-7414 UP2 | 0.10 | CM+BN | LC2 | 1.0 | -7.3185  | 1.0586    | -18.965  | 0.036637   | -51.2   | 3.2383    | 0.1 | LC1 | 0.1 | 101 |
| 7414-7402 UP2 | 0.11 | CM+BN | LC2 | 1.0 | -23.639  | -11.772   | 23.813   | 0.13488    | -28.673 | -8.1411   | 0.1 | LC1 | 0.1 | 101 |
| 7417-7419 UP2 | 0.05 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -50.626  | 1.2905    | 1.1754   | -0.03391   | -5.8735 | -2.0222   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7419-7439 UP2 | 0.04 | CM+BN | LC2 | 1.0 | -50.626  | 1.2836    | -3.7988  | -0.037565  | -8.4706 | 0.52608   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7422-7457 UP2 | 0.07 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -0.55305 | -0.16937  | -0.61543 | -0.090694  | 23.48   | 0.76031   | 0.1 | LC1 | 0.1 | 101 |
| 7439-7502 UP2 | 0.06 | CM+BN | LC2 | 0.6 | -50.626  | 1.2652    | -6.0924  | -0.047345  | -11.915 | 1.3231    | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7441-7444 UP2 | 0.09 | CM+BN | LC2 | 1.0 | -50.626  | 1.2483    | -9.8157  | -0.056321  | -22.981 | 3.0144    | 0.1 | LC1 | 0.1 | 101 |
| 7444-7446 UP2 | 0.15 | CM+BN | LC2 | 0.7 | -44.346  | 5.454     | -13.68   | 0.021776   | -37.041 | 7.1669    | 0.1 | LC1 | 0.1 | 101 |
| 7445-7409 UP2 | 0.16 | CM+BN | LC2 | 0.7 | -19.723  | -12.459   | 47.337   | 0.073786   | 38.318  | -10.716   | 0.1 | LC1 | 0.1 | 101 |
| 7446-7445 UP2 | 0.13 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -20.513  | -12.685   | 51.104   | 0.18349    | -34.968 | 7.1669    | 0.1 | LC1 | 0.1 | 101 |
| 7455-7508 UP2 | 0.07 | CM+BN | LC2 | 0.2 | -0.55305 | 0.14496   | 2.3419   | 0.067568   | 22.126  | 0.56563   | 0.1 | LC1 | 0.1 | 101 |
| 7456-7455 UP2 | 0.07 | CM+BN | LC2 | 1.5 | -0.55305 | 0.24428   | 2.9444   | 0.11757    | 21.734  | 0.54287   | 0.1 | LC1 | 0.1 | 101 |
| 7457-7507 UP2 | 0.06 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -0.55305 | -0.16138  | -3.8845  | -0.086672  | 20.323  | 0.50626   | 0.1 | LC1 | 0.1 | 101 |
| 7458-7519 UP2 | 0.04 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -2.9567  | -0.1686   | -7.1537  | 0.046825   | 13.927  | 0.34714   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7459-7463 UP2 | 0.07 | TN+BN | LC2 | 0.0 | 1.6021   | -0.23067  | 0.97819  | -0.12764   | 24.42   | 0.41349   | 0.1 | LC1 | 0.1 | 101 |
| 7460-7473 UP2 | 0.05 | CM+BN | LC2 | 0.7 | -2.9527  | -0.044769 | 8.113    | 0.0047909  | 15.903  | -0.079727 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7461-7514 UP2 | 0.06 | TN+BN | LC2 | 0.8 | 0.82649  | 0.23669   | 5.3866   | 0.13234    | 19.412  | 0.099197  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7462-7459 UP2 | 0.07 | TN+BN | LC2 | 1.2 | 1.3922   | 0.086451  | 0.57826  | 0.049711   | 24.531  | 0.41349   | 0.1 | LC1 | 0.1 | 101 |
| 7463-7475 UP2 | 0.07 | TN+BN | LC2 | 0.0 | 1.6021   | -0.078316 | -1.3729  | -0.046663  | 24.484  | 0.20257   | 0.1 | LC1 | 0.1 | 101 |
| 7464-7516 UP2 | 0.06 | TN+BN | LC2 | 0.0 | 1.6021   | -0.11891  | -4.0147  | -0.068018  | 22.303  | 0.12833   | 0.1 | LC1 | 0.1 | 101 |
| 7465-7520 UP2 | 0.03 | TN+BN | LC2 | 0.0 | 4.0057   | -0.070226 | -9.0076  | -0.070958  | 9.2951  | -0.017891 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7466-7423 UP2 | 0.13 | CM+BN | LC2 | 0.4 | -25.511  | 3.2215    | -23.239  | -0.24556   | -23.69  | 5.425     | 0.1 | LC1 | 0.1 | 101 |

|           |     |      |       |     |     |          |           |          |            |         |           |     |     |     |     |
|-----------|-----|------|-------|-----|-----|----------|-----------|----------|------------|---------|-----------|-----|-----|-----|-----|
| 7467-7468 | UP2 | 0.15 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -24.735  | 2.2006    | -8.4365  | -0.026842  | 36.482  | -3.4083   | 0.1 | LC1 | 0.1 | 101 |
| 7468-7485 | UP2 | 0.11 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -24.735  | 2.3405    | -10.646  | 0.047507   | 28.665  | -1.5531   | 0.1 | LC1 | 0.1 | 101 |
| 7469-7524 | UP2 | 0.05 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -25.015  | 2.1951    | -16.91   | 0.0043621  | 7.5651  | 1.0947    | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7473-7461 | UP2 | 0.04 | TN+BN | LC2 | 0.1 | 0.82649  | 0.37657   | 7.5959   | 0.20669    | 14.165  | -0.10033  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7474-7462 | UP2 | 0.07 | TN+BN | LC2 | 0.3 | 0.82649  | 0.31374   | 2.8865   | 0.17052    | 22.708  | 0.30975   | 0.1 | LC1 | 0.1 | 101 |
| 7475-7464 | UP2 | 0.07 | TN+BN | LC2 | 0.0 | 1.6021   | -0.086304 | -2.8264  | -0.050685  | 23.34   | 0.15671   | 0.1 | LC1 | 0.1 | 101 |
| 7476-7465 | UP2 | 0.04 | TN+BN | LC2 | 0.0 | 4.0057   | 0.13666   | -7.1664  | 0.039002   | 14.437  | -0.10776  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7485-7504 | UP2 | 0.08 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -24.735  | 2.3628    | -12.855  | 0.05934    | 18.985  | 0.41989   | 0.1 | LC1 | 0.1 | 101 |
| 7502-7505 | UP2 | 0.06 | CM+BN | LC2 | 0.2 | -50.626  | 1.2652    | -6.4895  | -0.047345  | -13.173 | 1.5762    | 0.1 | LC1 | 0.1 | 101 |
| 7503-7466 | UP2 | 0.09 | CM+BN | LC2 | 0.9 | -25.015  | 2.1951    | -19.293  | 0.0043621  | -14.157 | 3.7289    | 0.1 | LC1 | 0.1 | 101 |
| 7504-7469 | UP2 | 0.06 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -24.735  | 2.3628    | -14.245  | 0.05934    | 9.5     | 2.0738    | 0.1 | LC1 | 0.1 | 101 |
| 7505-7441 | UP2 | 0.06 | CM+BN | LC2 | 0.2 | -50.626  | 1.2652    | -6.8072  | -0.047345  | -14.237 | 1.7786    | 0.1 | LC1 | 0.1 | 101 |
| 7506-7509 | UP2 | 0.07 | CM+BN | LC2 | 0.2 | -0.55305 | 0.14496   | 1.5477   | 0.067568   | 22.904  | 0.62361   | 0.1 | LC1 | 0.1 | 101 |
| 7507-7458 | UP2 | 0.05 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -0.55305 | -0.16138  | -5.4452  | -0.086672  | 16.657  | 0.37942   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7508-7506 | UP2 | 0.07 | CM+BN | LC2 | 0.2 | -0.55305 | 0.14496   | 1.9448   | 0.067568   | 22.554  | 0.59462   | 0.1 | LC1 | 0.1 | 101 |
| 7509-7422 | UP2 | 0.07 | CM+BN | LC2 | 0.9 | -0.55305 | 0.14496   | -0.32468 | 0.067568   | 23.48   | 0.76031   | 0.1 | LC1 | 0.1 | 101 |
| 7514-7474 | UP2 | 0.06 | TN+BN | LC2 | 0.5 | 0.82649  | 0.21443   | 3.773    | 0.12051    | 21.753  | 0.21563   | 0.1 | LC1 | 0.1 | 101 |
| 7516-7476 | UP2 | 0.05 | TN+BN | LC2 | 0.0 | 1.6021   | -0.54458  | -6.3658  | -0.29426   | 17.802  | 0.019594  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7518-7456 | UP2 | 0.04 | TN+BN | LC2 | 0.7 | 3.2262   | 0.17562   | 6.2135   | -0.019849  | 12.466  | 0.30931   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7519-7415 | UP2 | 0.03 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -2.9567  | -0.27306  | -9.0051  | -0.0057706 | 7.6913  | 0.21462   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7520-7425 | UP2 | 0.02 | TN+BN | LC2 | 0.0 | 4.0057   | 0.034234  | -9.5533  | -0.018362  | 8.1222  | -0.026908 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7524-7503 | UP2 | 0.05 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -25.015  | 2.1951    | -17.023  | 0.0043621  | 6.598   | 1.2198    | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7408-7449 | UP3 | 0.06 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -4.4032  | 0.45138   | 9.2972   | -0.016364  | -11.891 | -1.0741   | 0.1 | LC1 | 0.1 | 101 |
| 7415-7477 | UP3 | 0.02 | CM+BN | LC2 | 1.0 | -23.891  | 0.018042  | 2.2966   | 1.5717E-18 | 2.9842  | 0.018042  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7431-7484 | UP3 | 0.02 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -0.69419 | 0.77833   | 4.7253   | 0.0031264  | -4.605  | -1.1659   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7448-7496 | UP3 | 0.01 | CM+BN | LC2 | 0.8 | -0.69419 | 0.75974   | -0.40361 | -0.0053636 | 0.79711 | 0.74569   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7449-7450 | UP3 | 0.02 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -4.4032  | 0.45898   | 6.893    | -0.012897  | -3.361  | -0.62726  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7450-7451 | UP3 | 0.03 | CM+BN | LC2 | 1.0 | -4.4032  | 0.46586   | 3.1274   | -0.0097569 | 6.5591  | 0.28833   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |

|           |     |      |       |     |     |          |           |          |             |           |            |     |     |     |     |
|-----------|-----|------|-------|-----|-----|----------|-----------|----------|-------------|-----------|------------|-----|-----|-----|-----|
| 7451-7490 | UP3 | 0.04 | CM+BN | LC2 | 0.6 | -4.4032  | 0.48426   | 1.2183   | -0.0013572  | 7.5995    | 0.59341    | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7452-7453 | UP3 | 0.04 | CM+BN | LC2 | 0.7 | -4.5981  | 0.43678   | -1.2272  | -0.033395   | 7.5589    | 0.83478    | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7453-7523 | UP3 | 0.06 | CM+BN | LC2 | 0.2 | -10.846  | 0.98035   | -2.8907  | 0.02225     | 10.272    | 1.082      | 0.1 | LC1 | 0.1 | 101 |
| 7454-7412 | UP3 | 0.07 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -11.669  | -3.934    | -7.3291  | 0           | 5.8836    | 2.9505     | 0.1 | LC1 | 0.1 | 101 |
| 7477-7488 | UP3 | 0.02 | CM+BN | LC2 | 0.4 | -23.891  | 0.002194  | 0.73124  | -0.0072347  | 3.3613    | 0.018876   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7478-7510 | UP3 | 0.02 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -23.891  | 0.021406  | -1.1641  | 0.0015357   | 3.5504    | 0.020236   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7479-7513 | UP3 | 0.01 | CM+BN | LC2 | 0.3 | -24.699  | 0.0345    | -4.6135  | 0.010234    | -0.87631  | 0.087228   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7482-7483 | UP3 | 0.01 | TN+BN | LC2 | 1.1 | 3.0537   | 0.80859   | 0.56966  | -0.002837   | 1.064     | 0.43659    | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7483-7431 | UP3 | 0.02 | TN+BN | LC2 | 1.1 | 3.0537   | 0.84655   | -1.7665  | 0.01449     | -0.042932 | 1.3542     | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7484-7448 | UP3 | 0.01 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -0.69419 | 0.75579   | 2.7343   | -0.0071657  | -1.146    | -0.5175    | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7488-7478 | UP3 | 0.02 | CM+BN | LC2 | 0.5 | -23.891  | 0.002194  | 0.020722 | -0.0072347  | 3.5556    | 0.020009   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7490-7452 | UP3 | 0.04 | CM+BN | LC2 | 0.4 | -4.5981  | 0.41989   | 0.72318  | -0.041104   | 8.0694    | 0.5465     | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7495-7482 | UP3 | 0.02 | TN+BN | LC2 | 0.0 | 3.0537   | 0.76274   | 4.3938   | -0.023768   | -4.3114   | -1.2652    | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7510-7479 | UP3 | 0.01 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -23.891  | 0.017495  | -3.5821  | -0.00024981 | 1.6987    | 0.041642   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7513-7426 | UP3 | 0.02 | CM+BN | LC2 | 0.7 | -24.699  | 0.022031  | -6.6876  | 0.0045416   | -5.5052   | 0.10375    | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7523-7454 | UP3 | 0.06 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -10.846  | 1.0289    | -3.846   | 0.044393    | 8.6544    | 1.5721     | 0.1 | LC1 | 0.1 | 101 |
| 7113-7122 | UP5 | 0.01 | TN+BN | LC2 | 0.0 | 10.364   | 0.0037953 | 1.7331   | -0.0016031  | -7.5149   | -0.059581  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7122-7123 | UP5 | 0.02 | TN+BN | LC2 | 1.0 | 10.365   | 0.061123  | -3.9745  | 5.3882E-05  | -9.6819   | -0.0089291 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7123-7133 | UP5 | 0.02 | TN+BN | LC2 | 1.0 | 10.365   | 0.064354  | -7.7085  | -0.00019031 | -16.206   | 0.034688   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7130-7216 | UP5 | 0.08 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -10.262  | -0.045984 | 16.609   | -0.0015881  | -38.649   | 0.035752   | 0.1 | LC1 | 0.1 | 101 |
| 7133-7134 | UP5 | 0.04 | TN+BN | LC2 | 1.0 | 10.365   | 0.088658  | -11.393  | -0.00011543 | -26.292   | 0.1028     | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7134-7138 | UP5 | 0.06 | TN+BN | LC2 | 1.0 | 10.364   | 0.095018  | -15.038  | 0.0019207   | -39.901   | 0.18803    | 0.1 | LC1 | 0.1 | 101 |
| 7136-7239 | UP5 | 0.03 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -4.8847  | -4.3805   | 2.6127   | -0.017012   | 14.92     | 2.2794     | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7138-7130 | UP5 | 0.09 | TN+BN | LC2 | 1.0 | 10.362   | -0.63854  | -18.654  | -0.00075201 | -57.004   | -0.41045   | 0.1 | LC1 | 0.1 | 101 |
| 7204-7231 | UP5 | 0.02 | CM+BN | LC2 | 0.9 | -5.4052  | 0.14713   | 6.4743   | 0.001977    | 15.602    | -0.053174  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7216-7217 | UP5 | 0.05 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -10.265  | -0.031453 | 13.552   | -0.00031121 | -22.615   | -0.0025563 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7217-7218 | UP5 | 0.02 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -10.265  | -0.032287 | 10.372   | -0.0003142  | -9.7257   | -0.032231  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7218-7219 | UP5 | 0.02 | CM+BN | LC2 | 1.0 | -10.261  | 0.026882  | 5.1216   | -9.3817E-05 | 6.2082    | -0.047644  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7219-7220 | UP5 | 0.02 | CM+BN | LC2 | 1.0 | -10.254  | 0.088294  | 1.9801   | -2.1112E-05 | 9.2915    | 0.019218   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |

|           |     |      |       |     |     |          |           |           |             |         |           |     |     |     |     |
|-----------|-----|------|-------|-----|-----|----------|-----------|-----------|-------------|---------|-----------|-----|-----|-----|-----|
| 7220-7221 | UP5 | 0.02 | CM+BN | LC2 | 0.7 | -10.247  | 0.089162  | -0.33878  | -0.00032156 | 9.5216  | 0.051497  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7221-7151 | UP5 | 0.02 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -10.239  | 0.096204  | -1.8019   | -0.00021063 | 9.2848  | 0.062859  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7231-7232 | UP5 | 0.02 | CM+BN | LC2 | 0.8 | -5.3978  | 0.14323   | 3.9235    | -0.0015535  | 19.192  | 0.013398  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7232-7265 | UP5 | 0.03 | CM+BN | LC2 | 0.3 | -5.3596  | 0.14205   | 2.0821    | -0.0012344  | 19.975  | -0.028762 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7233-7284 | UP5 | 0.03 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -5.3738  | 0.20379   | -2.9614   | -0.0013423  | 20.059  | 0.082513  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7239-7261 | UP5 | 0.03 | CM+BN | LC2 | 0.4 | -4.7722  | -0.82669  | -2.1167   | 0.00035393  | 15.627  | -1.2768   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7240-7137 | UP5 | 0.04 | CM+BN | LC2 | 0.8 | -4.8633  | 6.1926    | -11.098   | 0.010741    | 1.1537  | 4.2864    | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7261-7291 | UP5 | 0.03 | CM+BN | LC2 | 0.4 | -4.7722  | -0.82669  | -2.9109   | 0.00035393  | 14.621  | -1.6075   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7265-7287 | UP5 | 0.03 | CM+BN | LC2 | 0.4 | -5.3596  | 0.14205   | 1.2223    | -0.0012344  | 20.69   | 0.032744  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7284-7136 | UP5 | 0.02 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -5.3657  | 0.23773   | -5.705    | -0.0019679  | 17.711  | 0.19759   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7287-7233 | UP5 | 0.03 | CM+BN | LC2 | 0.4 | -5.3821  | 0.14035   | -0.83247  | -0.0012585  | 20.529  | 0.069979  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7291-7240 | UP5 | 0.03 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -4.7581  | 1.3672    | -5.2055   | -0.0094523  | 14.614  | -1.7105   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7117-7119 | UP6 | 0.00 | CM+BN | LC2 | 0.8 | -5.135   | -0.19902  | 1.6549    | -0.0011569  | 1.0159  | -0.087463 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7119-7183 | UP6 | 0.01 | CM+BN | LC2 | 0.8 | -3.9343  | -0.34527  | 0.0090241 | -0.0029844  | 0.91554 | -0.29539  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7126-7206 | UP6 | 0.06 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -0.80337 | -0.19224  | 10.48     | -0.033759   | -13.266 | 0.36319   | 0.1 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7131-7222 | UP6 | 0.07 | TN+BN | LC2 | 0.0 | 2.0501   | 0.25304   | 11.03     | 0.038204    | -15.958 | -0.49233  | 0.1 | LC1 | 0.1 | 101 |
| 7157-7166 | UP6 | 0.02 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -3.8664  | 0.10236   | -0.74896  | 0.0023953   | 9.4046  | -0.073304 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7158-7174 | UP6 | 0.03 | TN+BN | LC2 | 1.9 | 2.2128   | 0.42988   | 7.5213    | 0.0014361   | 13.15   | 0.3727    | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7164-7129 | UP6 | 0.02 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -6.6538  | -0.15072  | -1.038    | 0.0023899   | 7.8054  | 0.15122   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7165-7180 | UP6 | 0.01 | CM+BN | LC2 | 1.9 | -2.1797  | -0.038039 | 0.77115   | 0.0018196   | 4.6621  | -0.047506 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7166-7181 | UP6 | 0.02 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -3.2636  | 0.65256   | 0.0024172 | -0.0017452  | 5.6002  | -0.65718  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7172-7164 | UP6 | 0.02 | CM+BN | LC2 | 1.9 | -1.5375  | -0.42355  | 3.8674    | -0.0030607  | 8.6354  | -0.36631  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7173-7165 | UP6 | 0.02 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -2.1102  | -0.15249  | -3.8365   | -0.0031598  | 10.495  | 0.12422   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7174-7182 | UP6 | 0.03 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -11.119  | 1.0765    | -0.94097  | -0.0013533  | 10.99   | -1.0305   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7180-7247 | UP6 | 0.01 | TN+BN | LC2 | 0.9 | 0.047196 | 0.070711  | 0.51144   | 0.0020952   | 4.3835  | -0.13415  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7181-7248 | UP6 | 0.01 | TN+BN | LC2 | 1.9 | 1.1963   | 0.14912   | 0.5398    | 0           | 3.5079  | 0.28333   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7183-7300 | UP6 | 0.01 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -5.4671  | 0.45676   | -0.59818  | -0.00057321 | 1.6154  | -0.26555  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7189-7228 | UP6 | 0.03 | CM+BN | LC2 | 0.9 | -11.357  | 0.0005278 | 4.5861    | -0.037849   | 8.9511  | -0.067045 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |

|           |     |      |       |     |     |          |            |          |             |          |            |     |     |     |     |
|-----------|-----|------|-------|-----|-----|----------|------------|----------|-------------|----------|------------|-----|-----|-----|-----|
| 7194-7234 | UP6 | 0.02 | CM+BN | LC2 | 0.9 | -18.386  | 0.1287     | 6.9758   | 0.033583    | 5.5494   | -0.060535  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7206-7207 | UP6 | 0.02 | CM+BN | LC2 | 1.0 | -0.80061 | -0.11904   | 6.0316   | -0.00034606 | 3.716    | 0.043016   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7207-7212 | UP6 | 0.03 | CM+BN | LC2 | 1.0 | -0.80047 | -0.11569   | 3.0602   | 0.0011846   | 7.591    | -0.07598   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7212-7257 | UP6 | 0.03 | CM+BN | LC2 | 0.5 | -0.80369 | 0.089881   | 0.80551  | 0.095028    | 8.1886   | -0.029755  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7213-7214 | UP6 | 0.03 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -0.6152  | -0.0087982 | -1.4825  | 0.0010361   | 8.3035   | -0.047581  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7214-7215 | UP6 | 0.03 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -0.62297 | -0.011832  | -4.5445  | -0.00034901 | 6.0548   | -0.05663   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7215-7148 | UP6 | 0.03 | CM+BN | LC2 | 1.0 | -0.62906 | 0.058617   | -9.1089  | 0.031811    | -7.9859  | -0.0085091 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7222-7223 | UP6 | 0.02 | TN+BN | LC2 | 0.0 | 2.0505   | 0.16532    | 7.9971   | -0.0018424  | -5.3407  | -0.23206   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7223-7224 | UP6 | 0.03 | TN+BN | LC2 | 1.0 | 2.0499   | 0.1628     | 3.6111   | -0.0029924  | 6.5993   | 0.10543    | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7224-7258 | UP6 | 0.03 | TN+BN | LC2 | 0.5 | 2.0493   | -0.10194   | 1.3647   | -0.12385    | 7.4834   | 0.053004   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7225-7226 | UP6 | 0.04 | TN+BN | LC2 | 0.0 | 0.215    | 0.029558   | -0.91469 | 0.00029952  | 9.1362   | 0.031343   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7226-7227 | UP6 | 0.03 | TN+BN | LC2 | 0.0 | 0.21488  | 0.031724   | -3.9765  | 0.0012882   | 7.4682   | 0.061745   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7227-7154 | UP6 | 0.02 | TN+BN | LC2 | 1.0 | 0.21389  | -0.045767  | -8.5399  | -0.034086   | -5.405   | 0.047301   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7228-7229 | UP6 | 0.03 | CM+BN | LC2 | 0.8 | -11.366  | 0.081389   | 1.919    | -0.00093609 | 10.832   | -0.0046196 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7229-7286 | UP6 | 0.03 | CM+BN | LC2 | 0.4 | -11.184  | 0.082392   | -0.34958 | -0.00047849 | 10.715   | 0.026936   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7230-7304 | UP6 | 0.02 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -11.398  | 0.24162    | -5.0632  | 0.072211    | 8.2091   | 0.1231     | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7234-7235 | UP6 | 0.03 | CM+BN | LC2 | 0.8 | -18.384  | 0.051739   | 4.3091   | -0.0015473  | 9.2579   | -0.020851  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7235-7288 | UP6 | 0.03 | CM+BN | LC2 | 0.8 | -18.381  | 0.051919   | 1.7098   | -0.0014654  | 10.97    | 0.018919   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7236-7308 | UP6 | 0.03 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -18.376  | -0.16906   | -2.2722  | -0.10234    | 10.732   | 0.058627   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7244-7267 | UP6 | 0.01 | TN+BN | LC2 | 0.9 | 1.3776   | -0.19339   | 5.235    | -0.035575   | 5.4915   | 0.063492   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7246-7268 | UP6 | 0.01 | CM+BN | LC2 | 0.9 | -1.3472  | 0.16448    | 5.1679   | 0.03546     | 4.7549   | -0.055607  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7247-7243 | UP6 | 0.01 | CM+BN | LC2 | 0.8 | -0.30832 | 1.8993     | -6.4513  | -0.00014543 | -0.12598 | 1.178      | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7248-7245 | UP6 | 0.01 | TN+BN | LC2 | 0.0 | 1.5252   | -0.38792   | -3.7751  | 0.0013464   | 3.3242   | 0.29947    | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7257-7213 | UP6 | 0.04 | CM+BN | LC2 | 0.5 | -0.60876 | -0.21413   | 0.09826  | -0.092698   | 8.3006   | -0.047581  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7258-7225 | UP6 | 0.04 | TN+BN | LC2 | 0.5 | 0.21509  | 0.2963     | 0.65746  | 0.12207     | 9.136    | 0.031343   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7267-7269 | UP6 | 0.02 | TN+BN | LC2 | 0.9 | 1.3776   | -0.11274   | 2.4102   | 0.0012385   | 8.1666   | -0.036399  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7268-7270 | UP6 | 0.01 | CM+BN | LC2 | 0.9 | -1.3472  | 0.083836   | 2.3431   | -0.0013527  | 7.3706   | 0.018672   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7269-7173 | UP6 | 0.02 | TN+BN | LC2 | 0.9 | 1.3776   | -0.053604  | -0.41466 | 0.028236    | 8.339    | -0.083892  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7270-7157 | UP6 | 0.01 | CM+BN | LC2 | 0.1 | -1.3472  | 0.024697   | 0.53367  | -0.02835    | 7.4644   | 0.022319   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |

|           |     |      |       |     |     |             |             |          |             |          |            |     |     |     |     |
|-----------|-----|------|-------|-----|-----|-------------|-------------|----------|-------------|----------|------------|-----|-----|-----|-----|
| 7283-7124 | UP6 | 0.02 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -10.596     | 0.21577     | -7.3591  | 0.03386     | 4.1321   | 0.23205    | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7285-7135 | UP6 | 0.03 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -18.189     | -0.10723    | -4.5632  | -0.036385   | 8.849    | 0.035268   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7286-7230 | UP6 | 0.03 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -11.388     | 0.084237    | -2.5616  | 0.00036384  | 10.574   | 0.058492   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7288-7236 | UP6 | 0.03 | CM+BN | LC2 | 0.4 | -18.377     | 0.051771    | -0.30698 | -0.0015328  | 10.951   | 0.038773   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7300-7116 | UP6 | 0.01 | CM+BN | LC2 | 0.8 | -5.3654     | 0.34109     | -2.3858  | -5.8974E-05 | -0.88066 | 0.19112    | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7304-7283 | UP6 | 0.02 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -10.59      | 0.075697    | -5.3382  | -0.030082   | 6.6706   | 0.19799    | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7308-7285 | UP6 | 0.03 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -18.188     | 0.066774    | -2.5473  | 0.043049    | 10.134   | 0.0052196  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7731-7761 | UP7 | 0.02 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -50.112     | -1.8926     | -31.658  | 0.14615     | 61.734   | 1.013      | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7733-7807 | UP7 | 0.00 | SHEAR | LC2 | 0.0 | -2.4535E-12 | -3.0669E-13 | 2.5716   | 0           | -0.70977 | 1.2464E-13 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7761-7785 | UP7 | 0.03 | CM+BN | LC2 | 1.0 | -53.958     | -11.463     | -46.892  | -0.02359    | -28.886  | -13.074    | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7785-7733 | UP7 | 0.03 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -2.0233     | 22.804      | 41.005   | -0.16591    | -34.821  | -13.33     | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 0008-7762 | UP8 | 0.08 | CM+BN | LC2 | 1.0 | -49.473     | -0.92747    | 5.6375   | 0.013124    | 51.191   | 0.24652    | 0.1 | LC1 | 0.1 | 101 |
| 0011-7754 | UP8 | 0.24 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -62.968     | 23.585      | 62.157   | -1.8678     | -67.768  | -17.842    | 0.2 | LC1 | 0.2 | 101 |
| 0013-7743 | UP8 | 0.22 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -26.169     | 22.318      | 65.749   | -1.2343     | -57.547  | -12.211    | 0.2 | LC1 | 0.2 | 101 |
| 7700-7702 | UP8 | 0.03 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -9.8007     | -1.1959     | -6.7721  | 0.14498     | 6.7589   | 1.8633     | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7702-7703 | UP8 | 0.02 | CM+BN | LC2 | 1.0 | -9.8007     | -1.3522     | -12.161  | 0.061897    | -11.543  | -0.59982   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7703-7704 | UP8 | 0.06 | CM+BN | LC2 | 1.0 | -9.8007     | -1.3766     | -15.63   | 0.04893     | -25.725  | -1.9305    | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7704-7705 | UP8 | 0.09 | CM+BN | LC2 | 1.0 | -9.8007     | -1.4508     | -19.1    | 0.0095154   | -43.26   | -3.3329    | 0.1 | LC1 | 0.1 | 101 |
| 7705-7706 | UP8 | 0.13 | CM+BN | LC2 | 1.0 | -9.8007     | -1.5668     | -22.569  | -0.052165   | -64.149  | -4.8475    | 0.1 | LC1 | 0.1 | 101 |
| 7706-7713 | UP8 | 0.16 | CM+BN | LC2 | 1.0 | -31.582     | 19.339      | 34.595   | -0.22391    | -31.674  | 13.847     | 0.1 | LC1 | 0.1 | 101 |
| 7710-7753 | UP8 | 0.14 | CM+BN | LC2 | 1.1 | -11.326     | -10.499     | -42.756  | 0.68401     | -32.569  | -11.099    | 0.1 | LC1 | 0.1 | 101 |
| 7711-7728 | UP8 | 0.21 | CM+BN | LC2 | 0.5 | -62.968     | 24.76       | 57.656   | -1.2431     | 27.628   | 21.237     | 0.2 | LC1 | 0.2 | 101 |
| 7713-7736 | UP8 | 0.13 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -56.055     | -4.1802     | 0.29567  | 0.16377     | -14.018  | 9.195      | 0.1 | LC1 | 0.1 | 101 |
| 7718-7747 | UP8 | 0.06 | TN+BN | LC2 | 1.1 | 2.8993      | -0.45834    | 9.4882   | 0.00022035  | 39.536   | 1.6242     | 0.1 | LC1 | 0.1 | 101 |
| 7723-7710 | UP8 | 0.18 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -11.326     | -10.503     | -36.892  | 0.68186     | 58.469   | 12.905     | 0.2 | LC1 | 0.1 | 101 |
| 7728-7737 | UP8 | 0.06 | CM+BN | LC2 | 0.5 | -49.289     | 0.30868     | 13.628   | -0.04361    | 29.504   | 2.2617     | 0.1 | LC1 | 0.1 | 101 |
| 7736-7738 | UP8 | 0.09 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -56.055     | -4.1187     | -3.0712  | 0.19644     | -14.764  | 4.8953     | 0.1 | LC1 | 0.1 | 101 |
| 7737-7758 | UP8 | 0.07 | CM+BN | LC2 | 0.4 | -49.289     | 0.30868     | 12.834   | -0.04361    | 34.797   | 2.3851     | 0.1 | LC1 | 0.1 | 101 |

|               |      |       |     |     |         |            |          |            |         |            |     |     |     |     |
|---------------|------|-------|-----|-----|---------|------------|----------|------------|---------|------------|-----|-----|-----|-----|
| 7738-7740 UP8 | 0.11 | CM+BN | LC2 | 1.0 | -56.055 | -4.1056    | -8.4804  | 0.2034     | -26.646 | -3.564     | 0.1 | LC1 | 0.1 | 101 |
| 7741-7740 UP8 | 0.16 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -56.055 | -3.747     | 11.847   | 0.39399    | -37.781 | 7.4181     | 0.1 | LC1 | 0.1 | 101 |
| 7741-7742 UP8 | 0.22 | CM+BN | LC2 | 1.0 | -56.055 | -3.4536    | -15.214  | 0.54997    | -52.38  | -10.97     | 0.2 | LC1 | 0.2 | 101 |
| 7742-0013 UP8 | 0.24 | CM+BN | LC2 | 0.5 | -56.055 | -2.7133    | -17.446  | 0.94345    | -60.148 | -12.211    | 0.2 | LC1 | 0.2 | 101 |
| 7743-7718 UP8 | 0.28 | CM+BN | LC2 | 1.0 | -26.169 | 22.328     | 61.248   | -1.2293    | 43.747  | 23.508     | 0.2 | LC1 | 0.2 | 101 |
| 7747-7748 UP8 | 0.07 | TN+BN | LC2 | 1.1 | 2.8993  | -0.46396   | 5.8941   | -0.0027668 | 47.57   | 1.0939     | 0.1 | LC1 | 0.1 | 101 |
| 7748-7749 UP8 | 0.07 | TN+BN | LC2 | 1.0 | 2.8993  | -0.44442   | 2.6783   | 0.0076196  | 51.022  | 0.67062    | 0.1 | LC1 | 0.1 | 101 |
| 7749-7723 UP8 | 0.07 | TN+BN | LC2 | 0.0 | 2.8993  | -0.45366   | 0.97548  | 0.0027083  | 51.496  | 0.58596    | 0.1 | LC1 | 0.1 | 101 |
| 7753-0011 UP8 | 0.23 | CM+BN | LC2 | 0.7 | -11.326 | -9.83      | -45.442  | 1.0394     | -63.275 | -17.842    | 0.2 | LC1 | 0.2 | 101 |
| 7754-7711 UP8 | 0.13 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -62.968 | 24.76      | 59.925   | -1.2431    | -39.569 | -7.064     | 0.1 | LC1 | 0.1 | 101 |
| 7758-0008 UP8 | 0.07 | CM+BN | LC2 | 1.1 | -49.473 | -0.92747   | 7.6231   | 0.013124   | 44.561  | 1.174      | 0.1 | LC1 | 0.1 | 101 |
| 7760-7789 UP8 | 0.08 | CM+BN | LC2 | 0.2 | -49.473 | -0.92747   | 4.8433   | 0.013124   | 53.288  | -0.12447   | 0.1 | LC1 | 0.1 | 101 |
| 7762-7760 UP8 | 0.08 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -49.473 | -0.92747   | 5.6375   | 0.013124   | 51.191  | 0.24652    | 0.1 | LC1 | 0.1 | 101 |
| 7789-7731 UP8 | 0.09 | CM+BN | LC2 | 1.1 | -49.473 | -0.92747   | 2.6592   | 0.013124   | 57.414  | -1.1447    | 0.1 | LC1 | 0.1 | 101 |
| 7708-7709 UP9 | 0.02 | TN+BN | LC2 | 0.0 | 10.259  | 0.10905    | 8.5706   | 0.0079404  | -5.1355 | -0.17857   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7709-7719 UP9 | 0.04 | TN+BN | LC2 | 1.0 | 10.259  | 0.095961   | 4.417    | 0.0019642  | 8.2231  | 0.032297   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7712-7708 UP9 | 0.07 | TN+BN | LC2 | 0.0 | 10.259  | 0.17053    | 11.31    | 0.036007   | -16.041 | -0.35398   | 0.1 | LC1 | 0.1 | 101 |
| 7715-7744 UP9 | 0.03 | CM+BN | LC2 | 1.1 | -47.68  | 0.0028816  | 5.8546   | 0          | 7.5901  | 0.0032937  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7719-7763 UP9 | 0.04 | TN+BN | LC2 | 0.5 | 10.259  | -0.26263   | 2.3852   | -0.16173   | 9.6316  | -0.10277   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7722-7750 UP9 | 0.04 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -13.907 | 0.90441    | 3.474    | 0.28801    | 7.5738  | -1.2494    | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7725-7755 UP9 | 0.04 | CM+BN | LC2 | 0.9 | -35.517 | -1.678     | 5.8566   | 0          | 5.8279  | -1.5102    | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7732-7734 UP9 | 0.05 | TN+BN | LC2 | 0.0 | 12.093  | 0.47703    | 0.35339  | 0.34225    | 9.5438  | 0.060649   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7734-7735 UP9 | 0.05 | TN+BN | LC2 | 0.0 | 12.093  | -0.26329   | -2.3857  | 0.0042955  | 9.1798  | 0.55131    | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7735-7715 UP9 | 0.03 | TN+BN | LC2 | 0.0 | 12.093  | -0.2727    | -5.1247  | 0          | 5.9986  | 0.28049    | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7744-7745 UP9 | 0.04 | CM+BN | LC2 | 1.1 | -47.68  | 0.0085019  | 2.9582   | 0.0025657  | 11.87   | 0.013011   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7745-7746 UP9 | 0.05 | CM+BN | LC2 | 1.1 | -47.68  | -0.01104   | 0.061752 | -0.0063552 | 12.838  | 0.00039276 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7746-7722 UP9 | 0.05 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -47.68  | -0.0017993 | -1.2628  | -0.0021368 | 12.838  | 0.00039276 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7750-7751 UP9 | 0.04 | CM+BN | LC2 | 1.1 | -13.907 | 0.90037    | -0.99428 | 0.28616    | 10.408  | 0.81346    | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7751-7752 UP9 | 0.04 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -13.907 | 0.23179    | -2.3188  | -0.019042  | 10.408  | 0.81346    | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |



|               |      |       |     |     |            |             |           |             |          |            |     |     |     |     |
|---------------|------|-------|-----|-----|------------|-------------|-----------|-------------|----------|------------|-----|-----|-----|-----|
| 7752-7725 UP9 | 0.05 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -13.907    | -0.94348    | -5.2153   | -0.55555    | 6.8593   | 1.0784     | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7755-7756 UP9 | 0.04 | CM+BN | LC2 | 0.1 | -34.961    | 0.6294      | 3.3554    | 0.0038486   | 5.9343   | -1.0811    | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7756-7797 UP9 | 0.04 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -34.961    | 0.61281     | 1.5892    | -0.0037263  | 7.798    | -0.67882   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7757-7759 UP9 | 0.03 | CM+BN | LC2 | 0.2 | -34.961    | 0.66817     | -2.5684   | 0.021546    | 7.4517   | 0.3839     | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7759-7793 UP9 | 0.03 | CM+BN | LC2 | 0.1 | -35.149    | 0.5927      | -2.6715   | -0.024982   | 7.3714   | 0.37205    | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7763-7732 UP9 | 0.04 | TN+BN | LC2 | 0.5 | 12.093     | 0.77049     | 1.6779    | 0.47622     | 9.5438   | 0.060649   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7793-7701 UP9 | 0.03 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -35.149    | 0.66069     | -4.0744   | 0.0060547   | 6.2729   | 0.59431    | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7797-7757 UP9 | 0.03 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -34.961    | 0.59932     | -0.35138  | -0.0098845  | 8.6119   | -0.20941   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7110-7900 UPA | 0.04 | TN+BN | LC2 | 0.0 | 24.27      | -21.948     | 5.8138    | 0.17212     | 46.49    | 13.649     | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7111-7137 UPA | 0.04 | CM+BN | LC2 | 4.6 | -7.6458    | -2.7365     | 11.75     | 0.06949     | 89.452   | -5.6341    | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7116-7112 UPA | 0.03 | CM+BN | LC2 | 1.8 | -3.2918    | 5.391       | -23.033   | -0.00096937 | 40.54    | 8.7606     | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7117-7135 UPA | 0.03 | TN+BN | LC2 | 0.0 | 24.18      | -3.5621     | -14.76    | -0.14933    | 91.653   | 1.6132     | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7124-7136 UPA | 0.04 | TN+BN | LC2 | 3.8 | 4.5054     | -0.40227    | 10.743    | 0.037101    | 118.43   | -1.5815    | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7135-7110 UPA | 0.03 | TN+BN | LC2 | 0.0 | 36.969     | 3.926       | -24.876   | 0.058879    | 64.577   | -2.0012    | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7136-7902 UPA | 0.04 | TN+BN | LC2 | 0.0 | 23.981     | 1.7568      | 1.1348    | 0.048229    | 106.45   | -3.1758    | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7137-7116 UPA | 0.03 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -3.6329    | 0.025622    | 0.65222   | 0.010506    | 90.599   | -1.2053    | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7210-7124 UPA | 0.02 | SHEAR | LC2 | 0.0 | 12.566     | -10.02      | 40.296    | 0.023696    | 7.6474   | 7.3599     | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7418-7426 UPA | 0.03 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -8.2244    | -5.38       | 23.842    | 0.038364    | -38.103  | 11.074     | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7426-7210 UPA | 0.02 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -7.3714    | 21.41       | -0.082961 | 0.16202     | 17.569   | -8.7548    | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7431-7432 UPA | 0.02 | CM+BN | LC2 | 1.5 | -1.3472    | -8.7291     | -13.48    | 0.07711     | -13.899  | -10.19     | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7437-7438 UPA | 0.03 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -34.949    | -8.3743     | 8.0156    | 0.080778    | -17.887  | 11.012     | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7438-7440 UPA | 0.02 | CM+BN | LC2 | 1.8 | -34.949    | -8.3743     | -3.1188   | 0.080778    | -12.036  | -9.0023    | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7440-7111 UPA | 0.03 | CM+BN | LC2 | 0.6 | -34.949    | -8.3743     | -5.9607   | 0.080778    | -14.805  | -14.111    | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7495-7418 UPA | 0.02 | TN+BN | LC2 | 3.0 | 2.5678     | -3.042      | -18.37    | 0.060606    | -36.639  | -7.6546    | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7729-7730 UPA | 0.00 | SHEAR | LC2 | 0.0 | 4.9071E-12 | -1.5335E-13 | 2.4458    | 0           | -0.64203 | 1.2464E-13 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7731-7729 UPA | 0.00 | SHEAR | LC2 | 0.0 | 7.3606E-12 | -6.1338E-13 | 5.1945    | -1.2172E-16 | -2.8959  | 3.7392E-13 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7733-7764 UPA | 0.03 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -18.273    | -1.3412     | 24.85     | 0.049379    | -26.42   | 5.7167     | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7764-7770 UPA | 0.02 | CM+BN | LC2 | 1.0 | -18.138    | -0.77633    | 2.462     | -0.051988   | 32.173   | 0.93377    | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |

|               |      |       |     |     |            |             |          |             |          |            |     |     |     |     |
|---------------|------|-------|-----|-----|------------|-------------|----------|-------------|----------|------------|-----|-----|-----|-----|
| 7766-7701 UPA | 0.02 | TN+BN | LC2 | 3.1 | 18.797     | 1.2881      | 3.1069   | 0.052426    | 54.211   | 3.0245     | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7766-7731 UPA | 0.01 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -0.96512   | 0.63862     | -21.892  | 0.015486    | 36.478   | 1.1665     | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7770-7112 UPA | 0.02 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -18.138    | -0.77633    | 1.4915   | -0.051988   | 32.585   | 0.77204    | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7900-7701 UPA | 0.03 | TN+BN | LC2 | 0.0 | 24.27      | -22.739     | 3.9578   | -0.31718    | 48.239   | 5.9674     | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7902-7117 UPA | 0.03 | TN+BN | LC2 | 0.0 | 23.981     | 1.5729      | -11.772  | -0.065551   | 92.28    | 1.6063     | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7496-7497 UPC | 0.02 | CM+BN | LC2 | 3.0 | -1.1554    | -0.59369    | -4.5292  | 0.0031398   | -6.2132  | -1.0468    | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7497-7272 UPC | 0.02 | TN+BN | LC2 | 4.5 | 7.0496     | -0.35143    | -4.3094  | 0.0037082   | -4.8332  | -0.73497   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7163-7164 UPD | 0.01 | SHEAR | LC2 | 0.0 | 1.6121     | 5.1282      | 35.829   | 0.0077884   | 0.6179   | -3.1232    | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7164-7165 UPD | 0.02 | TN+BN | LC2 | 0.9 | 1.3393     | 0.011941    | 32.712   | 0.0089769   | 59.981   | 0.4728     | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7165-7251 UPD | 0.03 | TN+BN | LC2 | 1.9 | 1.2248     | -0.057609   | 14.027   | 0.0062996   | 95.065   | 0.17306    | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7166-7174 UPD | 0.04 | TN+BN | LC2 | 0.0 | 0.67465    | 0.53549     | -9.1821  | -0.0028934  | 108.71   | 0.70085    | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7174-7175 UPD | 0.04 | TN+BN | LC2 | 0.8 | 0.028023   | -12.796     | -8.7422  | -0.0026937  | 92.866   | -7.6392    | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7175-7722 UPD | 0.04 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -14.328    | -19.548     | 1.5284   | -0.001969   | 92.608   | 8.6859     | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7251-7252 UPD | 0.04 | TN+BN | LC2 | 1.9 | 1.2248     | -0.06459    | 4.1047   | 0.0019817   | 111.27   | 0.050338   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7252-7166 UPD | 0.04 | TN+BN | LC2 | 0.6 | 1.2248     | -0.06729    | 0.083269 | 0.00031204  | 112.26   | 0.0077212  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7720-7721 UPD | 0.00 | SHEAR | LC2 | 0.0 | 4.9071E-12 | -6.1338E-13 | 2.4458   | 0           | -0.64203 | 1.8696E-13 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7723-7720 UPD | 0.00 | SHEAR | LC2 | 0.0 | 9.8141E-12 | -6.1338E-13 | 5.1945   | -1.5215E-17 | -2.8959  | 4.9856E-13 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7723-7722 UPD | 0.04 | CM+BN | LC2 | 4.7 | -15.322    | 3.4714      | 8.5074   | 0.020421    | 92.845   | 5.5182     | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7127-7129 UPE | 0.02 | TN+BN | LC2 | 0.8 | 23.18      | 1.2338      | 14.936   | -0.0049663  | 13.166   | 0.15744    | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7129-7180 UPE | 0.02 | TN+BN | LC2 | 0.9 | 22.977     | -0.031149   | 8.7018   | -0.0034487  | 22.077   | -0.022706  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7157-7158 UPE | 0.02 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -11.055    | 0.52099     | -4.8938  | 0.0039189   | 18.047   | 0.10856    | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7158-7160 UPE | 0.02 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -11.215    | -3.4765     | -17.612  | -0.014565   | 12.538   | 1.077      | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7171-7172 UPE | 0.02 | CM+BN | LC2 | 0.8 | -11.58     | 2.5537      | 12.87    | 0.015636    | 7.897    | 0.74121    | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7172-7173 UPE | 0.02 | CM+BN | LC2 | 0.9 | -11.105    | -0.012501   | 3.8059   | -0.0018493  | 12.179   | 0.26705    | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7173-7253 UPE | 0.06 | CM+BN | LC2 | 1.9 | -31.489    | 0.0018966   | 3.4551   | 0.0059667   | 36.453   | 0.0039568  | 0.1 | LC1 | 0.1 | 101 |
| 7180-7249 UPE | 0.05 | TN+BN | LC2 | 1.9 | 22.618     | -0.04204    | 3.8824   | -0.0010349  | 33.22    | 0.033467   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7181-7182 UPE | 0.03 | TN+BN | LC2 | 0.0 | 22.976     | -0.56143    | -11.568  | 0.006803    | 27.598   | 0.49582    | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7182-7128 UPE | 0.03 | TN+BN | LC2 | 0.8 | 23.782     | -5.1711     | -19.294  | 0.0034352   | 1.3964   | -3.1053    | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7249-7250 UPE | 0.05 | TN+BN | LC2 | 1.6 | 22.618     | -0.038191   | -0.3323  | 0.0010109   | 35.183   | -0.027001  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |

|           |     |      |       |     |     |         |            |            |             |         |           |     |     |     |     |
|-----------|-----|------|-------|-----|-----|---------|------------|------------|-------------|---------|-----------|-----|-----|-----|-----|
| 7250-7181 | UPE | 0.05 | TN+BN | LC2 | 0.0 | 22.618  | -0.035502  | -2.032     | 0.0024397   | 34.978  | -0.039095 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7253-7254 | UPE | 0.06 | CM+BN | LC2 | 1.6 | -31.489 | -0.0088877 | -0.22419   | 0.00023483  | 38.587  | -0.010115 | 0.1 | LC1 | 0.1 | 101 |
| 7254-7157 | UPE | 0.06 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -31.489 | -0.021581  | -1.3884    | -0.0065118  | 38.416  | -0.01293  | 0.1 | LC1 | 0.1 | 101 |
| 7247-7255 | UPF | 0.07 | CM+BN | LC2 | 1.9 | -25.07  | -0.046809  | 1.9817     | -0.0054998  | 20.573  | 0.099902  | 0.1 | LC1 | 0.1 | 101 |
| 7255-7256 | UPF | 0.07 | CM+BN | LC2 | 0.9 | -25.07  | -0.032893  | 0.13984    | 0.00085307  | 21.327  | 0.068654  | 0.1 | LC1 | 0.1 | 101 |
| 7256-7248 | UPF | 0.07 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -25.07  | -0.020188  | -1.7021    | 0.0066528   | 20.839  | 0.037405  | 0.1 | LC1 | 0.1 | 101 |
| 7125-7126 | UPG | 0.03 | TN+BN | LC2 | 0.8 | 41.826  | 14.902     | 53.465     | -0.2136     | 66.327  | 6.5311    | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7126-7130 | UPG | 0.07 | TN+BN | LC2 | 3.8 | 42.751  | -2.435     | 25.412     | 0.034669    | 194.69  | -3.3988   | 0.1 | LC1 | 0.1 | 101 |
| 7130-7131 | UPG | 0.07 | TN+BN | LC2 | 0.0 | 42.29   | 2.7146     | -9.8513    | -0.023675   | 194.63  | -3.7479   | 0.1 | LC1 | 0.1 | 101 |
| 7131-7132 | UPG | 0.06 | TN+BN | LC2 | 0.0 | 36.194  | -15.867    | -38.454    | 0.18412     | 128.97  | 7.5043    | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7132-7712 | UPG | 0.05 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -18.105 | 11.261     | 2.6337     | -0.21938    | 106.64  | -9.2879   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7402-7406 | UPG | 0.01 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -5.0248 | 1.1559     | 19.629     | -0.04157    | -5.2987 | -4.0061   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7408-7125 | UPG | 0.03 | CM+BN | LC2 | 0.8 | -10.785 | -17.24     | -10.633    | 0.22928     | 32.618  | -12.671   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7408-7406 | UPG | 0.01 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -5.0248 | 1.1559     | -2.3915    | -0.04157    | 35.439  | -0.27082  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7707-7712 | UPG | 0.04 | CM+BN | LC2 | 4.2 | -17.505 | -0.85816   | 12.403     | 0.039817    | 106.72  | -0.53552  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7707-7713 | UPG | 0.01 | SHEAR | LC2 | 0.5 | -17.505 | -0.85816   | -34.299    | 0.039817    | -3.0298 | -3.4978   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7100-7113 | UPH | 0.06 | CM+BN | LC2 | 4.6 | -18.631 | 0.22656    | 1.7334     | -0.00056772 | 42.038  | 0.35221   | 0.1 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7113-7115 | UPH | 0.06 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -19.96  | -0.25901   | 0.00014504 | 0.00077762  | 42.955  | 0.41547   | 0.1 | LC1 | 0.1 | 101 |
| 7115-7700 | UPH | 0.03 | CM+BN | LC2 | 1.8 | -11.009 | 0.044505   | 0.50843    | 0.0027443   | 18.134  | 0.36938   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7400-7100 | UPH | 0.02 | CM+BN | LC2 | 2.2 | -8.2728 | -0.081385  | -0.17254   | 0.0007193   | 9.7126  | 0.36623   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7430-7434 | UPS | 0.02 | SHEAR | LC2 | 0.4 | -6.2604 | -11.626    | 59.264     | 0.97894     | -56.822 | 15.483    | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7433-7434 | UPS | 0.01 | CM+BN | LC2 | 0.7 | -1.3472 | -8.7291    | -20.971    | 0.07711     | -42.547 | -23.284   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7434-7435 | UPS | 0.01 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -34.949 | -8.3743    | 15.507     | 0.080778    | -38.338 | 23.574    | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7434-7442 | UPS | 0.01 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -2.0701 | 15.254     | 22.786     | -0.044975   | -37.587 | -35.731   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7429-7487 | UPT | 0.03 | SHEAR | LC2 | 0.4 | -62.695 | 17.576     | -69.374    | 0.038494    | -99.397 | 23.726    | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7432-7433 | UPT | 0.01 | CM+BN | LC2 | 0.7 | -1.3472 | -8.7291    | -20.971    | 0.07711     | -26.819 | -16.737   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7435-7437 | UPT | 0.01 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -34.949 | -8.3743    | 15.507     | 0.080778    | -26.708 | 17.293    | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7442-7486 | UPT | 0.01 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -2.0701 | 15.254     | 22.786     | -0.044975   | -20.498 | -24.291   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |

|           |     |      |       |     |     |            |             |           |             |         |             |     |     |     |     |
|-----------|-----|------|-------|-----|-----|------------|-------------|-----------|-------------|---------|-------------|-----|-----|-----|-----|
| 7486-7443 | UPT | 0.01 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -2.0701    | 15.237      | 19.843    | -0.055603   | -18.641 | -23.025     | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7487-7430 | UPT | 0.03 | SHEAR | LC2 | 0.0 | -6.2604    | -11.626     | 62.601    | 0.97894     | -99.397 | 23.726      | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7102-7122 | US1 | 0.03 | CM+BN | LC2 | 3.0 | -0.61664   | -0.0015912  | -0.072232 | 0           | 2.398   | -0.0048499  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7104-7123 | US1 | 0.03 | TN+BN | LC2 | 3.0 | 0.050992   | -0.0022854  | -0.048133 | 0           | 2.4715  | -0.0069659  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7108-7133 | US1 | 0.03 | TN+BN | LC2 | 3.0 | 0.095527   | -0.0018844  | -0.022248 | 0           | 2.5504  | -0.0057437  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7119-7241 | US1 | 0.01 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -4.644     | -0.0099649  | -0.14114  | -0.00013951 | 1.1672  | 0.017937    | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7120-7134 | US1 | 0.03 | TN+BN | LC2 | 3.0 | 0.13704    | -0.00021957 | -0.003743 | 0           | 2.6068  | -0.00066926 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7121-7138 | US1 | 0.03 | TN+BN | LC2 | 3.0 | 1.2498     | 0.0030997   | -0.031496 | 0           | 2.5222  | 0.009448    | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7122-7178 | US1 | 0.03 | CM+BN | LC2 | 1.5 | -0.67397   | -0.0010558  | 0.078534  | 8.8315E-05  | 2.3788  | 0.0032181   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7123-7179 | US1 | 0.03 | TN+BN | LC2 | 1.5 | 0.047762   | -0.0017811  | 0.048562  | 8.8202E-05  | 2.4702  | 0.0054287   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7129-7189 | US1 | 0.01 | CM+BN | LC2 | 1.3 | -10.157    | -4.5119E-18 | 0         | 0           | 0.50302 | -6.0278E-18 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7133-7202 | US1 | 0.03 | TN+BN | LC2 | 1.5 | 0.071223   | -0.0019624  | 0.025057  | 7.3284E-05  | 2.5418  | 0.0059813   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7134-7203 | US1 | 0.03 | TN+BN | LC2 | 1.5 | 0.13068    | -0.0012288  | 0.0040369 | 5.3877E-05  | 2.6059  | 0.0037455   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7138-7205 | US1 | 0.04 | TN+BN | LC2 | 1.5 | 1.9834     | 0.0010054   | -0.053196 | 4.0002E-05  | 2.7803  | -0.0030646  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7139-7260 | US1 | 0.00 | SHEAR | LC2 | 0.4 | 0.044208   | 0           | -0.22546  | 1.2134E-15  | 0       | 0           | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7148-7172 | US1 | 0.01 | CM+BN | LC2 | 1.3 | -2.3896    | -3.9232E-17 | 0         | 0           | 0.50302 | -5.2414E-17 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7154-7158 | US1 | 0.01 | TN+BN | LC2 | 1.3 | 3.0647     | -1.6217E-17 | 0         | 0           | 0.50302 | -2.1666E-17 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7178-7702 | US1 | 0.04 | CM+BN | LC2 | 2.7 | -0.15632   | 1.8579E-18  | 0         | 0           | 2.1313  | 5.1092E-18  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7179-7703 | US1 | 0.04 | CM+BN | LC2 | 2.7 | -0.024397  | 1.8161E-18  | 0         | 0           | 2.1313  | 4.9941E-18  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7182-7194 | US1 | 0.02 | CM+BN | LC2 | 1.3 | -20.714    | -3.5574E-17 | 0         | 0           | 0.50302 | -4.7527E-17 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7183-7293 | US1 | 0.01 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -3.697     | -0.016765   | 0.032865  | 8.2137E-05  | 0.85394 | 0.030176    | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7202-7704 | US1 | 0.04 | CM+BN | LC2 | 2.7 | -0.074157  | 1.8072E-18  | 0         | 0           | 2.1313  | 4.9698E-18  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7203-7705 | US1 | 0.04 | CM+BN | LC2 | 2.7 | -0.11605   | 1.8403E-18  | 0         | 0           | 2.1313  | 5.0609E-18  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7205-7706 | US1 | 0.04 | TN+BN | LC2 | 2.7 | 2.663      | 1.9242E-18  | 0         | 0           | 2.1313  | 5.2917E-18  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7206-7216 | US1 | 0.03 | CM+BN | LC2 | 3.1 | -0.073194  | 0.0027594   | -0.15194  | 0           | 2.3069  | 0.0086737   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7207-7217 | US1 | 0.02 | CM+BN | LC2 | 2.5 | -0.0033531 | 0.00013718  | 0.13954   | 0           | 2.133   | 0.00034496  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7212-7218 | US1 | 0.02 | CM+BN | LC2 | 2.5 | -0.20557   | -0.003217   | 0.13006   | 0           | 2.1092  | -0.0080898  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7213-7219 | US1 | 0.02 | CM+BN | LC2 | 3.1 | -0.20533   | -0.0064407  | -0.19093  | 0           | 2.1844  | -0.020245   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7214-7220 | US1 | 0.03 | TN+BN | LC2 | 3.1 | 0.0030341  | -0.0077778  | -0.12422  | 0           | 2.3941  | -0.024448   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |

|           |     |      |       |     |     |            |             |            |             |         |             |     |     |     |     |
|-----------|-----|------|-------|-----|-----|------------|-------------|------------|-------------|---------|-------------|-----|-----|-----|-----|
| 7215-7221 | US1 | 0.03 | CM+BN | LC2 | 3.1 | -0.070449  | -0.0060814  | -0.036363  | 0           | 2.6702  | -0.019116   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7216-7222 | US1 | 0.03 | CM+BN | LC2 | 0.6 | -0.087725  | -0.00037623 | 0.15365    | -0.00018934 | 2.3016  | 0.0011826   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7217-7223 | US1 | 0.02 | CM+BN | LC2 | 1.3 | -0.0025192 | 0.0005723   | -0.13966   | -8.7866E-05 | 2.1333  | -0.0014392  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7218-7224 | US1 | 0.02 | CM+BN | LC2 | 1.3 | -0.26474   | 0.0006047   | -0.12178   | 2.6874E-05  | 2.0884  | -0.0015206  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7219-7225 | US1 | 0.02 | CM+BN | LC2 | 1.3 | -0.26674   | 9.0266E-05  | -0.15478   | 0.00013837  | 2.1713  | -0.00022699 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7220-7226 | US1 | 0.03 | TN+BN | LC2 | 0.6 | 0.0021658  | 0.00012623  | 0.12442    | 0.00022009  | 2.3935  | -0.00039678 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7221-7227 | US1 | 0.03 | CM+BN | LC2 | 0.6 | -0.077491  | 0.00098925  | 0.037326   | 0.00023399  | 2.6672  | -0.0031095  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7228-7231 | US1 | 0.03 | CM+BN | LC2 | 3.1 | -0.080861  | -0.0094347  | -0.15939   | 0           | 2.2835  | -0.029656   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7229-7263 | US1 | 0.01 | SHEAR | LC2 | 0.0 | -0.0010024 | 0.18261     | 1.7419     | 0           | 0       | 0           | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7230-7233 | US1 | 0.02 | CM+BN | LC2 | 2.5 | -0.15739   | -0.0096308  | 0.029426   | 0           | 1.8561  | -0.024218   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7231-7234 | US1 | 0.02 | CM+BN | LC2 | 0.6 | -0.076957  | -0.0020401  | 0.15977    | -9.4132E-05 | 2.2823  | 0.0064127   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7232-7235 | US1 | 0.02 | TN+BN | LC2 | 1.3 | 0.00017939 | -0.0029712  | -0.12854   | -0.0001019  | 2.1054  | 0.0074715   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7233-7236 | US1 | 0.02 | CM+BN | LC2 | 1.3 | -0.22083   | -0.0013158  | -0.020463  | -7.1331E-05 | 1.8336  | 0.0033087   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7238-7240 | US1 | 0.04 | CM+BN | LC2 | 3.0 | -1.5075    | -0.028595   | -0.081926  | 0           | 2.3685  | -0.087158   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7239-7903 | US1 | 0.02 | CM+BN | LC2 | 2.7 | -4.7903    | 0.1358      | -0.20774   | 0.00035936  | 1.1359  | 0.14676     | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7240-7300 | US1 | 0.02 | CM+BN | LC2 | 2.8 | -6.3329    | -0.13377    | 0.11293    | 0.00016173  | 1.5231  | -0.14094    | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7241-7901 | US1 | 0.01 | CM+BN | LC2 | 0.3 | -4.433     | -0.21953    | 1.3263     | 0           | 0.49873 | -0.076837   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7242-7792 | US1 | 0.03 | CM+BN | LC2 | 1.2 | -16.73     | -0.08323    | -0.0098407 | 0           | 0.42804 | -0.10404    | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7249-7255 | US1 | 0.00 | SHEAR | LC2 | 0.0 | -0.013916  | 1.6842E-17  | 0.53546    | 0           | 0       | 0           | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7250-7256 | US1 | 0.00 | SHEAR | LC2 | 0.0 | -0.012705  | 2.7452E-17  | 0.53546    | 0           | 0       | 0           | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7251-7249 | US1 | 0.00 | SHEAR | LC2 | 0.0 | -0.017766  | 5.658E-17   | 0.53546    | 0           | 0       | 0           | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7252-7250 | US1 | 0.00 | SHEAR | LC2 | 0.0 | -0.015393  | 5.6628E-17  | 0.53546    | 0           | 0       | 0           | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7253-7251 | US1 | 0.00 | SHEAR | LC2 | 0.0 | -0.010784  | 8.7168E-17  | 0.53546    | 0           | 0       | 0           | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7254-7252 | US1 | 0.00 | SHEAR | LC2 | 0.0 | -0.012693  | 6.2833E-17  | 0.53546    | 0           | 0       | 0           | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7259-7139 | US1 | 0.00 | SHEAR | LC2 | 0.0 | 0.044208   | 0           | 0.22546    | 0           | 0       | 0           | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7259-7239 | US1 | 0.03 | CM+BN | LC2 | 1.7 | -1.2365    | 0.023307    | -0.05408   | 1.7845E-14  | 2.4053  | 0.016037    | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7260-7291 | US1 | 0.02 | CM+BN | LC2 | 1.7 | -0.70109   | -0.028455   | -0.11496   | -7.2601E-14 | 2.2313  | -0.030751   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7262-7264 | US1 | 0.00 | SHEAR | LC2 | 0.4 | -0.22376   | 2.8752E-14  | -0.21588   | 2.3214E-14  | 0       | 0           | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |

|           |     |      |       |     |     |             |             |           |             |         |             |     |     |     |     |
|-----------|-----|------|-------|-----|-----|-------------|-------------|-----------|-------------|---------|-------------|-----|-----|-----|-----|
| 7263-7232 | US1 | 0.02 | CM+BN | LC2 | 2.9 | -0.0010024  | -0.041153   | -0.27805  | 1.2158E-13  | 2.0714  | -0.054742   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7263-7262 | US1 | 0.00 | SHEAR | LC2 | 0.0 | -0.22376    | 0           | 0.21588   | 0           | 0       | 0           | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7264-7287 | US1 | 0.02 | CM+BN | LC2 | 2.3 | -0.0018452  | 0.019216    | -0.012561 | -7.3964E-15 | 1.9896  | -0.02645    | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7267-7268 | US1 | 0.04 | CM+BN | LC2 | 2.8 | -0.080642   | 0           | 0         | 0           | 2.2891  | 0           | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7269-7270 | US1 | 0.04 | CM+BN | LC2 | 2.8 | -0.059139   | 0           | 0         | 0           | 2.2891  | 0           | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7283-7284 | US1 | 0.02 | CM+BN | LC2 | 2.5 | -0.14007    | -0.006329   | -0.015306 | 0           | 1.7436  | -0.015915   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7284-7285 | US1 | 0.02 | CM+BN | LC2 | 1.3 | -0.17401    | 0.0017199   | 0.020253  | -5.9823E-05 | 1.7312  | -0.004325   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7286-7264 | US1 | 0.01 | CM+BN | LC2 | 0.3 | -0.0018452  | -0.20455    | 1.4914    | 0           | 0.5464  | -0.070365   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7287-7288 | US1 | 0.02 | CM+BN | LC2 | 1.3 | -0.00014766 | -0.0032065  | -0.071991 | -9.0004E-05 | 1.9631  | 0.0080631   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7290-7259 | US1 | 0.01 | CM+BN | LC2 | 1.1 | -1.2365     | -0.020901   | 1.1375    | 0           | 1.6701  | -0.023911   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7291-7905 | US1 | 0.01 | CM+BN | LC2 | 2.3 | -2.895      | -0.01443    | -0.06499  | 0.00024269  | 1.3332  | -0.0092332  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7292-7260 | US1 | 0.01 | CM+BN | LC2 | 1.1 | -0.70109    | 0.015753    | 1.0766    | 0           | 1.6004  | 0.018021    | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7293-7904 | US1 | 0.01 | CM+BN | LC2 | 0.3 | -3.9155     | -0.50144    | 1.1208    | 0           | 0.42681 | -0.1755     | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7300-7242 | US1 | 0.02 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -6.2173     | -0.032073   | -0.36852  | 5.1994E-05  | 1.5764  | 0.057731    | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7403-7102 | US1 | 0.02 | CM+BN | LC2 | 2.2 | -0.12173    | -1.2441E-17 | 0         | 0           | 1.4267  | -2.7991E-17 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7404-7104 | US1 | 0.02 | CM+BN | LC2 | 2.2 | -0.015622   | -1.2914E-17 | 0         | 0           | 1.4267  | -2.9057E-17 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7407-7108 | US1 | 0.02 | CM+BN | LC2 | 2.2 | -0.047154   | -1.3332E-17 | 0         | 0           | 1.4267  | -2.9997E-17 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7413-7120 | US1 | 0.02 | CM+BN | LC2 | 2.2 | -0.078494   | -1.3635E-17 | 0         | 0           | 1.4267  | -3.0678E-17 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7414-7121 | US1 | 0.02 | TN+BN | LC2 | 2.2 | 1.6459      | -1.3764E-17 | 0         | 0           | 1.4267  | -3.0969E-17 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7417-7449 | US1 | 0.01 | TN+BN | LC2 | 1.8 | 0.0075957   | -1.3361E-17 | 0         | 0           | 0.96453 | -2.4719E-17 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7419-7450 | US1 | 0.01 | TN+BN | LC2 | 1.8 | 0.006878    | -1.346E-17  | 0         | 0           | 0.96453 | -2.4901E-17 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7436-7510 | US1 | 0.01 | CM+BN | LC2 | 1.8 | -0.0039113  | -1.0253E-17 | 0         | 0           | 0.96453 | -1.8967E-17 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7439-7451 | US1 | 0.01 | TN+BN | LC2 | 1.8 | 0.0184      | -1.3051E-17 | 0         | 0           | 0.96453 | -2.4144E-17 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7441-7452 | US1 | 0.01 | TN+BN | LC2 | 1.8 | 0.016887    | -1.2199E-17 | 0         | 0           | 0.96453 | -2.2569E-17 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7444-7494 | US1 | 0.03 | CM+BN | LC2 | 1.2 | -17.605     | -0.055353   | 1.6706    | 0           | 2.5286  | -0.069191   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7445-7493 | US1 | 0.01 | CM+BN | LC2 | 1.2 | -1.6563     | 0.01411     | 0.084684  | 0           | 0.5462  | 0.017638    | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7446-7521 | US1 | 0.00 | TN+BN | LC2 | 0.6 | 2.2901      | 1.3651E-16  | 0         | 0           | 0.11009 | 8.5318E-17  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7447-7271 | US1 | 0.02 | TN+BN | LC2 | 2.2 | 0.064292    | -1.3093E-17 | 0         | 0           | 1.4267  | -2.946E-17  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7448-7447 | US1 | 0.01 | CM+BN | LC2 | 1.5 | -0.0039477  | -2.9702E-17 | 0         | 0           | 0.6341  | -4.4552E-17 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |

|           |     |      |       |     |     |           |             |          |             |           |             |     |     |     |     |
|-----------|-----|------|-------|-----|-----|-----------|-------------|----------|-------------|-----------|-------------|-----|-----|-----|-----|
| 7466-7459 | US1 | 0.03 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -0.63145  | -0.20986    | 1.7616   | 0           | -2.3297   | 0.39873     | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7467-7460 | US1 | 0.00 | SHEAR | LC2 | 0.0 | -0.028332 | 7.7687E-17  | 0.53546  | 0           | 0         | 0           | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7468-7461 | US1 | 0.00 | CM+BN | LC2 | 0.9 | -0.13988  | 8.5402E-17  | 0        | 0           | 0.25434   | 8.1132E-17  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7469-7462 | US1 | 0.05 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -0.22729  | -0.56572    | 1.1453   | 0           | -1.1588   | 1.0749      | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7470-7463 | US1 | 0.00 | TN+BN | LC2 | 0.9 | 0.15236   | 6.5151E-17  | 0        | 0           | 0.25434   | 6.1893E-17  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7471-7464 | US1 | 0.00 | SHEAR | LC2 | 0.0 | -0.032611 | 5.2643E-17  | 0.53546  | 0           | 0         | 0           | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7472-7465 | US1 | 0.00 | CM+BN | LC2 | 0.9 | -0.20689  | 2.9901E-17  | 0        | 0           | 0.25434   | 2.8406E-17  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7480-7477 | US1 | 0.01 | CM+BN | LC2 | 1.8 | -0.015848 | -9.5583E-18 | 0        | 0           | 0.96453   | -1.7683E-17 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7481-7478 | US1 | 0.01 | TN+BN | LC2 | 1.8 | 0.019212  | -9.8654E-18 | 0        | 0           | 0.96453   | -1.8251E-17 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7482-7489 | US1 | 0.01 | CM+BN | LC2 | 1.5 | -0.045851 | -2.5984E-17 | 0        | 0           | 0.6341    | -3.8975E-17 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7483-7487 | US1 | 0.01 | CM+BN | LC2 | 1.5 | -0.037956 | -2.8359E-17 | 0        | 0           | 0.6341    | -4.2538E-17 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7484-7486 | US1 | 0.01 | TN+BN | LC2 | 1.5 | 0.022546  | -2.9442E-17 | 0        | 0           | 0.6341    | -4.4163E-17 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7485-7514 | US1 | 0.00 | SHEAR | LC2 | 0.0 | -0.022264 | 8.9105E-17  | 0.53546  | 0           | 0         | 0           | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7486-7273 | US1 | 0.02 | TN+BN | LC2 | 2.2 | 0.039728  | -1.2971E-17 | 0        | 0           | 1.4267    | -2.9184E-17 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7487-7289 | US1 | 0.02 | CM+BN | LC2 | 2.2 | -1.5585   | -1.1733E-17 | 0        | 0           | 1.4267    | -2.64E-17   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7489-7237 | US1 | 0.02 | CM+BN | LC2 | 2.2 | -0.80323  | -1.1729E-17 | 0        | 0           | 1.4267    | -2.6391E-17 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7491-7453 | US1 | 0.01 | TN+BN | LC2 | 0.0 | 1.7392    | -0.026109   | -0.33033 | 0.0099474   | 0.56815   | 0.024803    | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7491-7522 | US1 | 0.00 | CM+BN | LC2 | 0.7 | -0.14257  | 0.024253    | 0.13387  | 0           | 0.25892   | 0.01819     | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7492-7454 | US1 | 0.03 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -18.759   | 0.091185    | -1.9162  | 0.0071698   | 2.0748    | -0.086626   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7493-7492 | US1 | 0.03 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -12.651   | -0.17114    | -0.51419 | -0.012111   | 2.5007    | 0.1148      | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7494-7491 | US1 | 0.02 | CM+BN | LC2 | 1.5 | -4.3204   | -0.050336   | 0.22627  | -0.016906   | 1.5476    | -0.040688   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7494-7521 | US1 | 0.03 | TN+BN | LC2 | 0.7 | 0.11003   | -1.145      | 0.17614  | 0           | 0.29063   | -0.85877    | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7498-7469 | US1 | 0.02 | TN+BN | LC2 | 1.7 | 0.047658  | -0.12282    | -1.236   | -0.00041312 | -1.2637   | -0.19773    | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7498-7499 | US1 | 0.01 | CM+BN | LC2 | 1.2 | -0.28557  | -0.15435    | -0.38731 | 0.0002615   | -0.032498 | -0.17928    | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7499-7466 | US1 | 0.03 | CM+BN | LC2 | 1.7 | -0.047658 | 0.48554     | -1.3342  | -0.00050255 | -1.4634   | 0.61201     | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7512-7513 | US1 | 0.01 | CM+BN | LC2 | 1.8 | -0.01247  | -1.0659E-17 | 0        | 0           | 0.96453   | -1.972E-17  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7515-7516 | US1 | 0.00 | CM+BN | LC2 | 0.9 | -0.42566  | 3.8383E-17  | 0        | 0           | 0.25434   | 3.6463E-17  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7521-7493 | US1 | 0.03 | TN+BN | LC2 | 0.0 | 0.11003   | 1.145       | -0.17614 | -2.4756E-13 | 0.29063   | -0.85877    | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |

|           |     |      |       |     |     |             |             |           |             |           |             |     |     |     |     |
|-----------|-----|------|-------|-----|-----|-------------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----|-----|-----|-----|
| 7522-7492 | US1 | 0.00 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -0.14257    | -0.024253   | -0.13387  | -1.9026E-13 | 0.25892   | 0.01819     | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7522-7523 | US1 | 0.00 | SHEAR | LC2 | 0.0 | 0.048506    | 3.956E-17   | 0.26773   | 0           | 0         | 0           | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7708-7736 | US1 | 0.02 | TN+BN | LC2 | 2.3 | 0.061482    | -5.0195E-18 | 0         | 0           | 1.5564    | -1.1796E-17 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7709-7738 | US1 | 0.02 | TN+BN | LC2 | 2.3 | 0.013091    | -5.1772E-18 | 0         | 0           | 1.5564    | -1.2166E-17 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7719-7740 | US1 | 0.02 | TN+BN | LC2 | 2.3 | 0.35859     | -6.255E-18  | 0         | 0           | 1.5564    | -1.4699E-17 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7732-7741 | US1 | 0.02 | TN+BN | LC2 | 2.3 | 0.29346     | -8.1E-18    | 0         | 0           | 1.5564    | -1.9035E-17 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7734-7742 | US1 | 0.02 | TN+BN | LC2 | 2.3 | 0.74032     | -1.0623E-17 | 0         | 0           | 1.5564    | -2.4965E-17 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7735-7743 | US1 | 0.02 | TN+BN | LC2 | 2.3 | 0.0094095   | -1.3203E-17 | 0         | 0           | 1.5564    | -3.1028E-17 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7744-7747 | US1 | 0.02 | CM+BN | LC2 | 2.3 | -0.0056203  | -8.4125E-18 | 0         | 0           | 1.5564    | -1.9769E-17 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7745-7748 | US1 | 0.02 | TN+BN | LC2 | 2.3 | 0.019542    | -7.6605E-18 | 0         | 0           | 1.5564    | -1.8002E-17 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7746-7749 | US1 | 0.02 | CM+BN | LC2 | 2.3 | -0.0092406  | -6.8472E-18 | 0         | 0           | 1.5564    | -1.6091E-17 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7750-7710 | US1 | 0.02 | TN+BN | LC2 | 2.3 | 0.0040453   | -4.8408E-18 | 0         | 0           | 1.5564    | -1.1376E-17 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7751-7753 | US1 | 0.02 | TN+BN | LC2 | 2.3 | 0.66858     | -6.5041E-18 | 0         | 0           | 1.5564    | -1.5285E-17 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7752-7754 | US1 | 0.02 | TN+BN | LC2 | 2.3 | 1.1753      | -1.0097E-17 | 0         | 0           | 1.5564    | -2.3727E-17 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7755-7765 | US1 | 0.06 | CM+BN | LC2 | 3.1 | -8.8666     | 0.057602    | 0.55111   | -3.6957E-19 | 4.5277    | 0.18133     | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7756-7773 | US1 | 0.01 | TN+BN | LC2 | 1.6 | 0.016593    | -5.4744E-18 | 0         | 0           | 0.6982    | -8.6167E-18 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7757-7791 | US1 | 0.01 | CM+BN | LC2 | 1.5 | -0.068852   | -1.3852E-14 | 0.04171   | 0           | 0.69666   | -2.0692E-14 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7761-7806 | US1 | 0.03 | TN+BN | LC2 | 2.3 | 10.449      | 0.27083     | -1.0238   | -0.0027967  | -1.5702   | 0.28249     | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7764-7767 | US1 | 0.02 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -1.9168E-14 | 0           | 1.5021    | -1.9018E-18 | -2.0016   | 0           | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7765-7758 | US1 | 0.05 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -5.6971     | -0.27948    | -2.1515   | 0.0056      | 4.018     | 0.43375     | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7765-7773 | US1 | 0.02 | CM+BN | LC2 | 0.8 | -0.37208    | 0.016335    | 2.2703    | -7.8287E-19 | 1.9071    | 0.012529    | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7768-7764 | US1 | 0.01 | TN+BN | LC2 | 0.8 | 0.56491     | -0.13514    | -2.0565   | 0.00024716  | -1.5508   | 0.049438    | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7768-7790 | US1 | 0.03 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -16.595     | 0.48168     | 0.86298   | 0.0064051   | -0.024355 | -0.37238    | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7769-7785 | US1 | 0.03 | CM+BN | LC2 | 1.6 | -1.395      | -0.27345    | -1.1743   | -0.0051247  | -2.9078   | -0.22791    | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7771-7774 | US1 | 0.01 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -0.068852   | 1.1756E-14  | -0.071019 | 1.3099E-14  | 0.69373   | -1.6919E-14 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7773-7799 | US1 | 0.02 | CM+BN | LC2 | 0.8 | -0.37208    | 0.032929    | 0.95141   | 2.2687E-13  | 2.8013    | 0.037753    | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7774-7795 | US1 | 0.02 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -0.37208    | -0.022433   | -1.2552   | 8.8089E-14  | 2.6848    | 0.073356    | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7775-7780 | US1 | 0.03 | TN+BN | LC2 | 0.8 | 0.2451      | -0.3986     | -2.5026   | 0.0048338   | -3.4066   | -0.20883    | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7775-7783 | US1 | 0.03 | TN+BN | LC2 | 0.0 | 0.27898     | 0.42057     | 2.1119    | -0.0043787  | -2.1282   | -0.22969    | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |



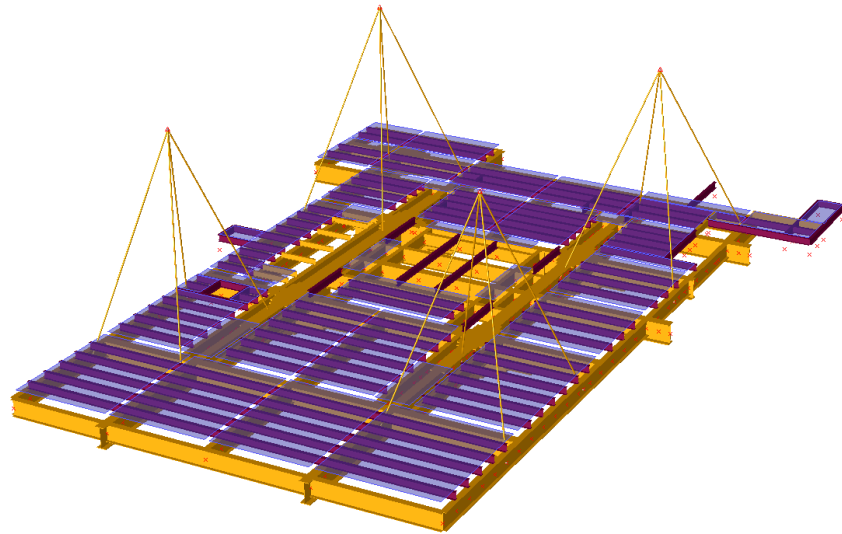
|           |     |      |       |     |     |           |             |            |             |           |             |     |     |     |     |
|-----------|-----|------|-------|-----|-----|-----------|-------------|------------|-------------|-----------|-------------|-----|-----|-----|-----|
| 7776-7778 | US1 | 0.04 | TN+BN | LC2 | 0.0 | 0.40795   | -0.21139    | 1.7743     | 0.0036961   | -2.7093   | 0.28961     | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7777-7783 | US1 | 0.02 | CM+BN | LC2 | 1.0 | -0.14484  | -0.45846    | -1.1725    | 0.0040278   | -0.94118  | -0.2316     | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7779-7778 | US1 | 0.01 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -0.30549  | 0.49541     | 0.40423    | -0.0035129  | 0.0071446 | -0.3051     | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7780-7779 | US1 | 0.04 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -0.40795  | -0.23803    | 1.9063     | 0.0036494   | -3.0963   | 0.34092     | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7782-7761 | US1 | 0.05 | CM+BN | LC2 | 1.6 | -7.062    | 0.079422    | -3.7802    | 0           | -5.188    | 0.12326     | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7783-7776 | US1 | 0.01 | CM+BN | LC2 | 0.8 | -0.56541  | -0.17948    | -0.21611   | 0.0038043   | -0.92563  | -0.10917    | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7785-7775 | US1 | 0.07 | TN+BN | LC2 | 0.0 | 0.55256   | 0.15085     | 3.0961     | -0.0029566  | -7.7587   | -0.12718    | 0.1 | LC1 | 0.1 | 101 |
| 7790-7769 | US1 | 0.04 | CM+BN | LC2 | 1.2 | -16.595   | 0.48168     | 0.046829   | 0.0064051   | 0.63435   | 0.32509     | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7791-7771 | US1 | 0.01 | CM+BN | LC2 | 0.1 | -0.068852 | 3.8336E-14  | 0.0041336  | -9.5016E-15 | 0.69819   | -1.6919E-14 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7792-7768 | US1 | 0.03 | CM+BN | LC2 | 0.4 | -16.73    | -0.08323    | -0.24469   | -5.2239E-15 | 0.37502   | -0.13872    | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7793-7795 | US1 | 0.01 | CM+BN | LC2 | 1.6 | -0.067989 | 1.0374E-18  | 0          | 0           | 0.6982    | 1.6329E-18  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7795-7766 | US1 | 0.02 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -0.37208  | -0.090422   | -2.5088    | 9.5125E-14  | 1.7498    | 0.058774    | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7797-7799 | US1 | 0.01 | TN+BN | LC2 | 1.6 | 0.01349   | -3.1345E-18 | 0          | 0           | 0.6982    | -4.9338E-18 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7799-7774 | US1 | 0.02 | CM+BN | LC2 | 0.5 | -0.37208  | 0.046419    | -0.22397   | 1.5171E-13  | 2.7604    | 0.061488    | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7806-7775 | US1 | 0.02 | CM+BN | LC2 | 1.0 | -0.024619 | -0.67218    | -1.7113    | 0.0044443   | -1.4845   | -0.31949    | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7806-7777 | US1 | 0.03 | TN+BN | LC2 | 1.2 | 11.122    | 0.24621     | -0.58071   | -0.004507   | -1.8568   | 0.19166     | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7900-7906 | US1 | 0.00 | SHEAR | LC2 | 0.0 | -0.7911   | -7.6673E-14 | 0.22546    | 0           | 0         | 0           | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7901-7804 | US1 | 0.02 | CM+BN | LC2 | 1.2 | -4.433    | 0.021355    | 0.19939    | -2.1329E-13 | 1.1432    | -0.051224   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7901-7909 | US1 | 0.00 | SHEAR | LC2 | 0.0 | -0.55021  | 1.4376E-14  | 0.22546    | 0           | 0         | 0           | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7902-7907 | US1 | 0.00 | SHEAR | LC2 | 0.0 | -0.18396  | 0           | 0.22546    | 0           | 0         | 0           | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7903-7119 | US1 | 0.02 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -4.7903   | -1.2106     | -0.65865   | 0.00035936  | 1.1359    | 0.14676     | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7903-7908 | US1 | 0.00 | CM+BN | LC2 | 0.4 | -1.5304   | -4.7921E-15 | -0.0093944 | 0           | 0.045013  | -1.9967E-15 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7904-7781 | US1 | 0.02 | CM+BN | LC2 | 1.2 | -3.9155   | 0.048778    | 0.21937    | 4.441E-14   | 1.0953    | -0.117      | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7905-7183 | US1 | 0.01 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -2.895    | 1.516       | -0.57434   | 0.00024269  | 1.2177    | 0.060019    | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7906-7901 | US1 | 0.00 | SHEAR | LC2 | 0.6 | -0.7911   | 2.8752E-14  | -0.22546   | -6.9978E-15 | 0         | 0           | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7907-7903 | US1 | 0.00 | SHEAR | LC2 | 0.6 | -0.18396  | 9.5841E-15  | -0.22546   | -1.1524E-13 | 0         | 0           | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7908-7905 | US1 | 0.00 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -1.5304   | 3.8336E-14  | -0.056365  | 4.4071E-14  | 0.042273  | -7.79E-15   | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7909-7904 | US1 | 0.00 | SHEAR | LC2 | 0.3 | -0.55021  | -3.8336E-14 | -0.22546   | 3.1654E-14  | 0         | 0           | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |

|           |     |      |       |     |     |           |             |          |            |           |             |     |     |     |     |
|-----------|-----|------|-------|-----|-----|-----------|-------------|----------|------------|-----------|-------------|-----|-----|-----|-----|
| 7459-7422 | US2 | 0.00 | CM+BN | LC2 | 0.9 | -0.31432  | -2.464E-17  | 0        | 0          | 0.13084   | -2.2176E-17 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7460-7518 | US2 | 0.00 | CM+BN | LC2 | 0.9 | -0.039422 | -2.4239E-17 | 0        | 0          | 0.13084   | -2.1815E-17 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7473-7456 | US2 | 0.00 | CM+BN | LC2 | 0.9 | -0.47555  | -2.5011E-17 | 0        | 0          | 0.13084   | -2.251E-17  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7474-7455 | US2 | 0.00 | CM+BN | LC2 | 0.9 | -0.099318 | -2.4592E-17 | 0        | 0          | 0.13084   | -2.2133E-17 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7475-7457 | US2 | 0.00 | TN+BN | LC2 | 0.9 | 0.0079884 | -2.5345E-17 | 0        | 0          | 0.13084   | -2.281E-17  | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7476-7458 | US2 | 0.00 | CM+BN | LC2 | 0.9 | -0.73279  | -2.6664E-17 | 0        | 0          | 0.13084   | -2.3997E-17 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7520-7519 | US2 | 0.00 | CM+BN | LC2 | 0.9 | -0.10446  | -2.6507E-17 | 0        | 0          | 0.13084   | -2.3856E-17 | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7733-7780 | US3 | 0.13 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -11.002   | 0.1735      | 9.6233   | -1.3943    | -20.967   | -0.029288   | 0.1 | LC1 | 0.1 | 101 |
| 7766-7804 | US3 | 0.03 | CM+BN | LC2 | 0.8 | -3.3014   | 1.4948      | 0.50733  | 0          | 0.70063   | 1.1958      | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7780-7776 | US3 | 0.03 | SHEAR | LC2 | 0.0 | -11.095   | 0.52016     | 3.0957   | -1.5447    | -1.2815   | -0.23029    | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7781-7769 | US3 | 0.01 | TN+BN | LC2 | 0.0 | 0.64405   | -0.53112    | 0.3906   | -0.11905   | -0.017716 | 0.42489     | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7782-7781 | US3 | 0.01 | SHEAR | LC2 | 0.0 | 0.69283   | 3.3843      | 1.7535   | -0.11905   | -0.4273   | -0.42119    | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |
| 7804-7782 | US3 | 0.03 | CM+BN | LC2 | 0.0 | -3.3227   | -2.9382     | -0.64527 | 1.4606E-13 | 0.70063   | 1.1958      | 0.0 | LC1 | 0.0 | 101 |

## **LAMPIRAN 3**

### **PERHITUNGAN KONFIGURASI *RIGGING***

This Calculation note purpose is to check the rigging requirement for Upper Deck Lifting Activity



1 . Data

| Description |             | Load  |    |
|-------------|-------------|-------|----|
| Crane #1    | IHICCH 2800 | 62,07 | MT |
| Crane #2    | CKE 2500    | 52,17 | MT |
| Crane #3    | CKE 2500    | 44,03 | MT |
| Crane #4    | CKE 2500    | 43,89 | MT |

The load on each crane include 1.03 contingency factor, 1.15 DAF

$$\begin{aligned}
 \text{Load crane 1} &= \text{Load x contingency factor x DAF} \\
 &= 62,07 \times 1,1 \times 1,15 \\
 &= 78,52 \quad \text{MT}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Load crane 2} &= \text{Load x contingency factor x DAF} \\
 &= 52,17 \times 1,1 \times 1,15 \\
 &= 65,99 \quad \text{MT}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Load crane 3} &= \text{Load x contingency factor x DAF} \\
 &= 44,03 \times 1,1 \times 1,15 \\
 &= 55,70 \quad \text{MT}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Load crane 4} &= \text{Load x contingency factor x DAF} \\
 &= 43,89 \times 1,1 \times 1,15 \\
 &= 55,52 \quad \text{MT}
 \end{aligned}$$

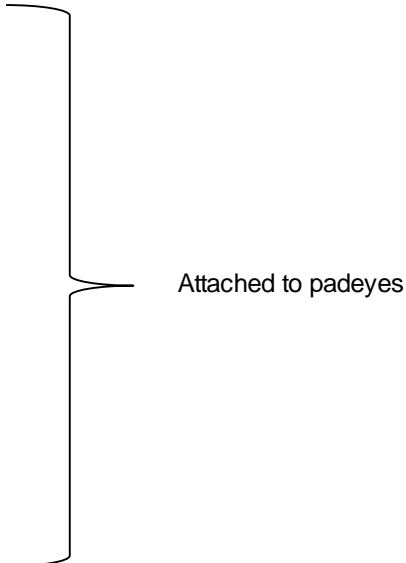
Rigging for this lifting activity shall be using 16 sling and 16 shackle.

List of rigging equipment and its capacity :

Slings :

|              |    |   |                   |       |    |    |
|--------------|----|---|-------------------|-------|----|----|
| - Wire Sling | 1  | : | 2 1/2" Ø x 11 m   | SWL = | 50 | MT |
| - Wire Sling | 2  | : | 2 1/2" Ø x 11 m   | SWL = | 50 | MT |
| - Wire Sling | 3  | : | 2 1/2" Ø x 11 m   | SWL = | 50 | MT |
| - Wire Sling | 4  | : | 2 1/2" Ø x 11 m   | SWL = | 50 | MT |
| - Wire Sling | 5  | : | 2 1/2" Ø x 10,2 m | SWL = | 50 | MT |
| - Wire Sling | 6  | : | 2 1/2" Ø x 10,2 m | SWL = | 50 | MT |
| - Wire Sling | 7  | : | 2 1/2" Ø x 10,2 m | SWL = | 50 | MT |
| - Wire Sling | 8  | : | 2 1/2" Ø x 10,2 m | SWL = | 50 | MT |
| - Wire Sling | 9  | : | 2 1/2" Ø x 10,1 m | SWL = | 50 | MT |
| - Wire Sling | 10 | : | 2 1/2" Ø x 10,1 m | SWL = | 50 | MT |
| - Wire Sling | 11 | : | 2 1/2" Ø x 10,1 m | SWL = | 50 | MT |
| - Wire Sling | 12 | : | 2 1/2" Ø x 10,1 m | SWL = | 50 | MT |
| - Wire Sling | 13 | : | 2 1/2" Ø x 10,1 m | SWL = | 50 | MT |
| - Wire Sling | 14 | : | 2 1/2" Ø x 10,1 m | SWL = | 50 | MT |
| - Wire Sling | 15 | : | 2 1/2" Ø x 10,1 m | SWL = | 50 | MT |
| - Wire Sling | 16 | : | 2 1/2" Ø x 10,1 m | SWL = | 50 | MT |

Shackles

|           |    |   |       |    |    |  |
|-----------|----|---|-------|----|----|--|
| - Shackle | 1  | : | SWL = | 55 | MT |  |
| - Shackle | 2  | : | SWL = | 55 | MT |  |
| - Shackle | 3  | : | SWL = | 55 | MT |  |
| - Shackle | 4  | : | SWL = | 55 | MT |  |
| - Shackle | 5  | : | SWL = | 55 | MT |  |
| - Shackle | 6  | : | SWL = | 55 | MT |  |
| - Shackle | 7  | : | SWL = | 55 | MT |  |
| - Shackle | 8  | : | SWL = | 55 | MT |  |
| - Shackle | 9  | : | SWL = | 55 | MT |  |
| - Shackle | 10 | : | SWL = | 55 | MT |  |
| - Shackle | 11 | : | SWL = | 55 | MT |  |
| - Shackle | 12 | : | SWL = | 55 | MT |  |
| - Shackle | 13 | : | SWL = | 55 | MT |  |
| - Shackle | 14 | : | SWL = | 55 | MT |  |
| - Shackle | 15 | : | SWL = | 55 | MT |  |
| - Shackle | 16 | : | SWL = | 55 | MT |  |

The load on rigging equipment include 1.03 contingency factor, 1.05 DAF and 1.25 SKL

2 . Rigging equipment capacity check

The following tension value is generated from SACS model. The value is a resultant from structural DEAD load only and shall be multiplied by factors mentioned before.

**Sling tension check**

| Sling          | Tension (MT) | Contingency Factor | DAF      | SKL      | Factored Tension (MT)    |
|----------------|--------------|--------------------|----------|----------|--------------------------|
|                | <b>A</b>     | <b>B</b>           | <b>C</b> | <b>D</b> | <b>E = A x B x C x D</b> |
| <b>Crane 1</b> |              |                    |          |          |                          |
| SL 1,1         | 15,16        | 1,1                | 1,05     | 1,25     | 21,89                    |
| SL 1,2         | 18,43        | 1,1                | 1,05     | 1,25     | 26,61                    |
| SL 1,3         | 12,75        | 1,1                | 1,05     | 1,25     | 18,41                    |
| SL 1,4         | 22,58        | 1,1                | 1,05     | 1,25     | 32,60                    |
| <b>Crane 2</b> |              |                    |          |          |                          |
| SL 2,1         | 15,20        | 1,1                | 1,05     | 1,25     | 21,94                    |
| SL 2,2         | 10,83        | 1,1                | 1,05     | 1,25     | 15,63                    |
| SL 2,3         | 21,43        | 1,1                | 1,05     | 1,25     | 30,93                    |
| SL 2,4         | 12,64        | 1,1                | 1,05     | 1,25     | 18,25                    |
| <b>Crane 2</b> |              |                    |          |          |                          |
| SL 3,1         | 7,26         | 1,1                | 1,05     | 1,25     | 10,47                    |
| SL 3,2         | 19,50        | 1,1                | 1,05     | 1,25     | 28,16                    |
| SL 3,3         | 5,10         | 1,1                | 1,05     | 1,25     | 7,37                     |
| SL 3,4         | 16,10        | 1,1                | 1,05     | 1,25     | 23,24                    |
| <b>Crane 2</b> |              |                    |          |          |                          |
| SL 4,1         | 18,50        | 1,1                | 1,05     | 1,25     | 26,70                    |
| SL 4,2         | 9,37         | 1,1                | 1,05     | 1,25     | 13,53                    |
| SL 4,3         | 13,78        | 1,1                | 1,05     | 1,25     | 19,89                    |
| SL 4,4         | 6,83         | 1,1                | 1,05     | 1,25     | 9,86                     |
|                |              |                    |          | MAX      | 32,60                    |

**Sling capacity check**

| Sling          | Dimension         | Tension (MT) | SWL (MT) | Safety Factor    | Remark |
|----------------|-------------------|--------------|----------|------------------|--------|
|                |                   | <b>A</b>     | <b>B</b> | <b>C = B / A</b> |        |
| <b>Crane 1</b> |                   |              |          |                  |        |
| SL 1,1         | 2 1/2" Ø x 11 m   | 21,89        | 50       | 2,28             | Ok     |
| SL 1,2         | 2 1/2" Ø x 11 m   | 26,61        | 50       | 1,88             | Ok     |
| SL 1,3         | 2 1/2" Ø x 11 m   | 18,41        | 50       | 2,72             | Ok     |
| SL 1,4         | 2 1/2" Ø x 11 m   | 32,60        | 50       | 1,53             | Ok     |
| <b>Crane 2</b> |                   |              |          |                  |        |
| SL 2,1         | 2 1/2" Ø x 10,2 m | 21,94        | 50       | 2,28             | Ok     |
| SL 2,2         | 2 1/2" Ø x 10,2 m | 15,63        | 50       | 3,20             | Ok     |
| SL 2,3         | 2 1/2" Ø x 10,2 m | 30,93        | 50       | 1,62             | Ok     |
| SL 2,4         | 2 1/2" Ø x 10,2 m | 18,25        | 50       | 2,74             | Ok     |
| <b>Crane 2</b> |                   |              |          |                  |        |
| SL 3,1         | 2 1/2" Ø x 10,1 m | 10,47        | 50       | 4,77             | Ok     |
| SL 3,2         | 2 1/2" Ø x 10,1 m | 28,16        | 50       | 1,78             | Ok     |
| SL 3,3         | 2 1/2" Ø x 10,1 m | 7,37         | 50       | 6,79             | Ok     |
| SL 3,4         | 2 1/2" Ø x 10,1 m | 23,24        | 50       | 2,15             | Ok     |
| <b>Crane 2</b> |                   |              |          |                  |        |
| SL 4,1         | 2 1/2" Ø x 10,1 m | 26,70        | 50       | 1,87             | Ok     |
| SL 4,2         | 2 1/2" Ø x 10,1 m | 13,53        | 50       | 3,70             | Ok     |
| SL 4,3         | 2 1/2" Ø x 10,1 m | 19,89        | 50       | 2,51             | Ok     |
| SL 4,4         | 2 1/2" Ø x 10,1 m | 9,86         | 50       | 5,07             | Ok     |

### Shackle capacity check

| Shackle             | Tension (ton) | SWL (ton) | Safety Factor    | Remark |
|---------------------|---------------|-----------|------------------|--------|
|                     | <b>A</b>      | <b>B</b>  | <b>C = B / A</b> |        |
| Attached to padeyes |               |           |                  |        |
| <b>Crane 1</b>      |               |           |                  |        |
| 1                   | 21,89         | 55        | 2,51             | Ok     |
| 2                   | 26,61         | 55        | 2,07             | Ok     |
| 3                   | 18,41         | 55        | 2,99             | Ok     |
| 4                   | 32,60         | 55        | 1,69             | Ok     |
| <b>Crane 2</b>      |               |           |                  |        |
| 1                   | 21,94         | 55        | 2,51             | Ok     |
| 2                   | 15,63         | 55        | 3,52             | Ok     |
| 3                   | 30,93         | 55        | 1,78             | Ok     |
| 4                   | 18,25         | 55        | 3,01             | Ok     |
| <b>Crane 3</b>      |               |           |                  |        |
| 1                   | 10,47         | 55        | 5,25             | Ok     |
| 2                   | 28,16         | 55        | 1,95             | Ok     |
| 3                   | 7,37          | 55        | 7,47             | Ok     |
| 4                   | 23,24         | 55        | 2,37             | Ok     |
| <b>Crane 4</b>      |               |           |                  |        |
| 1                   | 26,70         | 55        | 2,06             | Ok     |
| 2                   | 13,53         | 55        | 4,07             | Ok     |
| 3                   | 19,89         | 55        | 2,77             | Ok     |
| 4                   | 9,86          | 55        | 5,58             | Ok     |

### Crane capacity check

| No | Description        |    | Crane 1     | Crane 2  | Crane 3  | Crane 4  |
|----|--------------------|----|-------------|----------|----------|----------|
|    |                    |    | IHICCH 2800 | CKE 2500 | CKE 2500 | CKE 2500 |
| 1  | Reaction           | MT | 62,07       | 52,17    | 44,03    | 43,89    |
| 2  | Main Hook Weight   | MT | 1,8         | 1,8      | 1,8      | 1,8      |
| 3  | Rigging Weight     | MT | 0,6         | 0,6      | 0,6      | 0,6      |
| 4  | Contingency Factor | -  | 1,1         | 1,1      | 1,1      | 1,1      |
| 5  | DAF                | -  | 1,15        | 1,15     | 1,15     | 1,15     |
| 6  | Boom Length        | M  | 42          | 48,8     | 51,8     | 51,8     |
| 7  | Total Load         | MT | 80,92       | 68,39    | 58,10    | 57,92    |
| 8  | Working Radius     | M  | 12,00       | 12,00    | 14,00    | 14,00    |
| 9  | Crane Capacity     | MT | 91,20       | 82,00    | 68,00    | 68,00    |
| 10 | Lifting Ratio      | %  | 88,72       | 83,40    | 85,44    | 85,18    |
| 11 | Remarks            |    | OK          | OK       | OK       | OK       |

## **LAMPIRAN 4**

### **PERHITUNGAN KEKUATAN PADEYE**



**1. DESIGN DATA**

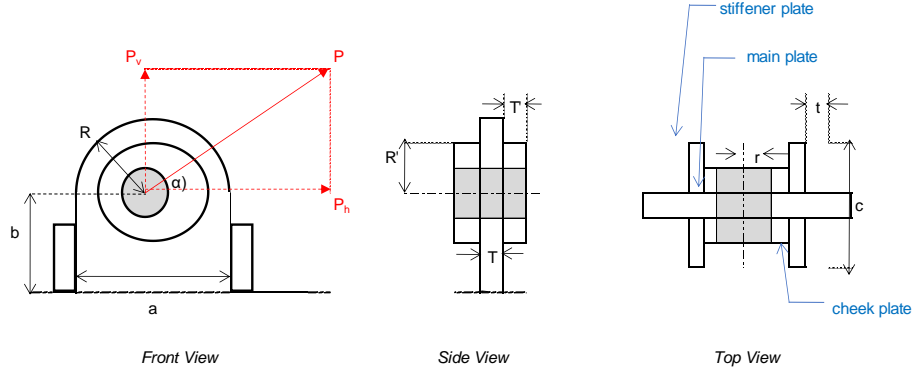
**APPLICABLE FOR DETAIL 1, 2, 3, 4**

*\*Refer to Attachment 10*

Padeye Characteristic

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| With cheek plates? (yes/no)     | YES |
| With stiffener plates? (yes/no) | YES |

*Note: This illustration is not actual drawing and only used for calculation only. Please see shop drawing for details.*



Material Specification

|                        |                               |
|------------------------|-------------------------------|
| Name                   | API 2H Gr 50                  |
| Yield stress ( $F_y$ ) | 3,62E-02 ton mm <sup>-2</sup> |
| Elasticity modulus (E) | 20,39 ton mm <sup>-2</sup>    |

Design Load

|                         |       |            |
|-------------------------|-------|------------|
| Working load (P)        | 32,60 | ton        |
| Load angle ( $\alpha$ ) | 60,00 | deg        |
| Consequence factor      | 1,35  |            |
| New working load (P)    | 32,60 | ton * 1,35 |
|                         | 44,01 | ton        |
| $P_v$                   | 38,12 | ton        |
| $P_h$                   | 22,01 | ton        |
| Side load ( $P_s$ )     | 6,60  | ton        |

Main Plate Dimension

|   |        |    |
|---|--------|----|
| a | 240,00 | mm |
| b | 250,00 | mm |
| R | 120,00 | mm |
| r | 38,00  | mm |
| T | 40,00  | mm |

Cheek Plate Dimension (If Any)

|    |        |    |
|----|--------|----|
| R' | 100,00 | mm |
| T  | 20,00  | mm |

*\*) Use additional ring plate/centralizer 10 mm both side*

Stiffener Plate Dimension (If Any)

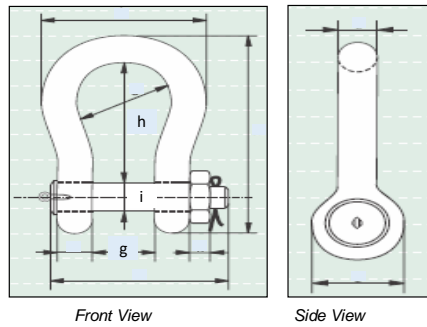
|   |        |    |
|---|--------|----|
| c | 140,00 | mm |
| t | 25,00  | mm |

Welding

|                                   |          |                      |
|-----------------------------------|----------|----------------------|
| Welding yield stress ( $F_{yw}$ ) | 5,11E-02 | ton mm <sup>-2</sup> |
| Welding thickness ( $t_w$ )       | 17,00    | mm                   |

Shackle Data

|     |        |     |
|-----|--------|-----|
| SWL | 55     | ton |
| g   | 104,90 | mm  |
| h   | 266,70 | mm  |
| i   | 71,12  | mm  |



**2. CALCULATION SUMMARY**

| No. | Item Checked                | Nominal Stress         | Allowable Stress       | Unity Check | Status |
|-----|-----------------------------|------------------------|------------------------|-------------|--------|
|     |                             | (ton/mm <sup>2</sup> ) | (ton/mm <sup>2</sup> ) |             |        |
| 1.  | Plates                      |                        |                        |             |        |
|     | A. Bearing                  | 0,00724                | 0,03258                | 0,222       | OK     |
|     | B. Shear                    | 0,00662                | 0,01448                | 0,457       | OK     |
|     | C. Tensile                  | 0,00265                | 0,02172                | 0,122       | OK     |
|     | D. Axial Tension            | 0,00671                | 0,02172                | 0,309       | OK     |
|     | E. Inplane Bending          | 0,00846                | 0,02389                | 0,354       | OK     |
|     | F. Outplane Bending         | 0,00048                | 0,02389                | 0,020       | OK     |
|     | G. Combined Axial-Bending   |                        |                        | 0,683       | OK     |
|     | H. Hertz Pressure           | 0,05948                | 0,09050                | 0,657       | OK     |
|     | Maximum                     |                        |                        | 0,683       | OK     |
| 2.  | Welding Partial Penetration |                        |                        |             |        |
|     | A. Shear                    | 0,02044                | 0,35570                | 0,057       | OK     |
|     | B. Inplane Bending          | 0,02309                | 0,03066                | 0,753       | OK     |
|     | C. Outplane Bending         | 0,00329                | 0,03066                | 0,107       | OK     |
|     | Maximum                     |                        |                        | 0,753       | OK     |
| 3.  | Local Stress Calculation    |                        |                        |             |        |
|     | A. Von Mises Stress         | 0,01159                | 3,26E-02               | 0,356       | OK     |

### 3. PADEYE PLATE STRENGTH CALCULATION

#### A. Bearing Stress

$$\begin{aligned} \text{Bearing area (A}_{br}\text{)} &= 2r T + 4r T \\ &= 6080 \text{ mm}^2 \\ \text{Nominal bearing stress (F}_{br}\text{)} &= P / A_b = 7,24E-03 \text{ ton mm}^{-2} \\ \text{Allowable bearing stress (F}_{br\text{ alw}}\text{)} &= 0.9 F_y = 3,26E-02 \text{ ton mm}^{-2} \\ \text{UC} &= 0,222 < 1 \quad \dots\text{Ok!} \end{aligned}$$

*cheek plate parameter*

#### B. Shear Stress Check by Determining All Shear Area

$$\begin{aligned} \text{Shear area (A}_s\text{)} &= T(R - r) + 2T(R' - r) \\ &= 5760 \text{ mm}^2 \\ \text{Nominal shear stress (F}_s\text{)} &= P / A_s = 6,62E-03 \text{ ton mm}^{-2} \\ \text{Allowable shear stress (F}_{a\text{ alw}}\text{)} &= 0.4 F_y = 1,45E-02 \text{ ton mm}^{-2} \\ \text{UC} &= 0,457 < 1 \quad \dots\text{Ok!} \end{aligned}$$

*cheek plate parameter*

#### C. Tensile Stress Check

$$\begin{aligned} \text{Tensile Area (A}_t\text{)} &= (T a) + 2(c t) = 16600 \text{ mm}^2 \\ \text{Nominal Tensile Stress} &= P / A_s = 3,E-03 \text{ ton mm}^{-2} \\ \text{Allowable tensile stress (F}_{t\text{ alw}}\text{)} &= 0,6 F_y = 2,E-02 \text{ ton mm}^{-2} \\ \text{UC} &= 1,22E-01 < 1 \quad \dots\text{Ok!} \end{aligned}$$

#### D. Shear Stress Check by Determining Load Distributed on Main Plate

$$\begin{aligned} \text{Shear area (A}_s\text{)} &= T(R - r) = 3280 \text{ mm}^2 \\ \text{Load distributed on main plate} &= T / (2T + T) P = 0,5 P \\ \text{Nominal shear stress (F}_s\text{)} &= 0,5 P / A_s = 5,81E-03 \text{ ton mm}^{-2} \\ \text{Allowable shear stress (F}_{a\text{ alw}}\text{)} &= 0.4 F_y = 1,45E-02 \text{ ton mm}^{-2} \\ \text{UC} &= 0,401 < 1 \quad \dots\text{Ok!} \end{aligned}$$

#### E. Axial Stress

|   |  |
|---|--|
| $\begin{aligned} \text{Axial area (A}_a\text{)} &= T(2R - 2r) = 6560 \text{ mm}^2 \\ \text{Nominal tension stress (F}_a\text{)} &= P / A_a = 6,71E-03 \text{ ton mm}^{-2} \\ \text{Allowable tension stress (F}_{a\text{ alw}}\text{)} &= 0.6 F_y = 2,17E-02 \text{ ton mm}^{-2} \\ \text{UC} &= 0,309 < 1 \quad \dots\text{Ok!} \end{aligned}$ | $\begin{aligned} \text{Axial area (A}_a\text{)} &= 97155 \text{ mm}^2 \\ \text{Nominal tension stress (F}_a\text{)} &= 1,95E-04 \text{ ton mm}^{-2} \\ \text{Allowable tension stress (F}_{a\text{ alw}}\text{)} &= 2,17E-02 \text{ ton mm}^{-2} \\ \text{UC} &= 8,98E-03 \quad \dots\text{Ok!} \end{aligned}$ |
|---|--|

#### F. Bending Stress

$$\begin{aligned} \text{Allowable bending stress (F}_{b\text{ alw}}\text{)} &= 0.66 F_y = 0,66 \text{ ton mm}^{-2} \\ \text{Inertia moment x (I}_x\text{)} &= (1/12) T a^3 + \{(1/12) c t^3 + c t (0.5t + 0.5a)^2\} \\ &= 2,39E-02 \text{ ton mm}^{-2} \\ \text{Inertia moment y (I}_y\text{)} &= (1/12) T^3 a + \{(1/12) c^3 t + c t (0.5t + 0.5a)^2\} \\ &= 1,08E+08 \text{ mm}^4 \\ \text{Inplane bending stress (F}_{b_i}\text{)} &= (P b) (a/2) / I_x = 8,46E-03 \text{ ton mm}^{-2} \\ \text{Inplane UC} &= 0,354 < 1 \quad \dots\text{Ok!} \\ \text{Outplane bending stress (F}_{b_o}\text{)} &= (P b) (T/2) / I_y = 4,82E-04 \text{ ton mm}^{-2} \\ \text{Outplane UC} &= 0,020 < 1 \quad \dots\text{Ok!} \\ \text{Combined axial and bending UC} &= 0,683 < 1 \quad \dots\text{Ok!} \end{aligned}$$

*stiffener plate parameter*

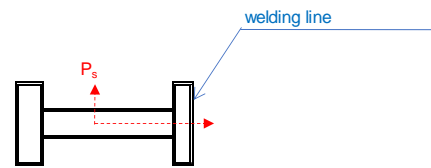
### G. Stress Due to Pressure between Two Elastic Bodies

|   |   |                            |                              |
|---|---|----------------------------|------------------------------|
| Weight per unit length ( $\rho$ )               | = | $P / (T+2T)$               |                              |
|   | = | 0,550                      | ton mm <sup>-1</sup>         |
|   |   |                            | <i>cheek plate parameter</i> |
| Coefficient (K)                                 | = | $2r i / (2r - i)$          |                              |
|   | = | 1107,607                   |                              |
| Nominal hertz pressure ( $F_h$ )                | = | $0.591 (\rho E / K)^{0.5}$ |                              |
|   | = | 0,059                      | ton mm <sup>-2</sup>         |
| Allowable hertz pressure ( $F_{h\text{ alw}}$ ) | = | $2.5 F_y$                  |                              |
|   | = | 0,091                      | ton mm <sup>-2</sup>         |
| UC  | = | 0,657                      | < 1 <b>...OK!</b>            |

### 4. WELDING STRENGTH CALCULATION

#### A. Shear Stress

|   |   |   |                                  |
|---|---|---|----------------------------------|
| Shear area ( $A_{sw}$ )                       | = | $2a t_w \sin 45^\circ + 4t t_w \sin 45^\circ$ |                                  |
|   | = | 6052,834047                                   | mm <sup>2</sup>                  |
|   |   |   | <i>stiffener plate parameter</i> |
| Nominal shear stress ( $F_s$ )                | = | $P / A_{sw}$                                  |                                  |
|   | = | 7,27E-03                                      | ton mm <sup>-2</sup>             |
| Allowable shear stress ( $F_{s\text{ alw}}$ ) | = | $0.4 F_{yw}$                                  |                                  |
|   | = | 2,04E-02                                      | ton mm <sup>-2</sup>             |
| UC  | = | 0,356   | < 1 <b>...OK!</b>                |



#### B. Bending Stress

|  |   |  |                                  |
|--|---|--|----------------------------------|
| Allowable bending stress ( $F_{bw\text{ alw}}$ ) | = | $0.6 F_{yw}$   |                                  |
|  | = | 3,07E-02   | ton mm <sup>-2</sup>             |
| Inertia moment x ( $I_{xw}$ )                    | = | $2 \{ (1/12) t_w a^3 \} + 4 \{ (1/12) t_w t^3 + t_w t (0.5t + 0.5a)^2 \}$                                |                                  |
|  |   |  | <i>stiffener plate parameter</i> |
|  | = | 6,91E+07   | mm <sup>4</sup>                  |
| Inplane bending stress ( $F_{biw}$ )             | = | $(P b) (t + 0.5a) / I_{xw}$  |                                  |
|  | = | 2,31E-02   | ton mm <sup>-2</sup>             |
| Inplane UC                                       | = | 0,753  | < 1 <b>...OK!</b>                |
| Inertia moment y ( $I_{yw}$ )                    | = | $2 \{ (1/12) t_w^3 a \} + \{ (1/12) c^3 t_w + t_w c (0.5c)^2 \} + \{ (1/12) c^3 t_w + t_w c (0.5c)^2 \}$ |                                  |
|  |   |  | <i>stiffener plate parameter</i> |
|  | = | 1,00E+07   | mm <sup>4</sup>                  |
| Outplane bending stress ( $F_{bow}$ )            | = | $(P_s b) (0.5t) / I_{yw}$  |                                  |
|  | = | 3,29E-03   | ton mm <sup>-2</sup>             |
| Outplane UC                                      | = | 0,107  | < 1 <b>...OK!</b>                |

### 5. LOCAL STRESS CALCULATION

#### A. Von Mises Stress

|  |   |   |                      |
|--|---|---|----------------------|
| out of plane forces                        | = | 5% Pd   |                      |
|  | = | 2,200648995   | ton                  |
| fv inplane                                 | = | $F_s / A_s$   |                      |
|  | = | 1,77E-06  |                      |
| fv outplane                                | = | out of plane force / At   |                      |
|  | = | 0,000132569   | ton mm <sup>-2</sup> |
| fx   | = | $f_t + f_{bi} + f_{bo}$   |                      |
|  | = | 1,E-02  | ton mm <sup>-2</sup> |
| tx   | = | $\sqrt{[f_v(\text{inplane})]^2 + f_v(\text{outplane})^2}$         |                      |
|  | = | 0,000132581   | ton mm <sup>-2</sup> |
| Tegangan Von Mises (F <sub>vm</sub> )      | = | $\sqrt{[f_v(\text{inplane})]^2 + 3 \cdot f_v(\text{outplane})^2}$ |                      |
|  | = | 0,01159479  | ton mm <sup>-2</sup> |
|  | = | 115,5306736   | Mpa                  |
| Allowable stress (F <sub>von mises</sub> ) | = | 0,9 F <sub>y</sub>  |                      |
|  | = | 3,26E-02  |                      |
| UC   | = | 0,356   | 1 <b>...OK!</b>      |

**LAMPIRAN 5**

**KATALOG *SLING, SHACKLE, CRANE, DAN CRANE HOOK***

Lampiran 5.1 Katalog *Sling* Milik PT. XYZ

| NO  | TAG NO              | Manufacture Wire/Ferrule | MBL<br>(kN) | SWL<br>(TON) | DIA<br>(INCH) | LENGTH<br>(M) | DESCRIPTION  | DATE OF<br>1st USED /<br>INSPECTION | NEXT<br>INSPECTION | REMARK  | CERTIFICATE NO.             |
|-----|---------------------|--------------------------|-------------|--------------|---------------|---------------|--|-------------------------------------|--------------------|---------|-----------------------------|
| 368 | 12 / 3538 / 1       | BLUE STRAND/WIGUNA       | 1.080,0     | 18,5         | 1½"           | 15,0          | Aluminium Ferrule Secured with Soft Eye on Both Ends | 12-Jun-20                           | 12-Jun-21          | EXPIRED | 050-01 -CGC/1022-L11/P5/20  |
| 369 | 12 / 3538 / 2       | BLUE STRAND/WIGUNA       | 1.080,0     | 18,5         | 1½"           | 15,0          | Aluminium Ferrule Secured with Soft Eye on Both Ends | 12-Jun-20                           | 12-Jun-21          | EXPIRED | 050-01 -CGC/1022-L11/P5/20  |
| 370 | 12 / 3538 / 3       | BLUE STRAND/WIGUNA       | 1.080,0     | 18,5         | 1½"           | 15,0          | Aluminium Ferrule Secured with Soft Eye on Both Ends | 12-Jun-20                           | 12-Jun-21          | EXPIRED | 050-01 -CGC/1022-L11/P5/20  |
| 371 | 12 / 3538 / 4       | BLUE STRAND/WIGUNA       | 1.080,0     | 18,5         | 1½"           | 15,0          | Aluminium Ferrule Secured with Soft Eye on Both Ends | 12-Jun-20                           | 12-Jun-21          | EXPIRED | 050-01 -CGC/1022-L11/P5/20  |
| 419 | KIM - 43316         | KTL OFFSHORE             | 2.691,6     | 50,0         | 2½"           | 10,1          | Both Ends Mech-Spliced Soft Loops                    | 18-Oct-17                           | 18-Oct-18          | VALID   | 0098-465-CGC/FO82-K14/P8/17 |
| 420 | KIM - 43317         | KTL OFFSHORE             | 2.691,6     | 50,0         | 2½"           | 10,1          | Both Ends Mech-Spliced Soft Loops                    | 15-Mar-19                           | 15-Mar-20          | VALID   | BCI CERTIFICATE             |
| 421 | KIM - 43318         | KTL OFFSHORE             | 2.691,6     | 50,0         | 2½"           | 10,1          | Both Ends Mech-Spliced Soft Loops                    | 15-Mar-19                           | 15-Mar-20          | VALID   | BCI CERTIFICATE             |
| 422 | KIM - 43319         | KTL OFFSHORE             | 2.691,6     | 50,0         | 2½"           | 10,1          | Both Ends Mech-Spliced Soft Loops                    | 18-Oct-17                           | 18-Oct-18          | VALID   | 0098-468-CGC/FO82-K14/P8/17 |
| 423 | KIM - 43320         | KTL OFFSHORE             | 2.691,6     | 50,0         | 2½"           | 10,1          | Both Ends Mech-Spliced Soft Loops                    | 15-Mar-19                           | 15-Mar-20          | VALID   | BCI CERTIFICATE             |
| 424 | KIM - 43321         | KTL OFFSHORE             | 2.691,6     | 50,0         | 2½"           | 10,1          | Both Ends Mech-Spliced Soft Loops                    | 15-Mar-19                           | 15-Mar-20          | VALID   | BCI CERTIFICATE             |
| 508 | LWS - 2½ - 10.1 - 1 | T&C Pte Ltd              | 2.691,6     | 50,0         | 2½"           | 10,1          | Both Ends Mech-Spliced Soft Loops                    | 15-Jan-20                           | 15-Jan-21          | VALID   | /LHPP-LG/KAN/I/2020         |
| 509 | LWS - 2½ - 10.1 - 2 | T&C Pte Ltd              | 2.691,6     | 50,0         | 2½"           | 10,1          | Both Ends Mech-Spliced Soft Loops                    | 15-Jan-20                           | 15-Jan-21          | VALID   | /LHPP-LG/KAN/I/2020         |
| 510 | LWS - 2½ - 10.2 - 1 | T&C Pte Ltd              | 2.691,6     | 50,0         | 2½"           | 10,2          | Both Ends Mech-Spliced Soft Loops                    | 15-Jan-20                           | 15-Jan-21          | VALID   | /LHPP-LG/KAN/I/2020         |
| 511 | LWS - 2½ - 10.2 - 2 | T&C Pte Ltd              | 2.691,6     | 50,0         | 2½"           | 10,2          | Both Ends Mech-Spliced Soft Loops                    | 15-Jan-20                           | 15-Jan-21          | VALID   | /LHPP-LG/KAN/I/2020         |
| 512 | LWS - 2½ - 10.2 - 3 | T&C Pte Ltd              | 2.691,6     | 50,0         | 2½"           | 10,2          | Both Ends Mech-Spliced Soft Loops                    | 15-Jan-20                           | 15-Jan-21          | VALID   | /LHPP-LG/KAN/I/2020         |
| 513 | LWS - 2½ - 10.2 - 4 | T&C Pte Ltd              | 2.691,6     | 50,0         | 2½"           | 10,2          | Both Ends Mech-Spliced Soft Loops                    | 15-Jan-20                           | 15-Jan-21          | VALID   | /LHPP-LG/KAN/I/2020         |
| 514 | LWS - 2¾ - 11-1     | T&C Pte Ltd              | 3.530,0     | 64,0         | 2¾"           | 11,0          | Both Ends Mech-Spliced Soft Loops                    | 16-Oct-15                           | 16-Oct-16          | VALID   | 0052-45-CGC/FO82-K14/P8/15  |
| 515 | LWS - 2¾ - 11.2-2   | T&C Pte Ltd              | 3.530,0     | 64,0         | 2¾"           | 11,2          | Both Ends Mech-Spliced Soft Loops                    | 16-Oct-15                           | 16-Oct-16          | EXPIRED | 0052-46-CGC/FO82-K14/P8/15  |
| 694 | TC - 10099 - 1      | T&C Pte Ltd              | 2.691,6     | 50,0         | 2½"           | 11,0          | Both Ends Mech-Spliced 60 cm Soft Eyes               | 13-May-20                           | 13-May-21          | VALID   | BKI CERTIFICATE             |
| 695 | TC - 10099 - 2      | T&C Pte Ltd              | 2.691,6     | 50,0         | 2½"           | 11,0          | Both Ends Mech-Spliced 60 cm Soft Eyes               | 13-May-20                           | 13-May-21          | VALID   | BKI CERTIFICATE             |
| 696 | TC - 10099 - 3      | T&C Pte Ltd              | 2.691,6     | 50,0         | 2½"           | 11,0          | Both Ends Mech-Spliced 60 cm Soft Eyes               | 13-May-20                           | 13-May-21          | VALID   | BKI CERTIFICATE             |
| 697 | TC - 10099 - 4      | T&C Pte Ltd              | 2.691,6     | 50,0         | 2½"           | 11,0          | Both Ends Mech-Spliced 60 cm Soft Eyes               | 13-May-20                           | 13-May-21          | VALID   | BKI CERTIFICATE             |

**Lampiran 5.2** Katalog *Shackle* Milik PT. XYZ

| NO | TAG NO                 | SWL<br>( TON ) | DESCRIPTION   | DATE OF INSPECTION | NEXT INSPECTION | REMARK | CERT NO                     |
|----|------------------------|----------------|---------------|--------------------|-----------------|--------|-----------------------------|
|    | LSC - 55 - 34          | 55             | Crosby G-2130 | 10-Jul-20          | 10-Jul-21       | VALID  | 065-02-CGC/1475-K14/20      |
|    | LSC - 55 - 35          | 55             | Crosby G-2130 | 20-Oct-20          | 20-Oct-21       | VALID  | 096-30-CGC/1475-K14/P5/20   |
|    | LSC - 55 - 36          | 55             | Crosby G-2130 | 10-Jul-20          | 10-Jul-21       | VALID  | 065-02-CGC/1475-K14/20      |
|    | LSC - 55 - 37          | 55             | Crosby G-2130 | 10-Jun-20          | 10-Jul-21       | VALID  | 065-02-CGC/1475-K14/20      |
|    | LSC - 55 - 38          | 55             | Crosby G-2130 | 06-Sep-17          | 06-Sep-18       | VALID  | 0066-178-CGC/F082-K14/P8/17 |
|    | LSC - 55 - 44          | 55             | Crosby G-2130 | 18-May-19          | 18-May-20       | VALID  | BCI CERTIFICATE             |
|    | LSC - 55 - 47          | 55             | Crosby G-2130 | 10-Jun-20          | 10-Jul-21       | VALID  | 065-02-CGC/1475-K14/20      |
|    | LSC - 55 - 50          | 55             | Crosby G-2130 | 06-Sep-17          | 06-Sep-18       | VALID  | 0066-181-CGC/F082-K14/P8/17 |
|    | LSC - 55 - 51          | 55             | Crosby G-2130 | 18-May-19          | 18-May-20       | VALID  | BCI CERTIFICATE             |
|    | LSC - 55 - 8151        | 55             | Crosby G-2130 | 20-Oct-20          | 20-Oct-21       | VALID  | 096-30-CGC/1475-K14/P5/20   |
|    | LSC - 55 - 44912       | 55             | Crosby G-2130 | 06-Sep-17          | 06-Sep-18       | VALID  | 0066-179-CGC/F082-K14/P8/17 |
|    | LSC - 55 - 44910       | 55             | Crosby G-2130 | 20-Dec-16          | 20-Dec-17       | VALID  | SITE MEMO BKI               |
|    | LSC - 55 - 44911       | 55             | Crosby G-2130 | 20-Dec-16          | 20-Dec-17       | VALID  | SITE MEMO BKI               |
|    | LSC - 55 - WAL/12/6062 | 55             | Crosby G-2130 | 20-Dec-16          | 20-Dec-17       | VALID  | SITE MEMO BKI               |
|    | LSC - 85 - 09          | 85             | Crosby G-2130 | 10-Jul-20          | 10-Jul-21       | VALID  | 065.01.CGC/1475.K14/P5/20   |
|    | LSC - 85 - 17          | 85             | Crosby G-2130 | 29-Mar-17          | 29-Mar-18       | VALID  | 0043-127-CGC/F082-K14/P8/17 |
|    | LSC - 85 - 18          | 85             | Crosby G-2130 | 10-Jun-20          | 10-Jul-21       | VALID  | 065.01.CGC/1475.K14/P5/20   |
|    | LSC - 85 - 19          | 85             | Crosby G-2130 | 28-Jan-19          | 28-Jan-20       | VALID  | 080/CER-LG/CMI/I/2019       |
|    | LSC - 85 - 20          | 85             | Crosby G-2130 | 29-Mar-17          | 29-Mar-18       | VALID  | 0043-122-CGC/F082-K14/P8/17 |

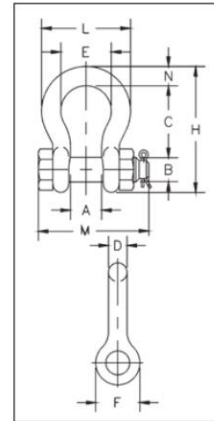
## Lampiran 5.3 Katalog Shackle Crosby G-2130

### Crosby® Bolt Type Shackles



**G-2130 / S-2130**  
Bolt Type Anchor shackles with thin head bolt - nut with cotter pin. Meets the performance requirements of Federal Specification RR-C 271G, Type IVA, Grade A, Class 3, except for those provisions required of the contractor. For additional information, see page 452.

- Capacities 1/3 thru 150 metric tons, grade 6.
- Working Load Limit and grade "6" permanently shown on every shackle.
- Forged - Quenched and Tempered, with alloy bolts.
- Hot Dip galvanized or self colored. (85, 120, and 150 metric ton shackles are all hot dip galvanized bows and the bolts are Dimetacoted® and painted red)
- Sizes 3/8 and below are mechanically galvanized.
- Fatigue rated (1/3t - 55t).
- Shackles 25t and larger are **RFID EQUIPPED**.
- Approved for use at -40° C (-40° F) to 204° C (400° F).
- Meets or exceeds all requirements of ASME B30.26.
- Shackles 85 metric tons and larger are individually proof tested to 2.0 times the working load limit.
- Type Approval certification in accordance with ABS 2016 Steel Vessel Rules ABS Guide for Certification of Lifting Appliances available. Certificates available when requested at time of order and may include additional charges.
- 3.1 Certification as standard available for charpy and statistical proof test from 3.25t up to 25 tons to DNV2.7-1 and EN13889.
- Crosby 3.25t through 25t G2130OC anchor shackles are type approved to DNV Certification Notes 2.7-1- Offshore Containers. These Crosby shackles are statistical proof and impact tested to 42 Joules (31 ft•lbf) min. avg. at -20° C (-4° F). The tests are conducted by Crosby and 3.1 test certification is available upon request. Refer to page 87 for Crosby COLD TUFF® shackles that meet the additional requirements of DNV rules for certification of lifting applications - Loose Gear.
- All other 2130 shackles can meet charpy requirements of 42 Joules (31 ft•lbf) avg at -20° C (-4° F) when requested at time of order.
- Look for the Red Pin® . . . the mark of genuine Crosby quality.



Shackles



**SEE APPLICATION INFORMATION**  
On Page 92 of the General Catalog  
Para Español: www.thecrosbygroup.com

### G-2130 / S-2130 Bolt Type Anchor Shackles

| Nominal Size (in) | Working Load Limit (t) | Stock No. |         |          | Weight Each (lb) | Dimensions (in) |      |       |      |       |      |       |       |       |      |     | Tolerance +/- |  |
|-------------------|------------------------|-----------|---------|----------|------------------|-----------------|------|-------|------|-------|------|-------|-------|-------|------|-----|---------------|--|
|                   |                        | G-2130    | S-2130  | G-2130OC |                  | A               | B    | C     | D    | E     | F    | H     | L     | M     | N    | C   | A             |  |
| 3/16              | 1/3 ±                  | 1019464   | -       | -        | .06              | .38             | .25  | .88   | .19  | .60   | .56  | 1.47  | .98   | 1.29  | .19  | .06 | .06           |  |
| 1/4               | 1/2                    | 1019466   | -       | -        | .11              | .47             | .31  | 1.13  | .25  | .78   | .61  | 1.84  | 1.28  | 1.56  | .25  | .06 | .06           |  |
| 5/16              | 3/4                    | 1019468   | -       | -        | .22              | .53             | .38  | 1.22  | .31  | .84   | .75  | 2.09  | 1.47  | 1.82  | .31  | .06 | .06           |  |
| 3/8               | 1                      | 1019470   | -       | -        | .33              | .66             | .44  | 1.44  | .38  | 1.03  | .91  | 2.49  | 1.78  | 2.17  | .38  | .13 | .06           |  |
| 7/16              | 1-1/2                  | 1019471   | -       | -        | .49              | .75             | .50  | 1.69  | .44  | 1.16  | 1.06 | 2.91  | 2.03  | 2.51  | .44  | .13 | .06           |  |
| 1/2               | 2                      | 1019472   | 1019481 | -        | .79              | .81             | .64  | 1.88  | .50  | 1.31  | 1.19 | 3.28  | 2.31  | 2.80  | .50  | .13 | .06           |  |
| 5/8               | 3-1/4                  | 1019490   | 1019506 | 1262013  | 1.68             | 1.06            | .77  | 2.38  | .63  | 1.69  | 1.50 | 4.19  | 2.94  | 3.56  | .69  | .13 | .06           |  |
| 3/4               | 4-3/4                  | 1019515   | 1019524 | 1262022  | 2.72             | 1.25            | .89  | 2.81  | .75  | 2.00  | 1.81 | 4.97  | 3.50  | 4.15  | .81  | .25 | .06           |  |
| 7/8               | 6-1/2                  | 1019533   | 1019542 | 1262031  | 3.95             | 1.44            | 1.02 | 3.31  | .88  | 2.28  | 2.09 | 5.83  | 4.03  | 4.82  | .97  | .25 | .06           |  |
| 1                 | 8-1/2                  | 1019551   | 1019560 | 1262040  | 5.66             | 1.69            | 1.15 | 3.75  | 1.00 | 2.69  | 2.38 | 6.56  | 4.69  | 5.39  | 1.06 | .25 | .06           |  |
| 1-1/8             | 9-1/2                  | 1019579   | 1019588 | 1262059  | 8.27             | 1.81            | 1.25 | 4.25  | 1.13 | 2.91  | 2.69 | 7.47  | 5.16  | 5.90  | 1.25 | .25 | .06           |  |
| 1-1/4             | 12                     | 1019597   | 1019604 | 1262068  | 11.71            | 2.03            | 1.40 | 4.69  | 1.29 | 3.25  | 3.00 | 8.25  | 5.75  | 6.69  | 1.38 | .25 | .06           |  |
| 1-3/8             | 13-1/2                 | 1019613   | 1019622 | 1262077  | 15.83            | 2.25            | 1.53 | 5.25  | 1.42 | 3.63  | 3.31 | 9.16  | 6.38  | 7.21  | 1.50 | .25 | .13           |  |
| 1-1/2             | 17                     | 1019631   | 1019640 | 1262086  | 19.00            | 2.38            | 1.66 | 5.75  | 1.53 | 3.88  | 3.63 | 10.00 | 6.88  | 7.73  | 1.62 | .25 | .13           |  |
| 1-3/4             | 25                     | 1019659   | 1019668 | 1262095  | 33.91            | 2.88            | 2.04 | 7.00  | 1.84 | 5.00  | 4.19 | 12.34 | 8.80  | 9.68  | 2.25 | .25 | .13           |  |
| 2                 | 35                     | 1019677   | 1019686 | -        | 52.25            | 3.25            | 2.30 | 7.75  | 2.08 | 5.75  | 4.81 | 13.68 | 10.15 | 10.81 | 2.40 | .25 | .13           |  |
| 2-1/2             | 55                     | 1019695   | 1019702 | -        | 98.25            | 4.13            | 2.80 | 10.50 | 2.71 | 7.25  | 5.69 | 17.90 | 12.75 | 13.58 | 3.13 | .25 | .25           |  |
| 3                 | † 85                   | 1019711   | -       | -        | 154.00           | 5.00            | 3.30 | 13.00 | 3.12 | 7.88  | 6.50 | 21.50 | 14.62 | 15.13 | 3.62 | .25 | .25           |  |
| 3-1/2             | † 120 ±                | 1019739   | -       | -        | 265.00           | 5.25            | 3.76 | 14.63 | 3.62 | 9.00  | 8.00 | 24.88 | 17.02 | 17.00 | 4.38 | .25 | .25           |  |
| 4                 | † 150 ±                | 1019757   | -       | -        | 338.00           | 5.50            | 4.26 | 14.50 | 4.00 | 10.00 | 9.00 | 25.68 | 18.00 | 17.75 | 4.56 | .25 | .25           |  |

\* NOTE: Maximum Proof Load is 2 times the Working Load Limit. Minimum Ultimate Strength is 6 times the Working Load Limit. For Working Load Limit reduction due to side loading applications, see page 94. † Individually Proof Tested with certification. ‡ Furnished in Anchor style only and furnished with eyebolts for handling.

Lampiran 5.4 Katalog Crane IHICCH 2800

**Crane** **CCH2800**

■ **Rated lifting loads (87ton counterweight, 16ton weight for body)**

(Unit : Metric ton)

| Boom length(m)<br>Working radius(m) | 18    | 21             | 24             | 27             | 30             | 33             | 36             | 39             | 42             | 45             | 48             | 51             | 54             |
|-------------------------------------|-------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| No. of Part line                    | 20    | 14             | 14             | 12             | 11             | 12             | 11             | 10             | 9              | 9              | 7              | 7              | 6              |
| 5.0                                 | 280.0 | 5.6m<br>x175.0 |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |
| 6.0                                 | 195.8 | 175.0          | 6.1m<br>x175.0 | 6.6m<br>x150.0 |                |                |                |                |                |                |                |                |                |
| 7.0                                 | 167.0 | 166.3          | 161.2          | 150.0          | 7.2m<br>x137.5 | 7.7m<br>x142.8 |                |                |                |                |                |                |                |
| 8.0                                 | 146.9 | 146.2          | 145.9          | 145.6          |                |                | 8.2m<br>x137.5 | 8.7m<br>x125.0 |                |                |                |                |                |
| 9.0                                 | 130.3 | 130.4          | 130.1          | 129.7          | 127.7          | 130.6          | 128.5          | 125.0          | 9.2m<br>x112.5 | 9.8m<br>x110.2 |                |                |                |
| 10.0                                | 117.0 | 116.9          | 117.2          | 116.9          | 117.2          | 117.3          | 116.8          | 114.8          | 109.1          | 107.5          | 10.3m<br>x87.5 | 10.8m<br>x87.5 | 11.3m<br>x75.0 |
| 12.0                                | 89.8  | 90.4           | 90.7           | 91.0           | 91.5           | 91.3           | 91.4           | 91.2           | 90.9           | 87.8           | 86.0           | 85.7           | 75.0           |
| 14.0                                | 72.2  | 72.0           | 72.6           | 72.7           | 73.5           | 73.3           | 73.3           | 73.1           | 72.8           | 72.7           | 71.3           | 69.9           | 69.8           |
| 16.0                                | 60.3  | 60.0           | 59.8           | 60.1           | 60.9           | 60.9           | 61.0           | 60.8           | 60.5           | 60.3           | 59.1           | 58.8           | 58.6           |
| 18.0                                | 51.2  | 51.2           | 51.0           | 50.7           | 51.7           | 51.7           | 51.9           | 51.7           | 51.4           | 51.3           | 50.2           | 49.9           | 49.7           |
| 20.0                                |       | 19.8m<br>x45.2 | 44.4           | 44.0           | 44.5           | 44.6           | 44.9           | 44.9           | 44.5           | 44.4           | 43.4           | 43.1           | 42.9           |
| 22.0                                |       |                | 39.1           | 38.8           | 39.2           | 38.9           | 39.3           | 39.3           | 39.1           | 39.0           | 38.1           | 37.8           | 37.6           |
| 24.0                                |       |                | 22.4m<br>x38.2 | 34.6           | 34.9           | 34.6           | 34.6           | 34.7           | 34.5           | 34.4           | 33.8           | 33.4           | 33.3           |
| 26.0                                |       |                |                | 25.0m<br>x32.7 | 31.5           | 31.1           | 31.1           | 30.8           | 30.8           | 30.6           | 30.2           | 29.9           | 29.7           |
| 28.0                                |       |                |                |                | 27.6m<br>x29.2 | 28.2           | 28.1           | 27.9           | 27.5           | 27.4           | 27.3           | 26.9           | 26.8           |
| 30.0                                |       |                |                |                |                | 25.7           | 25.6           | 25.4           | 25.0           | 24.8           | 24.7           | 24.4           | 24.3           |
| 32.0                                |       |                |                |                |                |                | 30.2m<br>x25.1 | 23.5           | 23.2           | 22.8           | 22.7           | 22.6           | 22.3           |
| 34.0                                |       |                |                |                |                |                |                | 32.8m<br>x22.6 | 21.4           | 21.0           | 20.8           | 20.4           | 20.3           |
| 36.0                                |       |                |                |                |                |                |                |                | 35.4m<br>x20.2 | 19.4           | 19.2           | 19.1           | 18.8           |
| 38.0                                |       |                |                |                |                |                |                |                |                | 18.0           | 17.8           | 17.7           | 17.4           |
| 40.0                                |       |                |                |                |                |                |                |                |                |                | 16.5           | 16.4           | 16.1           |
| 42.0                                |       |                |                |                |                |                |                |                |                |                | 40.6m<br>x16.1 | 15.3           | 15.0           |
| 44.0                                |       |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                | 43.2m<br>x14.7 | 13.9           |
| 46.0                                |       |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                | 45.6m<br>x13.2 |
| 48.0                                |       |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                | 12.0           |
| 50.0                                |       |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                | 48.4m<br>x11.6 |

| Boom length(m)<br>Working radius(m) | 57             | 60             | 63             | 66             | 69             | 72             | 75             | 78             | 81            | 84             | 87             | 90             |
|-------------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------|----------------|----------------|----------------|
| No. of Part line                    | 6              | 6              | 6              | 5              | 5              | 4              | 4              | 4              | 3             | 3              | 3              | 2              |
| 10.0                                | 11.9m<br>x75.0 |                |                |                |                |                |                |                |               |                |                |                |
| 12.0                                | 75.0           | 12.4m<br>x75.0 | 12.9m<br>x75.0 | 13.4m<br>x65.3 | 13.9m<br>x62.5 |                |                |                |               |                |                |                |
| 14.0                                | 69.6           | 69.6           | 69.4           | 62.5           | 62.5           | 14.9m<br>x50.0 | 15.0m<br>x50.0 | 15.5m<br>x50.0 |               |                |                |                |
| 16.0                                | 57.9           | 57.8           | 57.7           | 57.5           | 57.3           | 50.0           | 50.0           | 48.7           | 37.5          | 16.5m<br>x37.5 | 17.1m<br>x37.5 | 17.6m<br>x25.0 |
| 18.0                                | 49.7           | 49.4           | 48.9           | 48.6           | 48.5           | 48.4           | 47.7           | 45.5           | 37.5          | 37.5           | 37.4           | 25.0           |
| 20.0                                | 42.9           | 42.6           | 42.5           | 42.4           | 41.8           | 41.7           | 41.6           | 41.4           | 37.5          | 37.5           | 34.8           | 25.0           |
| 22.0                                | 37.5           | 37.2           | 37.2           | 37.0           | 36.7           | 36.5           | 36.3           | 36.1           | 35.9          | 34.8           | 32.3           | 25.0           |
| 24.0                                | 33.2           | 33.0           | 32.8           | 32.6           | 32.3           | 32.2           | 32.1           | 31.9           | 31.6          | 31.5           | 29.9           | 25.0           |
| 26.0                                | 29.6           | 29.4           | 29.3           | 29.1           | 28.8           | 28.7           | 28.6           | 28.3           | 28.1          | 28.0           | 27.7           | 24.4           |
| 28.0                                | 26.7           | 26.5           | 26.3           | 26.1           | 25.9           | 26.2           | 25.6           | 25.4           | 25.1          | 25.0           | 24.8           | 22.6           |
| 30.0                                | 24.1           | 24.0           | 23.8           | 23.5           | 23.4           | 24.0           | 23.6           | 23.3           | 22.6          | 22.5           | 22.2           | 21.1           |
| 32.0                                | 21.9           | 21.8           | 21.6           | 21.3           | 21.2           | 21.8           | 21.6           | 21.4           | 21.1          | 20.3           | 20.0           | 19.7           |
| 34.0                                | 20.0           | 20.0           | 19.7           | 19.5           | 19.3           | 19.9           | 19.6           | 19.4           | 19.3          | 18.9           | 18.2           | 17.9           |
| 36.0                                | 18.4           | 18.4           | 18.1           | 17.9           | 17.7           | 18.2           | 17.9           | 17.7           | 17.5          | 17.2           | 16.5           | 16.3           |
| 38.0                                | 16.9           | 16.9           | 16.6           | 16.4           | 16.2           | 16.7           | 16.4           | 16.2           | 16.0          | 15.7           | 15.0           | 14.8           |
| 40.0                                | 15.6           | 15.6           | 15.3           | 15.1           | 14.9           | 15.4           | 15.0           | 14.8           | 14.7          | 14.4           | 14.1           | 13.5           |
| 42.0                                | 14.5           | 14.5           | 14.2           | 14.0           | 13.8           | 14.1           | 13.8           | 13.6           | 13.4          | 13.1           | 12.9           | 12.3           |
| 44.0                                | 13.4           | 13.4           | 13.1           | 12.9           | 12.7           | 13.0           | 12.7           | 12.5           | 12.3          | 12.0           | 11.6           | 11.3           |
| 46.0                                | 12.5           | 12.5           | 12.2           | 12.0           | 11.8           | 12.0           | 11.7           | 11.5           | 11.3          | 11.0           | 10.6           | 10.3           |
| 48.0                                | 11.7           | 11.6           | 11.3           | 11.1           | 10.9           | 11.1           | 10.8           | 10.6           | 10.4          | 10.1           | 9.7            | 9.3            |
| 50.0                                | 10.9           | 10.9           | 10.5           | 10.3           | 10.1           | 10.3           | 10.0           | 9.8            | 9.6           | 9.2            | 8.9            | 8.4            |
| 52.0                                | 51.0m<br>x10.5 | 10.1           | 9.8            | 9.6            | 9.4            | 9.6            | 9.2            | 9.0            | 8.7           | 8.5            | 8.0            | 7.6            |
| 54.0                                |                | 53.6m<br>x9.4  | 9.2            | 9.0            | 8.7            | 8.9            | 8.4            | 8.2            | 7.9           | 7.8            | 7.2            | 6.9            |
| 56.0                                |                |                | 8.6            | 8.3            | 8.0            | 8.1            | 7.7            | 7.4            | 7.2           | 7.3            | 6.5            | 6.2            |
| 58.0                                |                |                | 56.2m<br>x8.5  | 7.8            | 7.5            | 7.4            | 7.0            | 6.7            | 6.5           | 6.6            | 5.8            | 5.6            |
| 60.0                                |                |                |                | 58.8m<br>x7.5  | 6.9            | 6.8            | 6.3            | 6.1            | 5.8           | 5.9            | 5.3            | 4.9            |
| 62.0                                |                |                |                |                | 61.4m<br>x6.4  | 6.2            | 5.7            | 5.5            | 5.2           | 5.3            | 4.7            | 4.2            |
| 64.0                                |                |                |                |                |                | 5.6            | 5.3            | 5.1            | 4.6           | 4.7            | 4.1            | 3.5            |
| 66.0                                |                |                |                |                |                |                | 4.8            | 4.6            | 4.1           | 4.2            | 3.6            | 2.9            |
| 68.0                                |                |                |                |                |                |                | 66.6m<br>x4.6  | 4.1            | 3.8           | 3.7            | 3.1            | 2.4            |
| 70.0                                |                |                |                |                |                |                |                | 69.2m<br>x3.8  | 3.3           | 3.2            | 2.6            | 2.2            |
| 72.0                                |                |                |                |                |                |                |                |                | 71.6m<br>x2.9 | 2.7            | 2.2            |                |
| 74.0                                |                |                |                |                |                |                |                |                |               | 2.3            |                |                |
| 76.0                                |                |                |                |                |                |                |                |                |               | 74.4m<br>x2.2  |                |                |





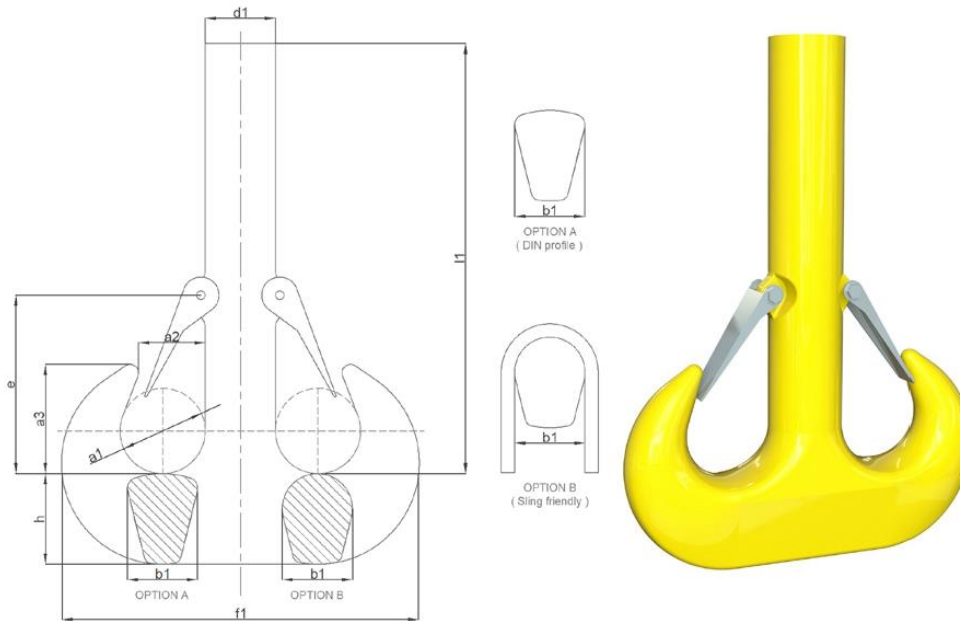
## Lampiran 5.6 Katalog Crane Hook

### SHANK HOOKS BASED ON EN13001-3-5:2016

#### Ramshorn forged hooks based on recognized european standards

Ramshorn forged hooks based on DIN15402 design

Unmachined



- WLL: from 5t to 2.000t.
- Hook forged and heat treated. Machining recommended to perform by manufacturer.
- Material: carbon, alloys and super alloys. Stainless steels available upon request.
- Mechanical properties: P, S, T, V, W.
- Safety Factor: min. 4:1 with the highest material grade.
- Load Test: requested / recommended after machining.
- Certificate: EN10204-3.1. For 3.2, ILO-3, FAT or Breaking Test available upon request.

| RAMSHORN FORGED HOOKS BASED ON DIN15402 DESIGN   UNMACHINED |     |     |     |     |     |      |      |     |      |        |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|-----|------|--------|
| Overall dimensions (mm)                                     |     |     |     |     |     |      |      |     |      | Weight |
| No  | a1  | a2  | a3  | b1  | d1  | e    | f1   | h   | l1   | kg     |
| 2,5   | 50  | 40  | 65  | 40  | 42  | 112  | 208  | 50  | 250  | 6,9    |
| 4   | 56  | 45  | 73  | 48  | 48  | 124  | 238  | 60  | 280  | 9,7    |
| 5   | 63  | 50  | 82  | 53  | 53  | 143  | 266  | 67  | 312  | 13,4   |
| 6   | 71  | 56  | 92  | 60  | 60  | 160  | 301  | 75  | 375  | 16,8   |
| 8   | 80  | 63  | 103 | 67  | 67  | 182  | 337  | 85  | 415  | 25,3   |
| 10  | 90  | 71  | 116 | 75  | 75  | 192  | 377  | 95  | 450  | 36,3   |
| 12  | 100 | 80  | 130 | 85  | 85  | 210  | 421  | 106 | 510  | 50,5   |
| 16  | 112 | 90  | 146 | 95  | 95  | 237  | 471  | 118 | 580  | 71,1   |
| 20  | 125 | 100 | 163 | 106 | 106 | 265  | 531  | 132 | 650  | 99,5   |
| 25  | 140 | 112 | 182 | 118 | 118 | 315  | 598  | 150 | 715  | 138    |
| 32  | 160 | 125 | 205 | 132 | 132 | 335  | 672  | 170 | 790  | 197    |
| 40  | 180 | 140 | 230 | 150 | 150 | 375  | 754  | 190 | 885  | 286    |
| 50  | 200 | 160 | 260 | 170 | 170 | 420  | 842  | 212 | 965  | 394    |
| 63  | 224 | 180 | 292 | 190 | 190 | 460  | 944  | 236 | 1090 | 547    |
| 80  | 250 | 200 | 325 | 212 | 212 | 515  | 1062 | 265 | 1235 | 759    |
| 100   | 280 | 224 | 364 | 236 | 236 | 575  | 1186 | 300 | 1375 | 1060   |
| 125   | 315 | 250 | 408 | 265 | 265 | 645  | 1330 | 335 | 1550 | 1491   |
| 160   | 355 | 280 | 458 | 300 | 300 | 725  | 1505 | 375 | 1745 | 2115   |
| 200   | 400 | 315 | 515 | 335 | 335 | 800  | 1685 | 425 | 1998 | 3015   |
| 250   | 450 | 355 | 580 | 375 | 375 | 875  | 1885 | 475 | 2250 | 4268   |
| 320   | 500 | 400 | 650 | 425 | 425 | 950  | 2125 | 530 | 2550 | 6018   |
| 400   | 560 | 450 | 730 | 475 | 475 | 1045 | 2375 | 600 | 2895 | 8576   |

Tolerances: forging tolerance acc. to DIN15402.

Modifications: Shank length (L). Further dimensions upon request.

Hook section: RSN up to No 10 and greater sizes RFN. For the largest hooks, other sections b1xH can be design.

## **LAMPIRAN 6**

### **PERHITUNGAN MANUAL KEKUATAN *CRANE HOOK***

## Lampiran 6.1 Perhitungan *Crane Hook* dengan Penampang *Circular*

### 1. Circular Cross Section

|   |   |                        |   |
|---|---|------------------------|---|
| P1  | = SL 2.1 load + SL 2.3 load                     |                        |   |
|   | = 522490,94 N                                   |                        |   |
| P2  | = SL 2.2 load + SL 2.4 load                     |                        |   |
|   | = 334739,85 N                                   |                        |   |
| Cross section diameter (d)                            | = 236 mm  |                        |   |
| Cross section height (h)                              | = 300 mm  |                        |   |
| Cross section area (A)                                | = 58.847,536 mm <sup>2</sup>                    | (based on CAD drawing) |   |
| Radius inner fiber (ri)                               | = 140 mm  |                        |   |
| Radius outer fiber (ro)                               | = ri + h  |                        |   |
|   | = 440 mm  |                        |   |
| Radius of the centroidal axis (rc)                    | = h/2 + ri                                      |                        |   |
|   | = 290 mm  |                        |   |
| Radius of the neutral axis (rn)                       | = $\frac{(\sqrt{r_o} + \sqrt{r_i})^2}{4}$       |                        |   |
|   | = 260,176 mm                                    |                        |   |
| Distance from the centroidal axis to neutral axis (e) | = rc - rn                                       |                        |   |
|   | = 29,824 mm                                     |                        |   |
| Distance from the neutral axis to outer fiber (ho)    | = ro - rn                                       |                        |   |
|   | = 179,824 mm                                    |                        |   |
| Distance from the neutral axis to inner fiber (hi)    | = rn - ri                                       |                        |   |
|   | = 120,176 mm                                    |                        |   |
| Bending Moment 1 (M1)                                 | = P1 x rc                                       | Bending Moment 2 (M2)  | = P2 x rc                                       |
|   | = 2,E+08 N.mm                                   |                        | = 1,E+08 N.mm                                   |
| Stress total 1 (σ1)                                   | = $\frac{M1 \times h_i}{A \times e \times r_i}$ | Stress total 2 (σ1)    | = $\frac{M2 \times h_i}{A \times e \times r_i}$ |
|   | = 83 N/mm <sup>2</sup>                          |                        | = 53 N/mm <sup>2</sup>                          |
| Stress total 1 + Stress total 2                       | = σ1 + σ2                                       |                        |   |
|   | = 136 Mpa                                       |                        |   |

## Lampiran 6.2 Perhitungan *Crane Hook* dengan Penampang *Trapezoidal*

### 2. Trapezoidal Cross Section

|   |   |                        |   |
|---|---|------------------------|---|
| P1  | = SL 2.1 load + SL 2.3 load   |                        |   |
|   | = 522490,94 N   |                        |   |
| P2  | = SL 2.2 load + SL 2.4 load   |                        |   |
|   | = 334739,85 N   |                        |   |
| Radius inner fiber (ri)                               | = 140 mm  |                        |   |
| Length inner base (bi)                                | = 236 mm  |                        |   |
| Length outer base (bo)                                | = 163,7 mm  |                        |   |
| Cross section height (h)                              | = 300 mm  |                        |   |
| Cross section area (A)                                | = 59.358,807 mm <sup>2</sup>  | (based on CAD drawing) |   |
| Radius outer fiber (ro)                               | = ri + h  |                        |   |
|   | = 440 mm  |                        |   |
| Radius of the neutral axis (rn)                       | = $\frac{A}{b_i - b_0 + \left[ \frac{b_i r_0 - b_0 b_i}{h} \right] \ln \left( \frac{r_0}{r_i} \right)}$ |                        |   |
|   | = 250,895 mm  |                        |   |
| Radius of the centroidal axis (rc)                    | = $r_i + \frac{h(b_i + 2b_0)}{3(b_i + b_0)}$  |                        |   |
|   | = 280,956 mm  |                        |   |
| Distance from the centroidal axis to neutral axis (e) | = rc - rn   |                        |   |
|   | = 30,060 mm   |                        |   |
| Distance between the neutral axis to inner fiber (hi) | = rn + ri   |                        |   |
|   | = 110,895 mm  |                        |   |
| Bending Moment 1 (M1)                                 | = P1 x rc   | Bending Moment 2 (M2)  | = P2 x rc                                       |
|   | = 1,47E+08 N.mm   |                        | = 9,40E+07 N.mm                                 |
| Stress total 1 (σ1)                                   | = $\frac{P1}{A} \times \frac{M1 \times h_i}{A \times e \times r_i}$                                     | Stress total 2 (σ1)    | = $\frac{M2 \times h_i}{A \times e \times r_i}$ |
|   | = 74 N/mm <sup>2</sup>  |                        | = 47 N/mm <sup>2</sup>                          |
| Stress total 1 + Stress total 2                       | = σ1 + σ2   |                        |   |
|   | = 121 Mpa   |                        |   |

## Lampiran 6.3 Perhitungan *Crane Hook* dengan Penampang *Rectangular*

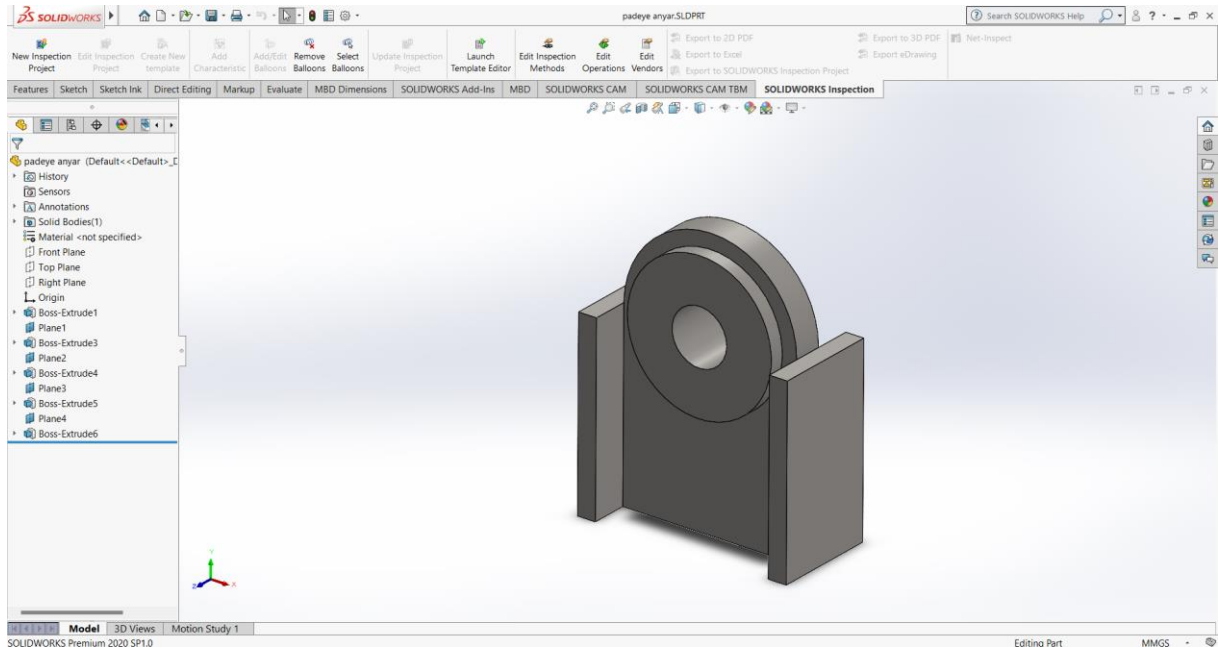
### 3. Rectangular Cross Section

|   |   |   |   |
|---|---|---|---|
| P1  | = | SL 2.1 load + SL 2.3 load                     |   |
|   | = | 522490,94 N                                   |   |
| P2  | = | SL 2.2 load + SL 2.4 load                     |   |
|   | = | 334739,85 N                                   |   |
| Radius inner fiber (ri)                               | = | 140 mm  |   |
| Base length (b)                                       | = | 196 mm  |   |
| Cross section height (h)                              | = | 300 mm  |   |
| Cross section area (A)                                | = | 58.027,433 mm <sup>2</sup>                    | (based on CAD drawing)  |
| Radius outer fiber (ro)                               | = | ri + h  |   |
|   | = | 440 mm  |   |
| Radius of the neutral axis (rn)                       | = | $\frac{h}{\ln\left(\frac{r_o}{r_i}\right)}$   |   |
|   | = | 261,978 mm                                    |   |
| Radius of the centroidal axis (rc)                    | = | h/2 + ri                                      |   |
|   | = | 290,000 mm                                    |   |
| Distance from the centroidal axis to neutral axis (e) | = | rc - rn                                       |   |
|   | = | 28,022 mm                                     |   |
| Distance between the neutral axis to inner fiber (hi) | = | rn + ri                                       |   |
|   | = | 121,978 mm                                    |   |
| Bending Moment 1 (M1)                                 | = | P1 x rc                                       | Bending Moment 2 (M2) = P2 x rc                                     |
|   | = | 1,52E+08 N.mm                                 | 9,71E+07 N.mm   |
| Stress total 1 (σ1)                                   | = | $\frac{M1 \times h_i}{A \times e \times r_i}$ | Stress total 2 (σ2) = $\frac{M2 \times h_i}{A \times e \times r_i}$ |
|   | = | 90 N/mm <sup>2</sup>                          | 58 N/mm <sup>2</sup>  |
| Stress total 1 + Stress total 2                       | = | σ1 + σ2                                       |   |
|   | = | 148 Mpa                                       |   |

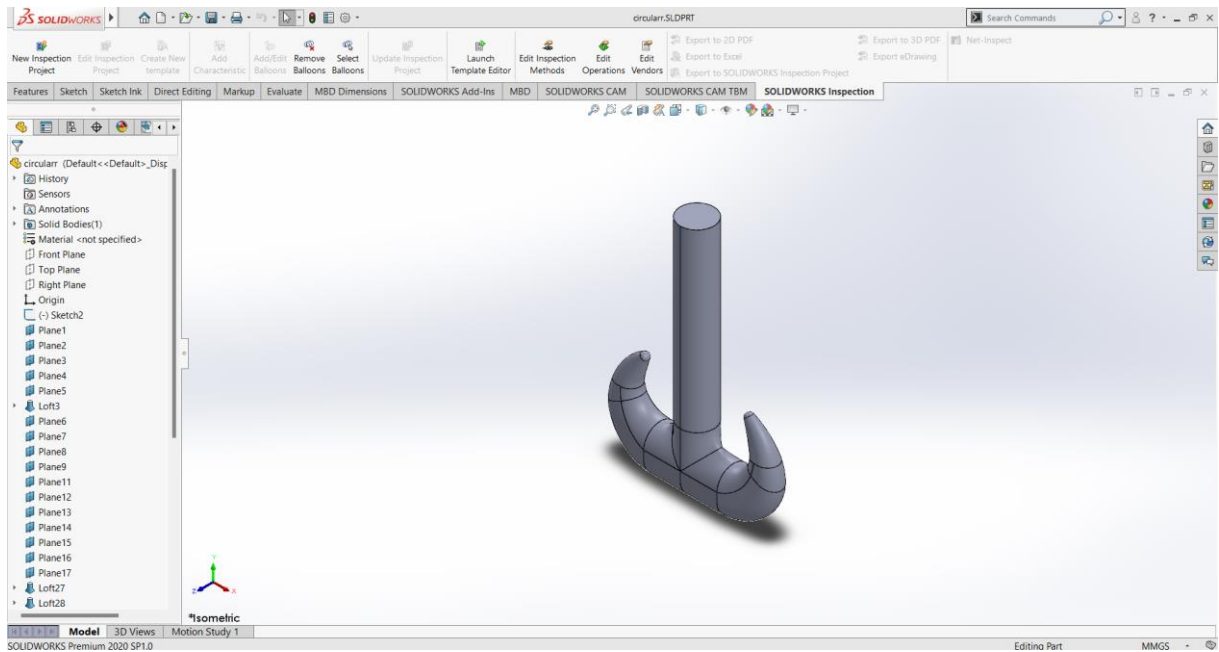
**LAMPIRAN 7**

**PEMODELAN STRUKTUR *PADEYE* DAN *CRANE HOOK*  
DENGAN SOLIDWORKS**

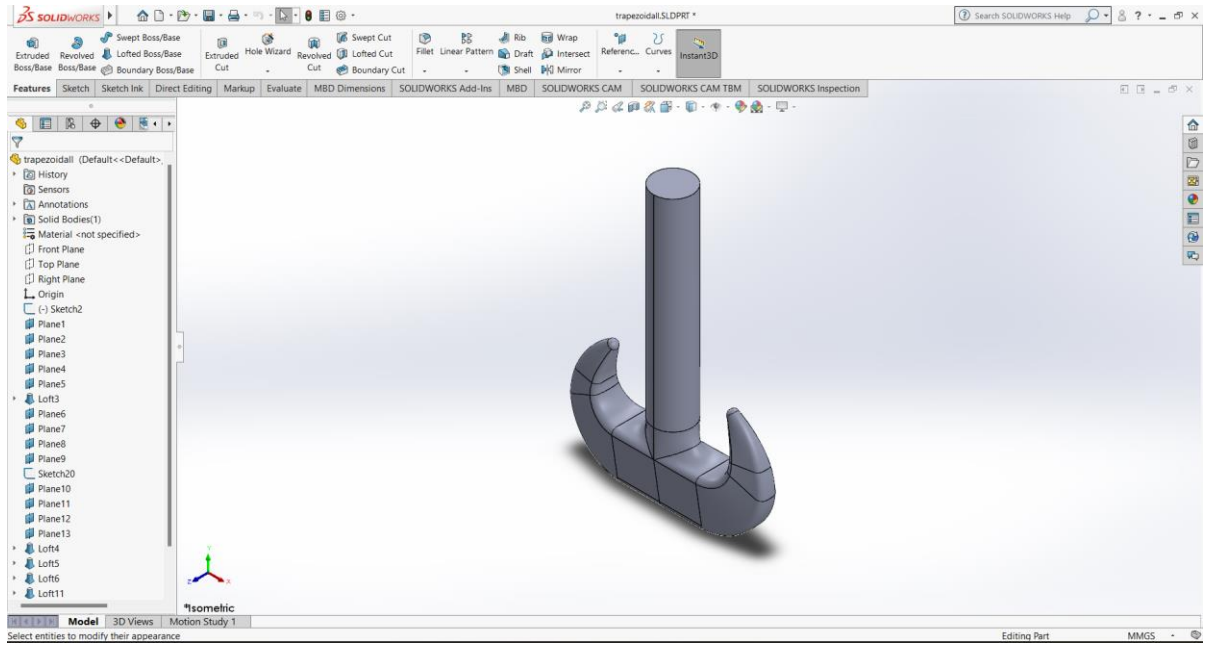
## Lampiran 7.1 Model Struktur *Padeye*



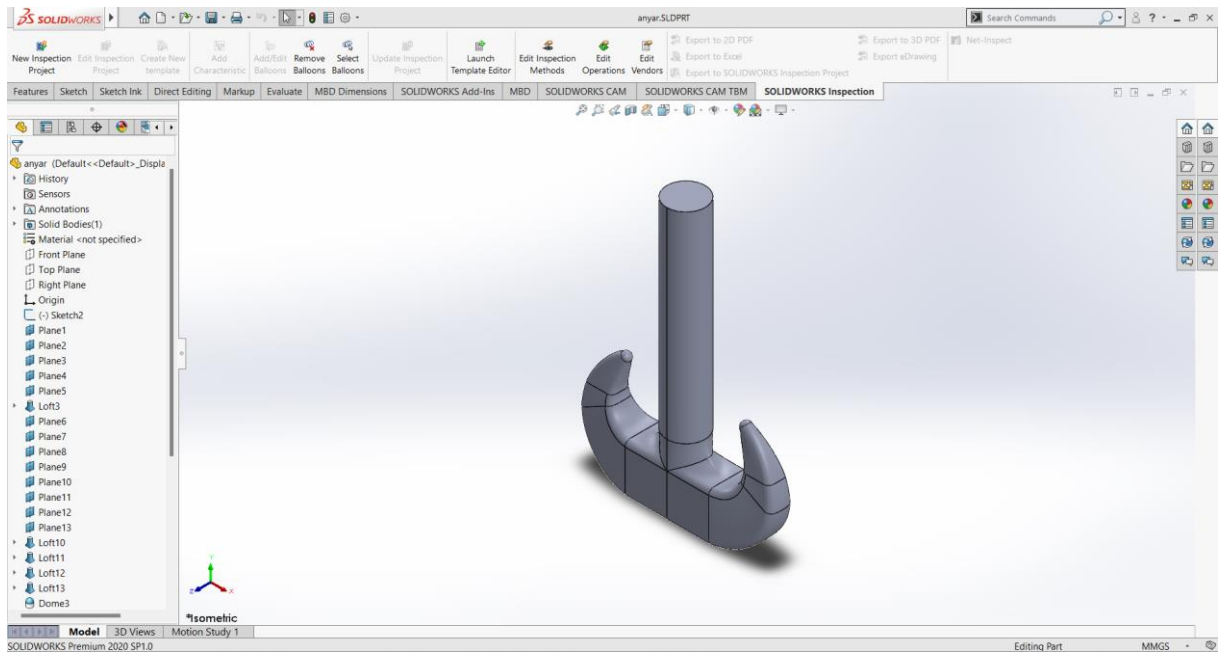
## Lampiran 7.2 Model Struktur *Crane Hook* dengan Variasi Penampang *Circular*



## Lampiran 7.2 Model Struktur Crane Hook dengan Variasi Penampang Trapezoidal



## Lampiran 7.3 Model Struktur Crane Hook dengan Variasi Penampang Rectangular

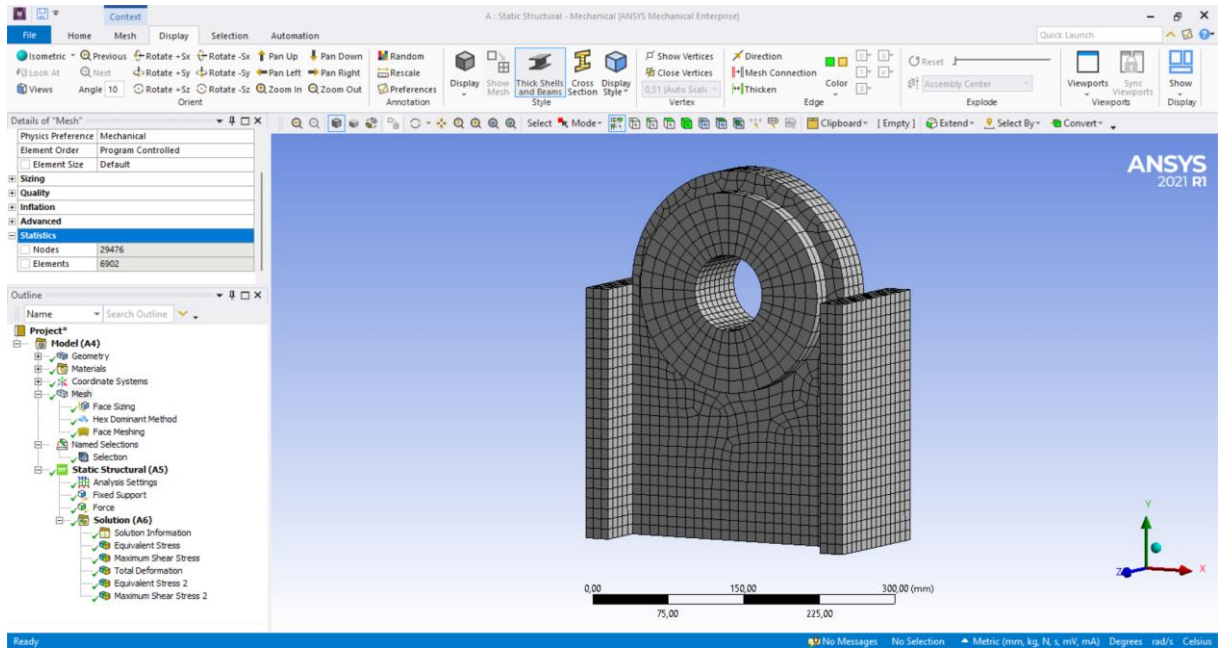




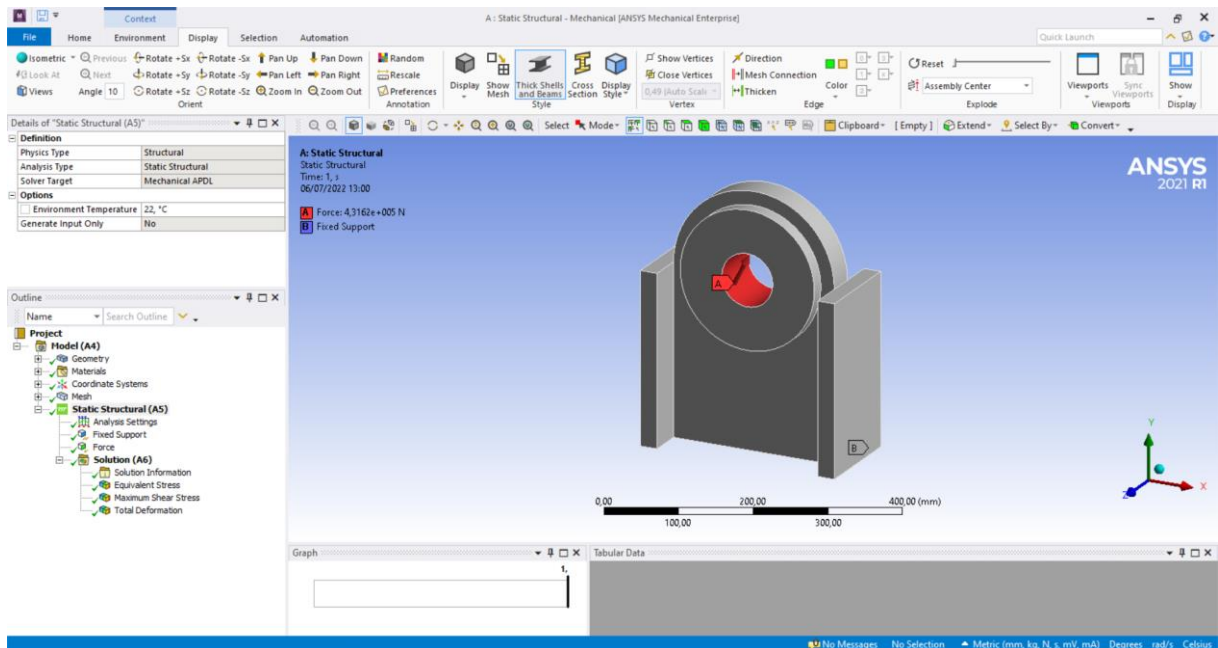
## **LAMPIRAN 8**

### **ANALISA TEGANGAN LOKAL STRUKTUR *PADEYE* DAN *CRANE HOOK* DENGAN ANSYS WORKBENCH**

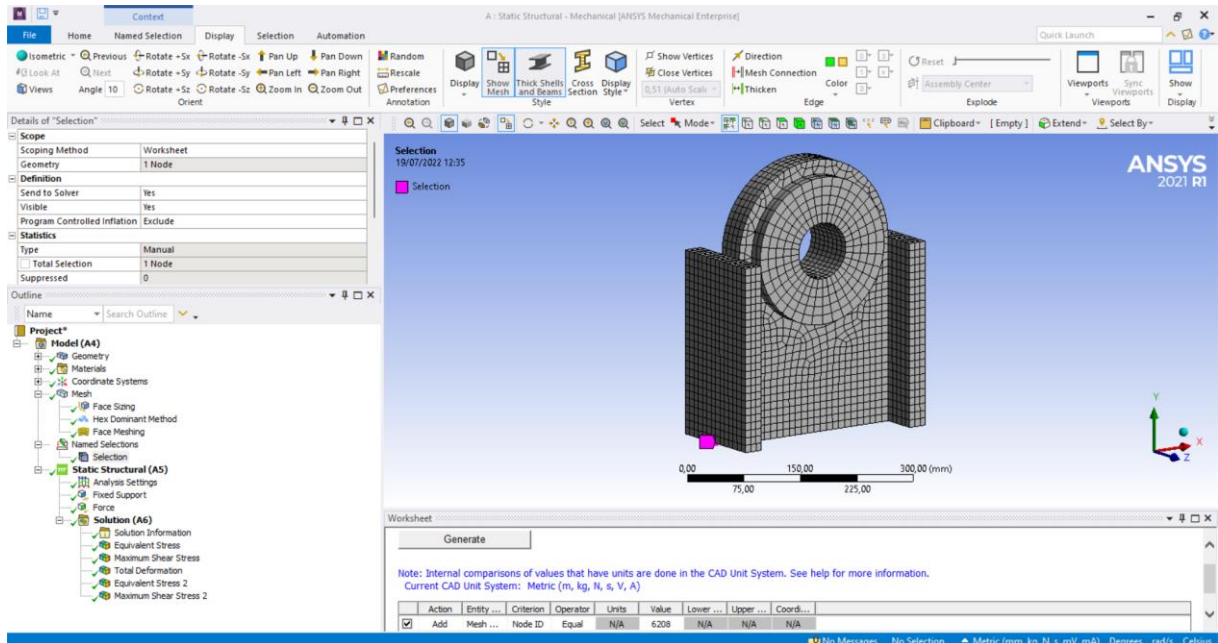
## Lampiran 8.1 Meshing Model Padeye dengan Ukuran Mesh 10 mm



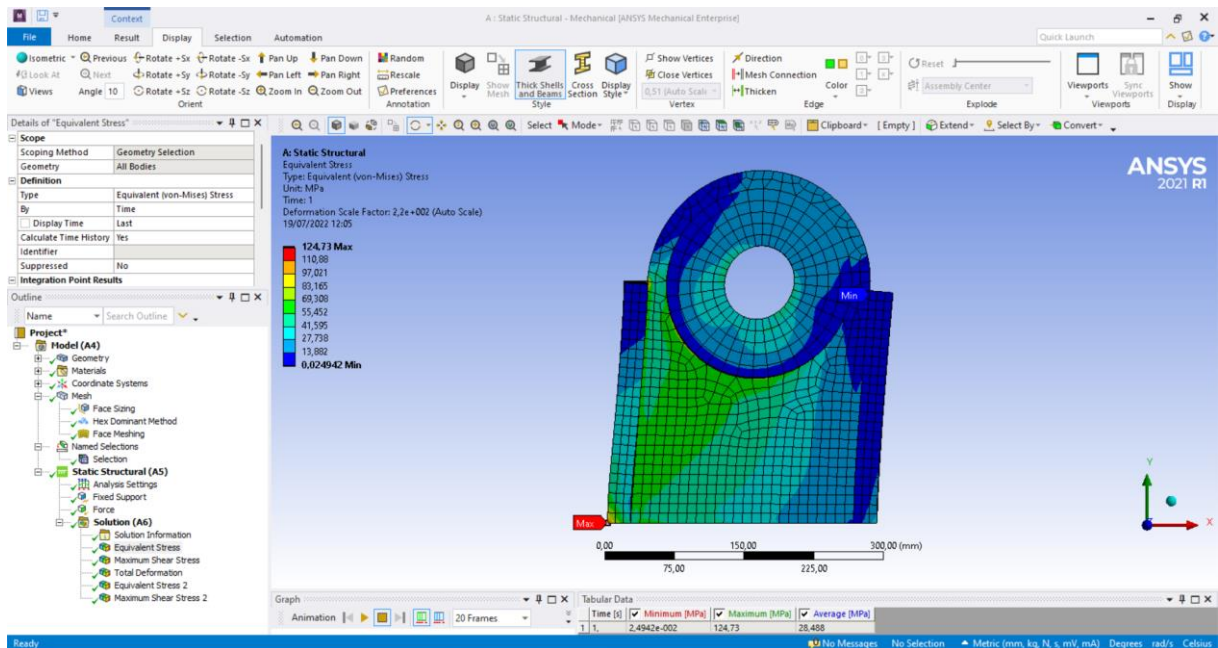
## Lampiran 8.2 Input Force dan Fixed Support pada Model Padeye



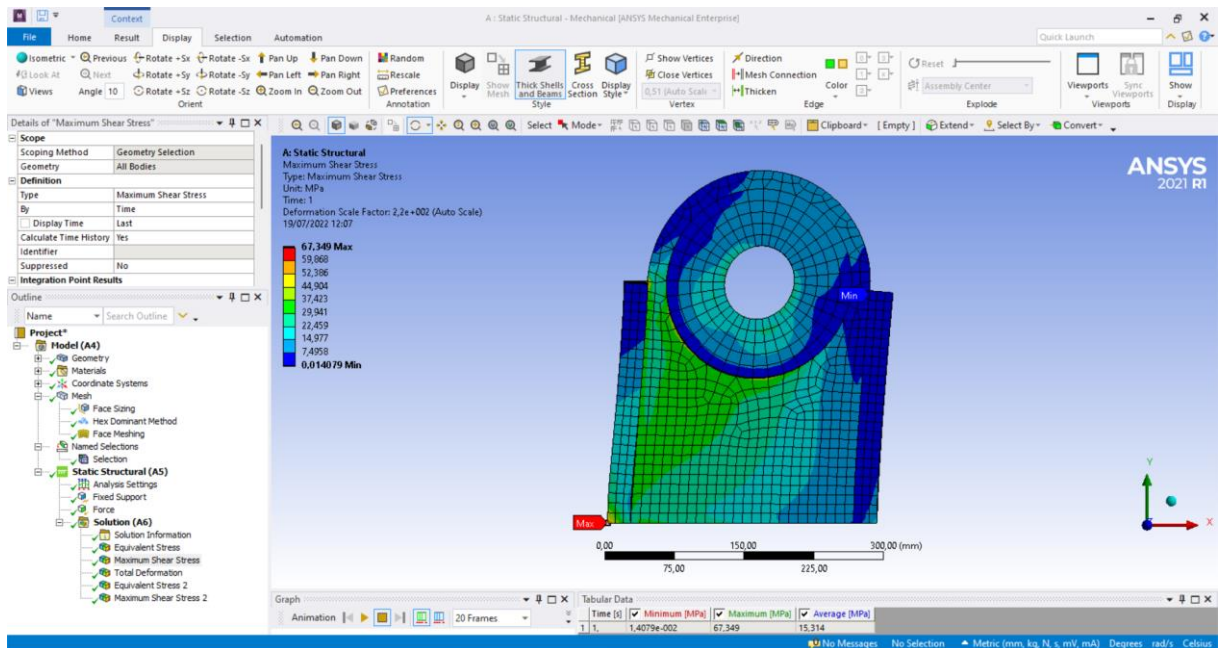
### Lampiran 8.3 Lokasi Titik Analisis *Mesh Sensitivity* pada Model *Padeye*



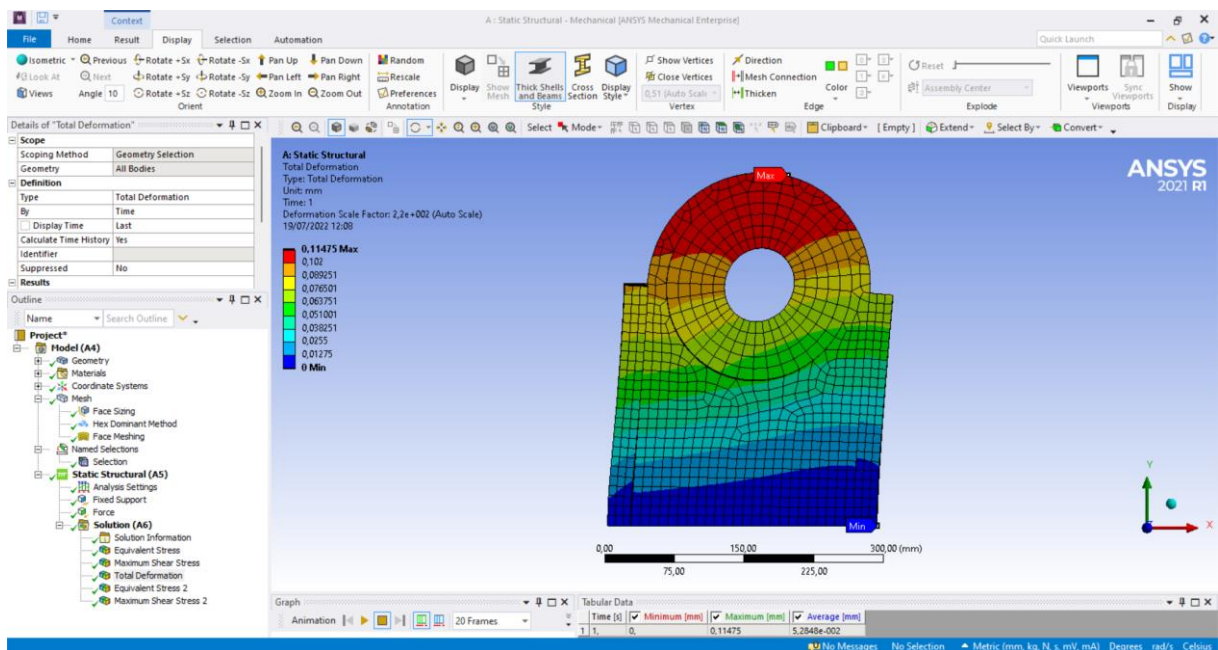
### Lampiran 8.4 Tegangan *Von Mises* Maksimum pada Model *Padeye*



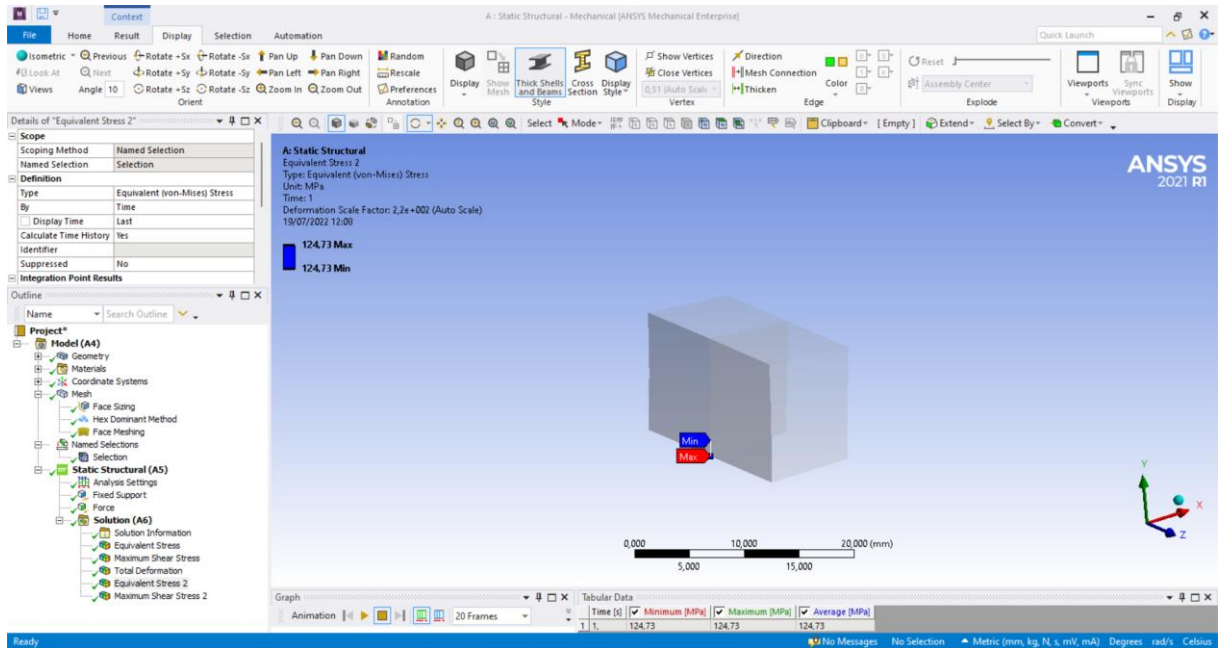
## Lampiran 8.5 Tegangan Geser Maksimum pada Model *Padeye*



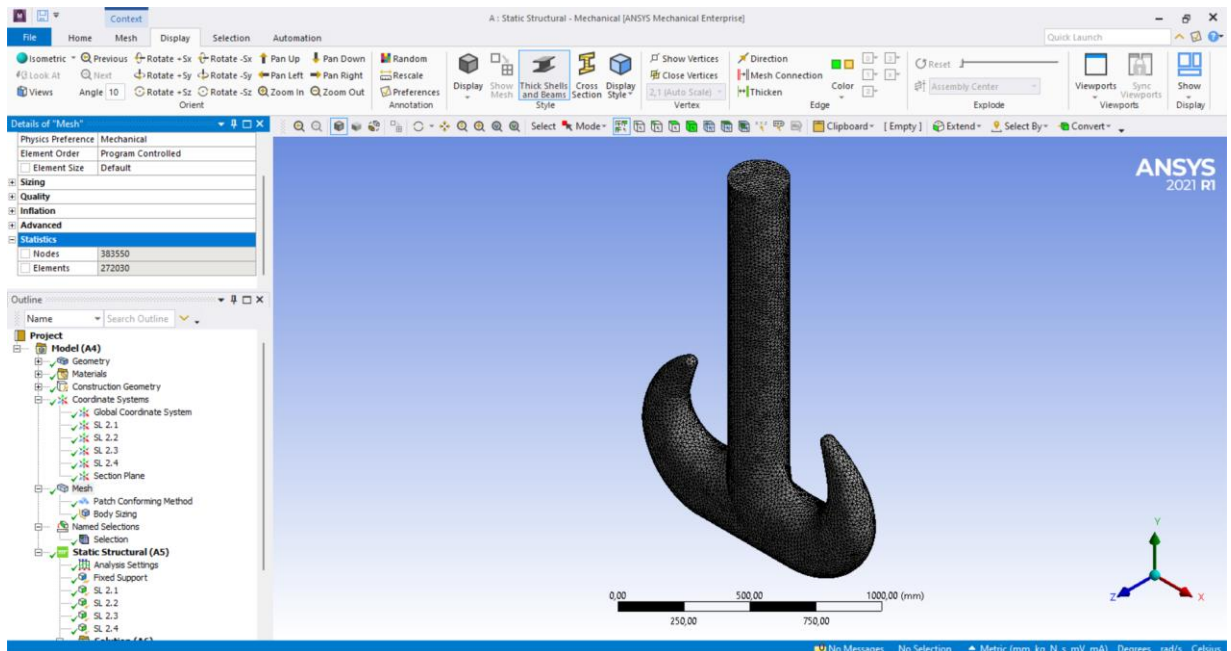
## Lampiran 8.6 Deformasi Total pada Model *Padeye*



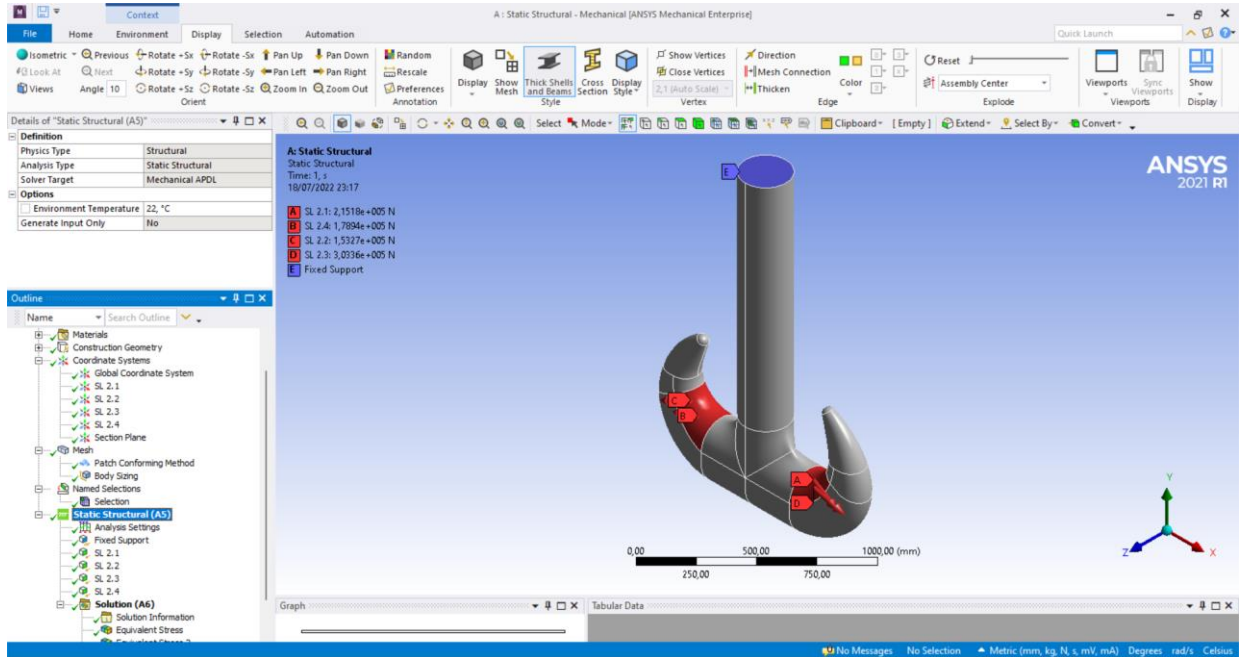
## Lampiran 8.7 Tegangan Von Mises Pada Titik Analisis Mesh Sensitivity Struktur Padeye



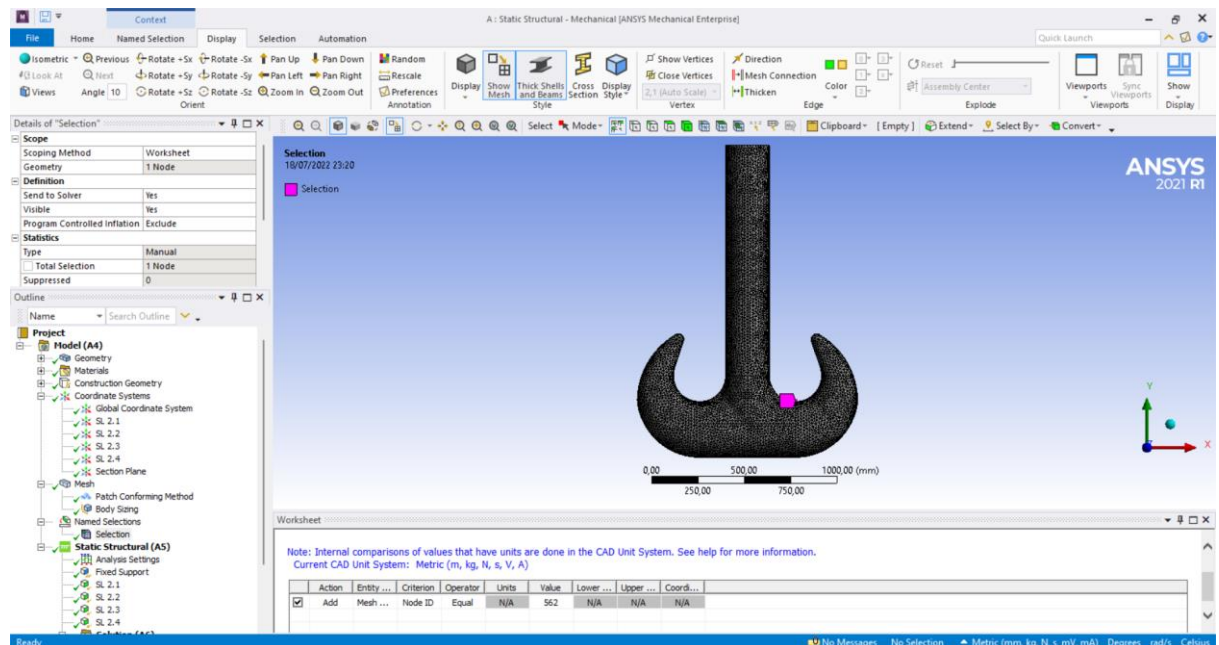
## Lampiran 8.8 Meshing Model Crane Hook Penampang Circular dengan Ukuran Mesh 16 mm



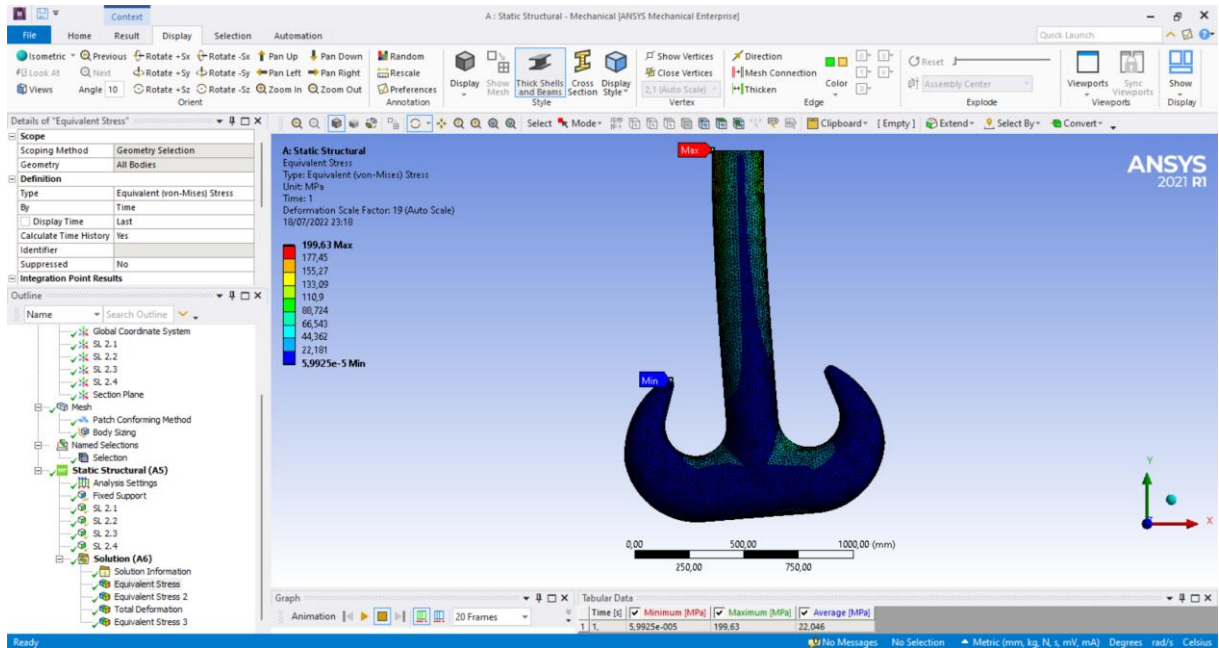
## Lampiran 8.9 Input Force dan Fixed Support pada Model Crane Hook dengan Penampang Circular



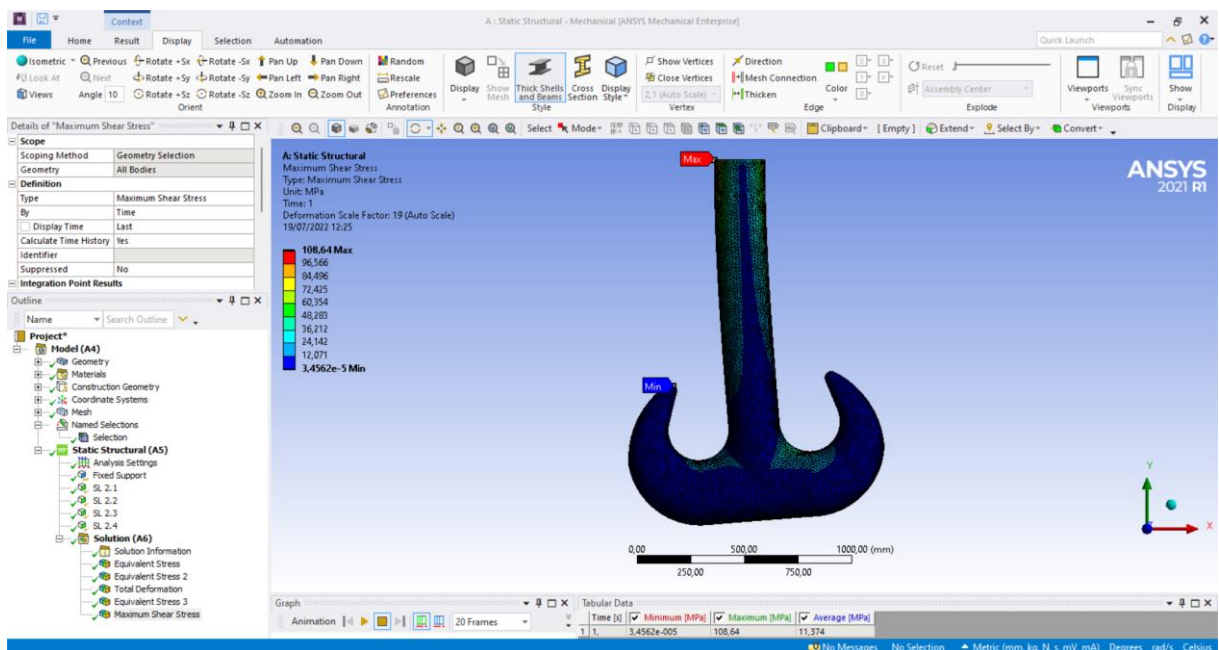
## Lampiran 8.10 Lokasi Titik Analisis Mesh Sensitivity pada Model Crane Hook Penampang Circular



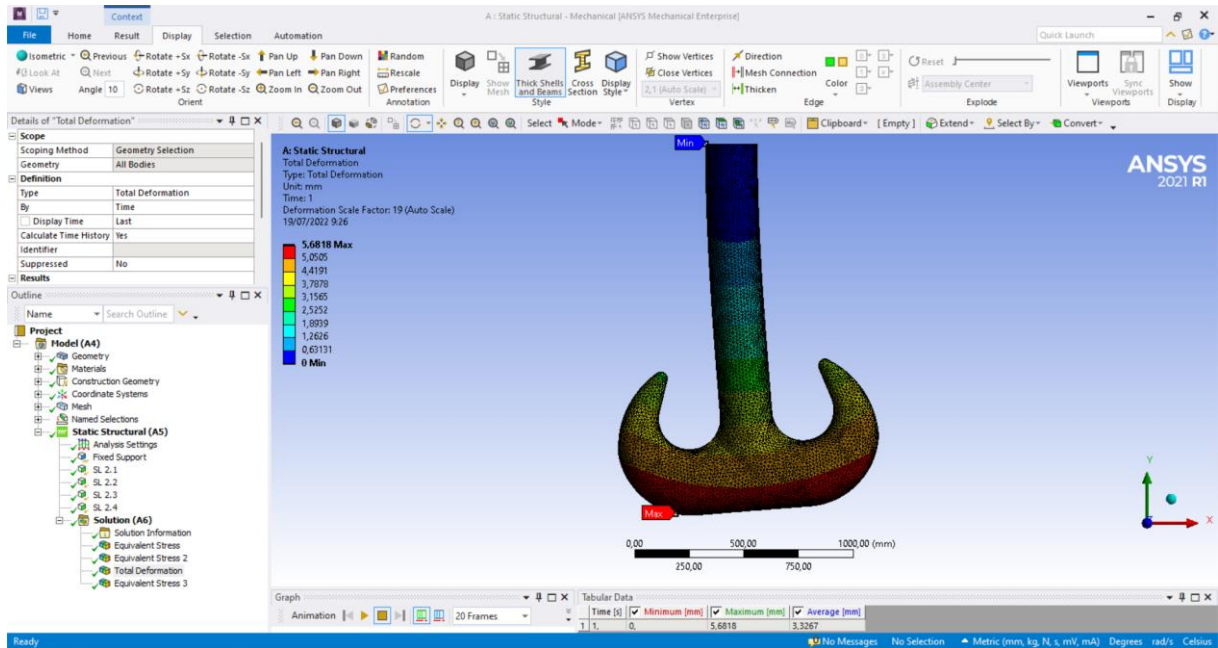
## Lampiran 8.11 Tegangan Von Mises Maksimum pada Model Crane Hook Penampang Circular



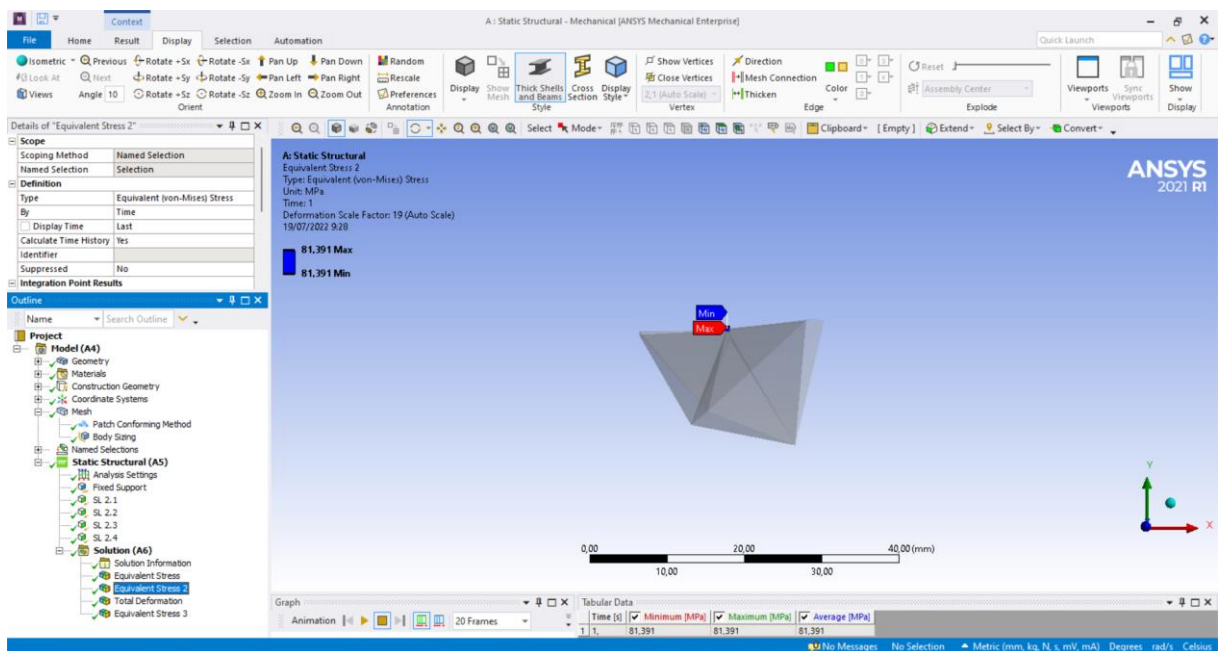
Lampiran 8.12 Tegangan Geser Maksimum pada Model Crane Hook Penampang Circular



### Lampiran 8.13 Deformasi Total pada Model Crane Hook Penampang Circular

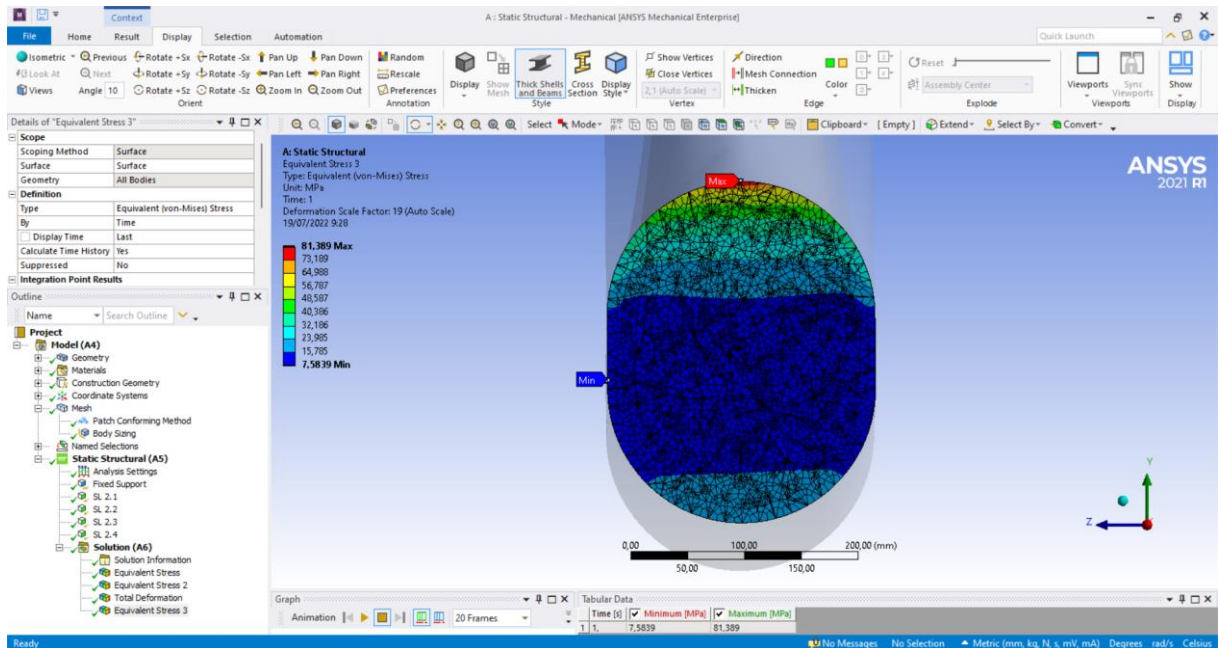


### Lampiran 8.14 Lokasi Titik Analisis Mesh Sensitivity pada Model Crane Hook Penampang Circular

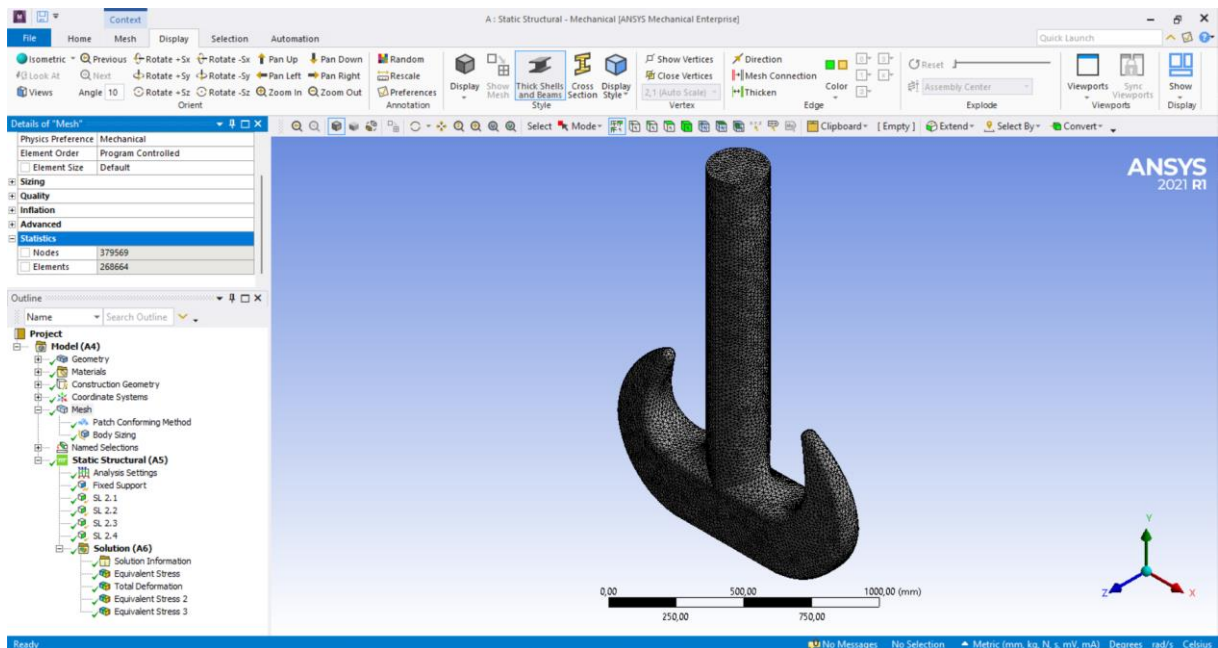




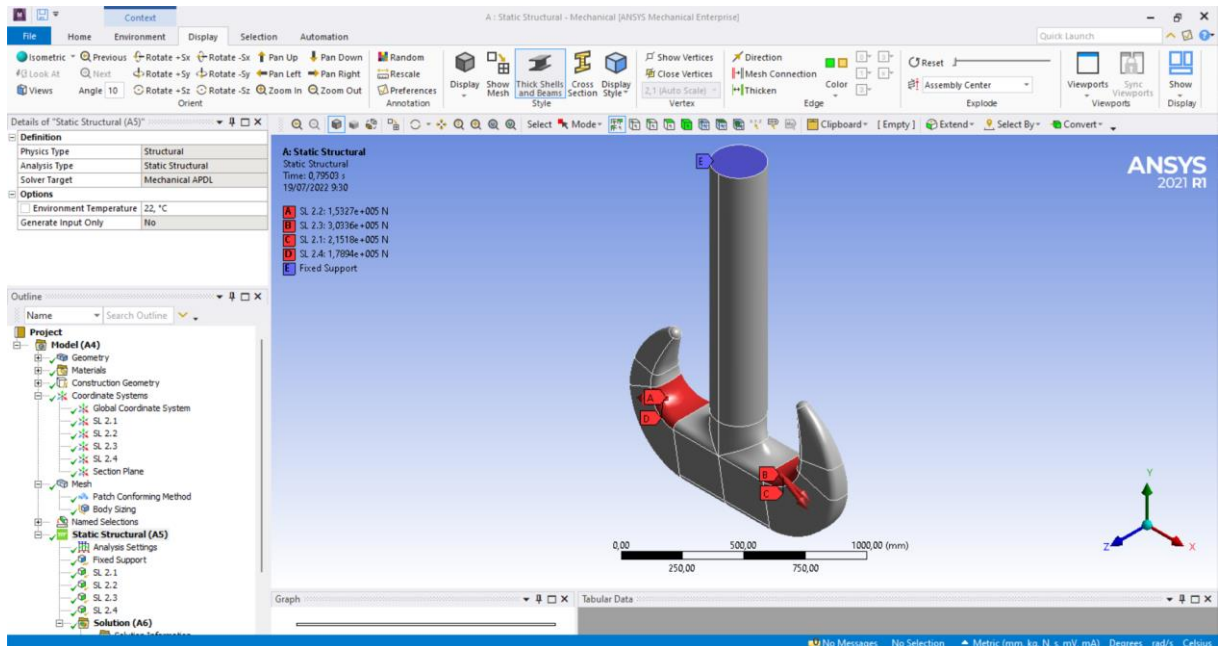
## Lampiran 8.15 Tegangan Von Mises Pada Potongan Model Crane Hook Penampang Circular



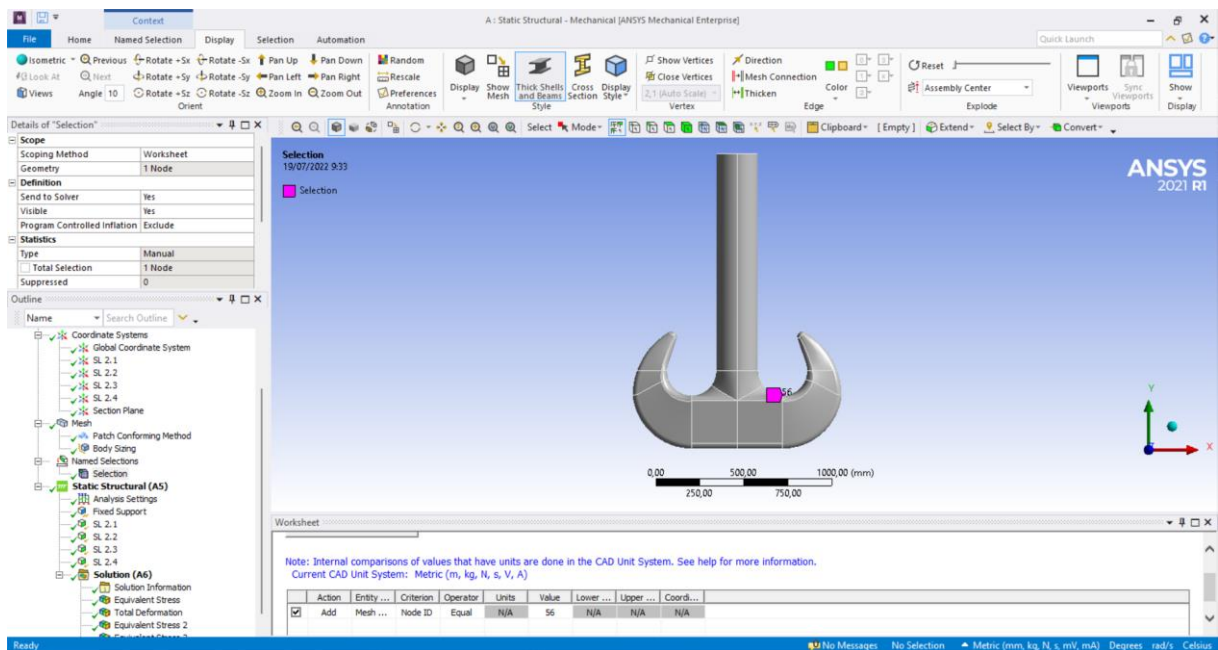
## Lampiran 8.16 Meshing Model Crane Hook Penampang Trapezoidal dengan Ukuran Mesh 16 mm



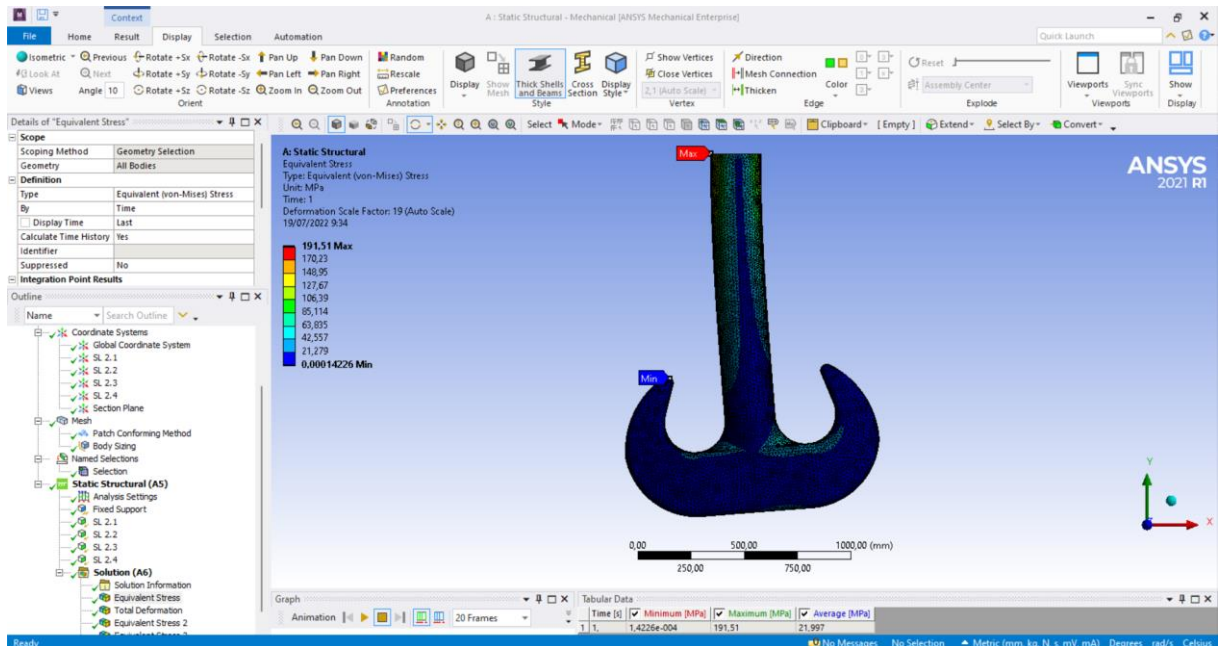
### Lampiran 8.17 Input Force dan Fixed Support pada Model Crane Hook dengan Penampang Trapezoidal



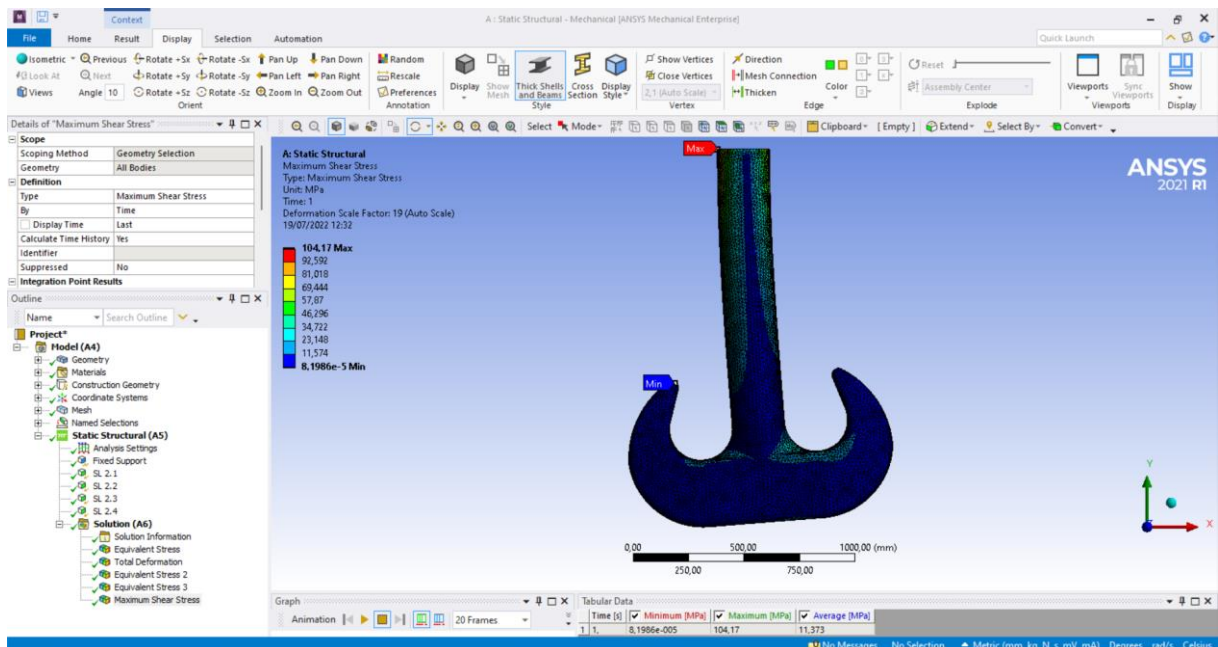
### Lampiran 8.18 Lokasi Titik Analisis Mesh Sensitivity pada Model Crane Hook Penampang Trapezoidal



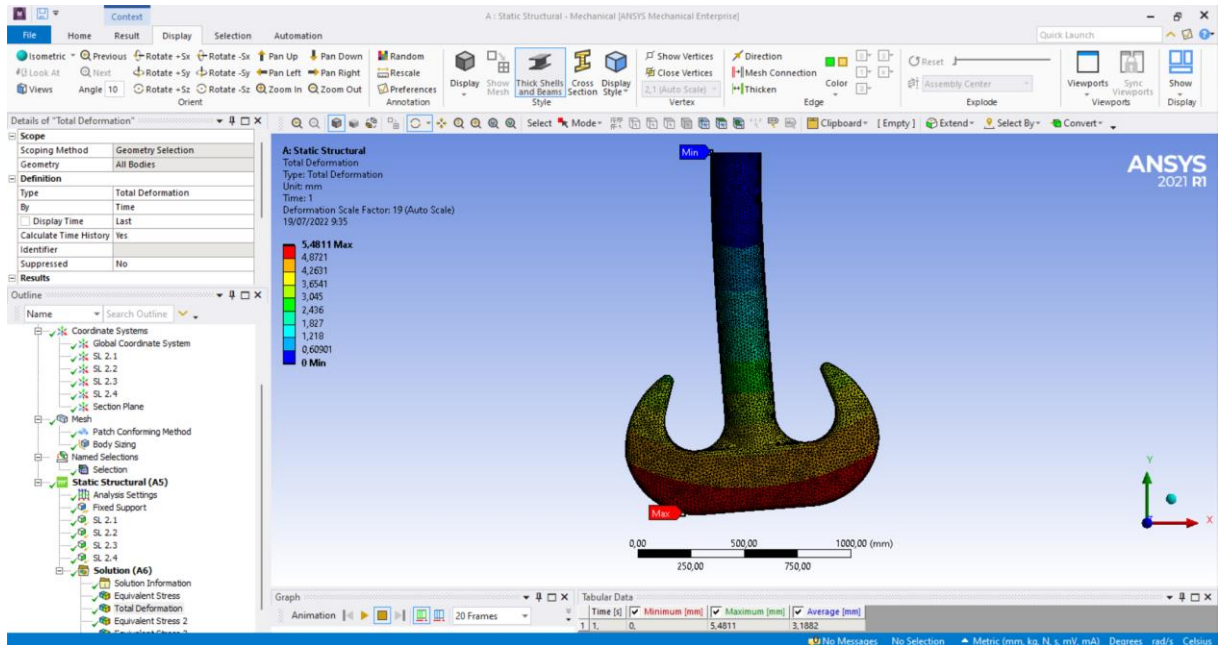
## Lampiran 8.19 Tegangan Von Mises Maksimum pada Model Crane Hook Penampang Trapezoidal



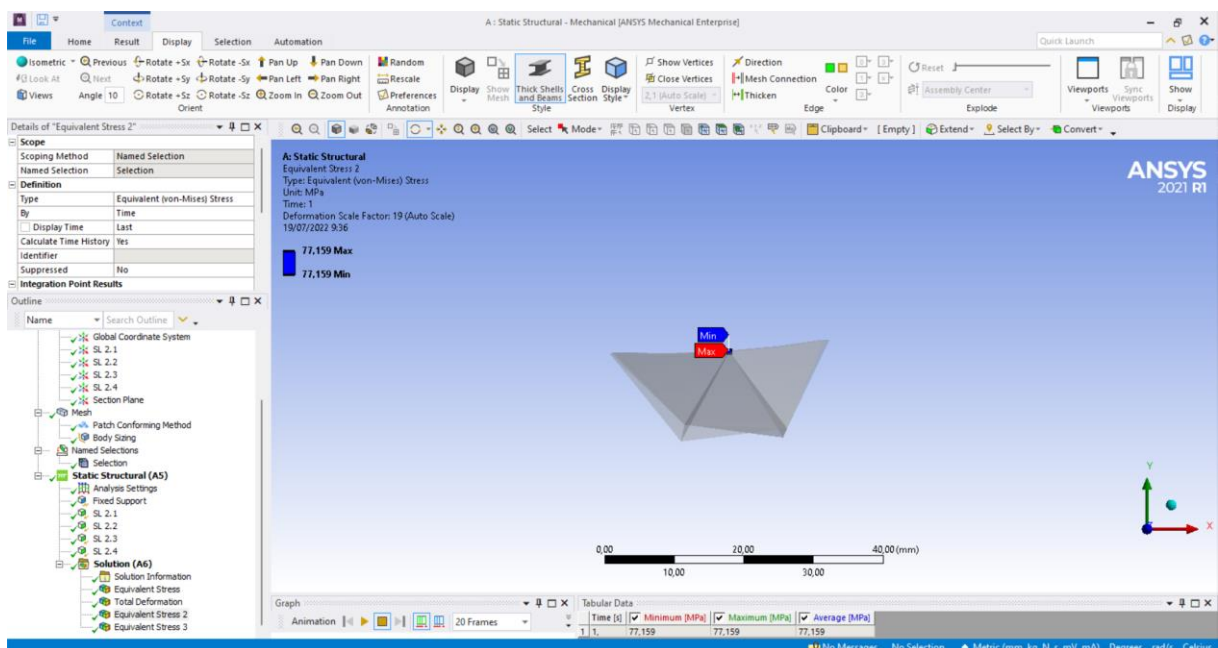
## Lampiran 8.20 Tegangan Geser Maksimum pada Model Crane Hook Penampang Trapezoidal



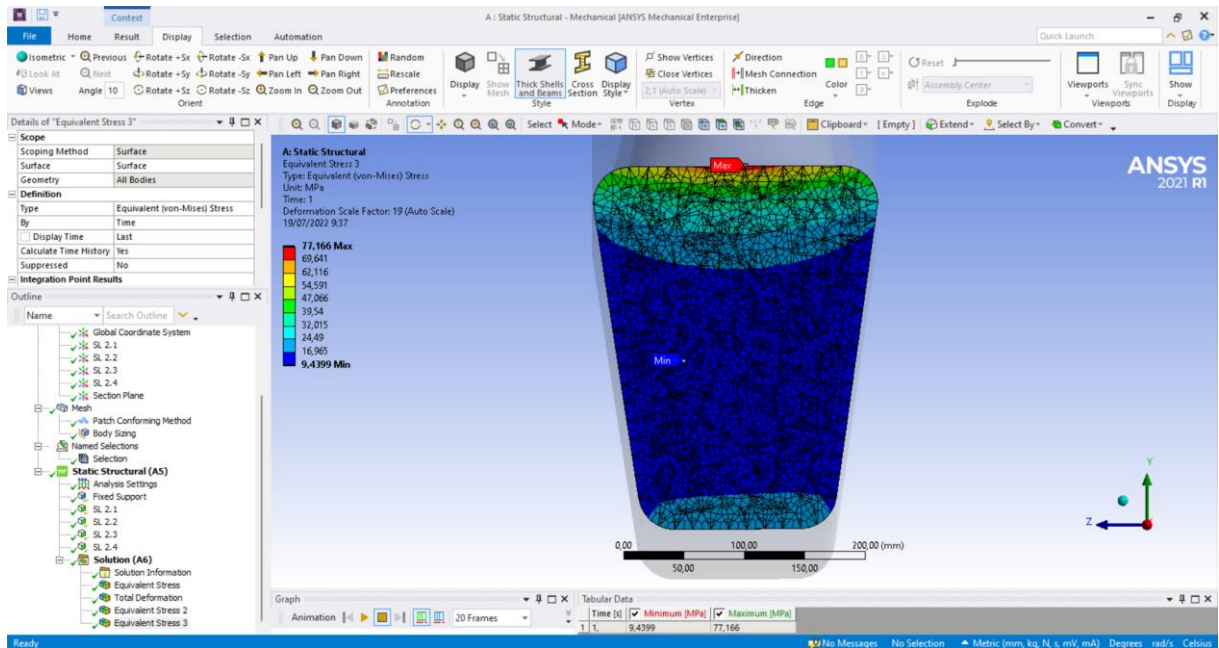
## Lampiran 8.21 Deformasi Total pada Model Crane Hook Penampang Trapezoidal



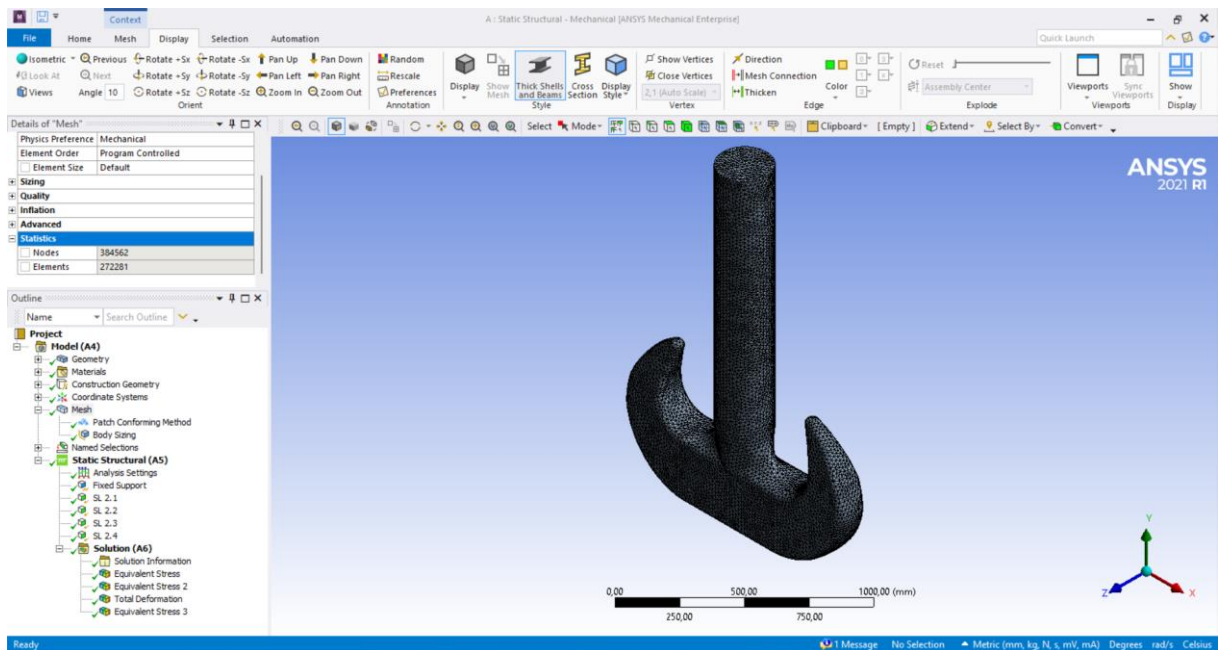
## Lampiran 8.21 Lokasi Titik Analisis Mesh Sensitivity pada Model Crane Hook Penampang Trapezoidal



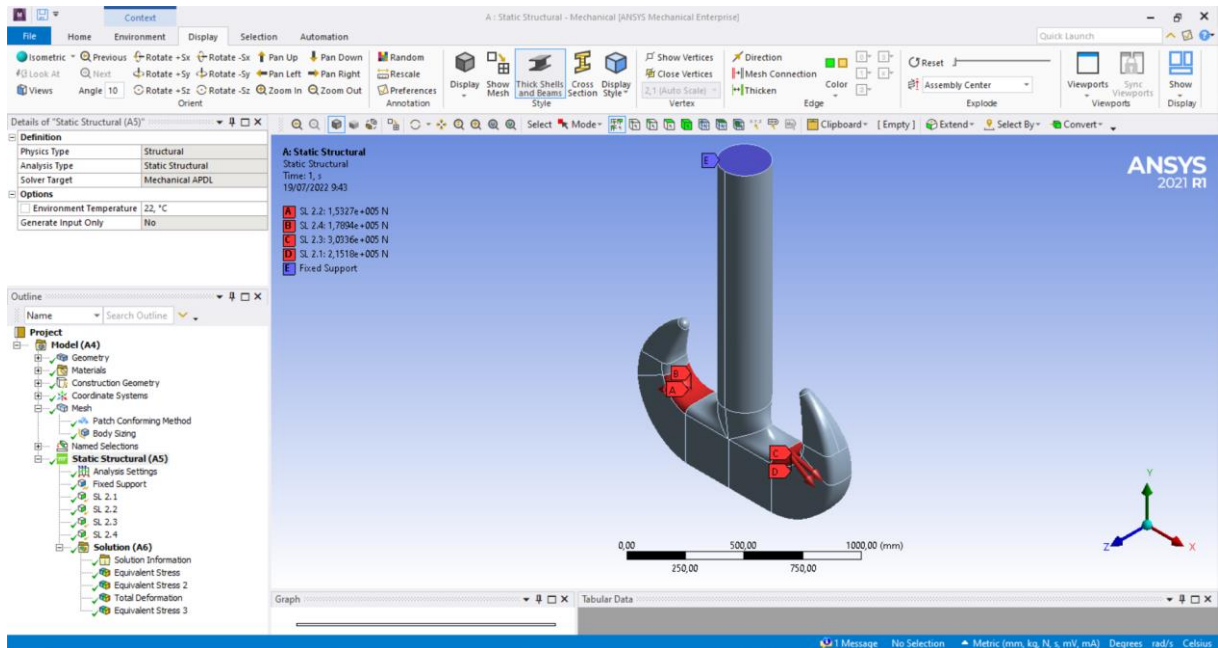
## Lampiran 8.22 Tegangan Von Mises Pada Potongan Model Crane Hook Penampang Trapezoidal



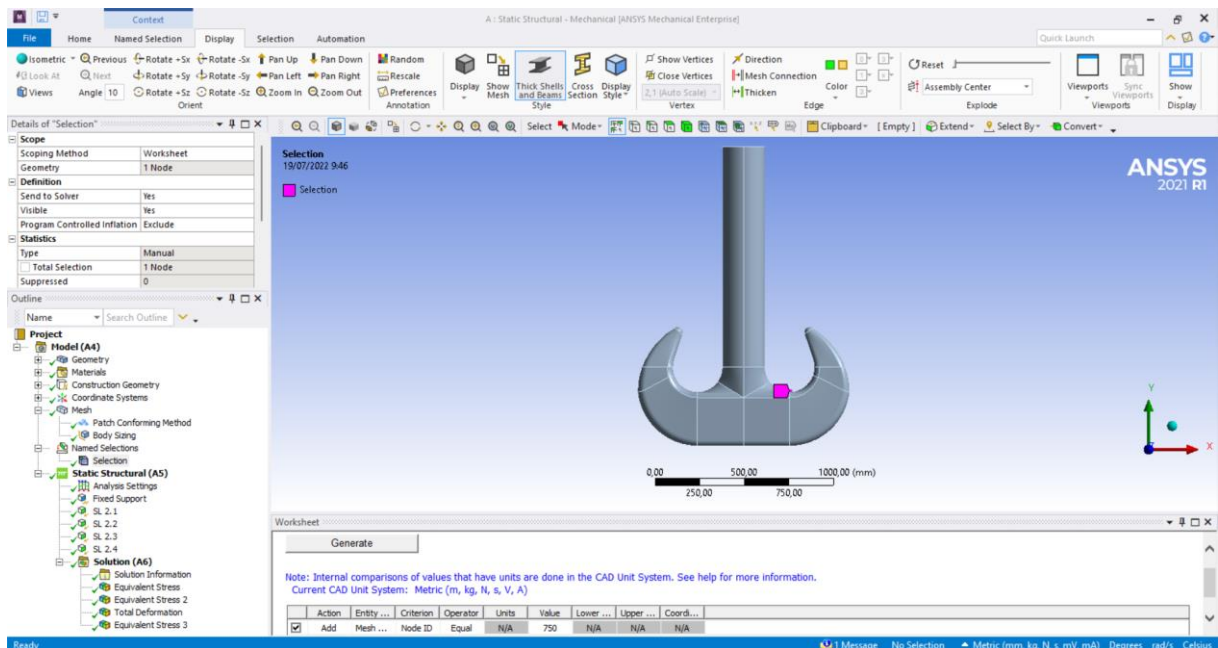
## Lampiran 8.23 Meshing Model Crane Hook Penampang Rectangular dengan Ukuran Mesh 16 mm



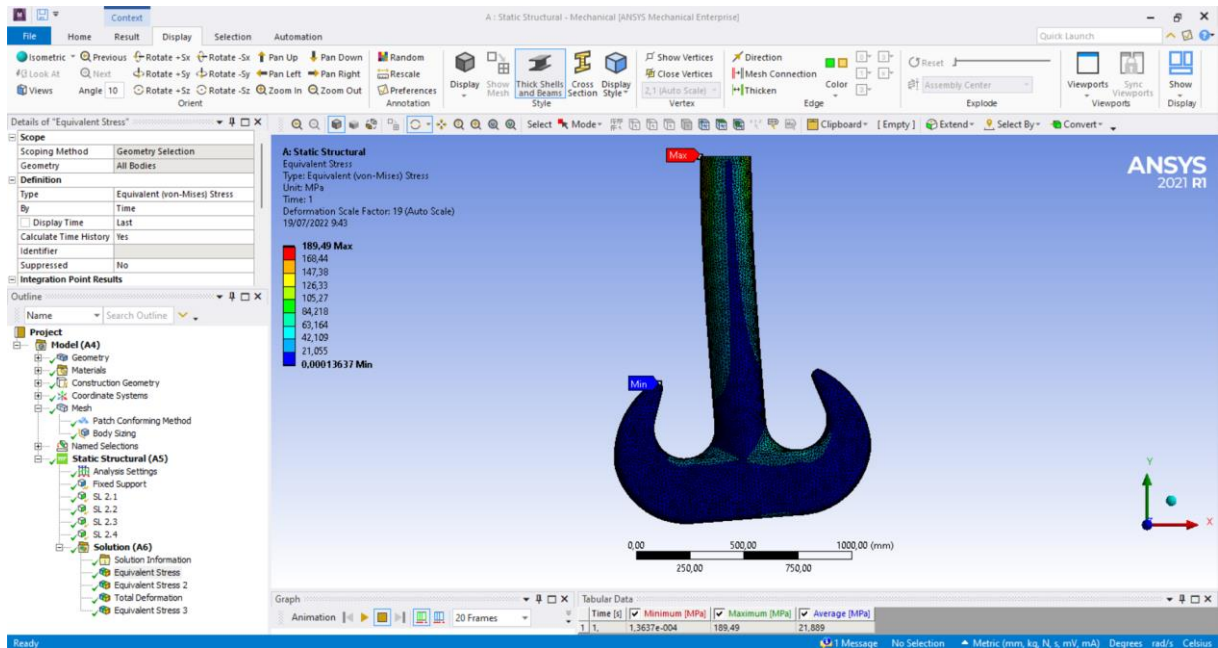
## Lampiran 8.24 Input Force dan Fixed Support pada Model Crane Hook dengan Penampang Rectangular



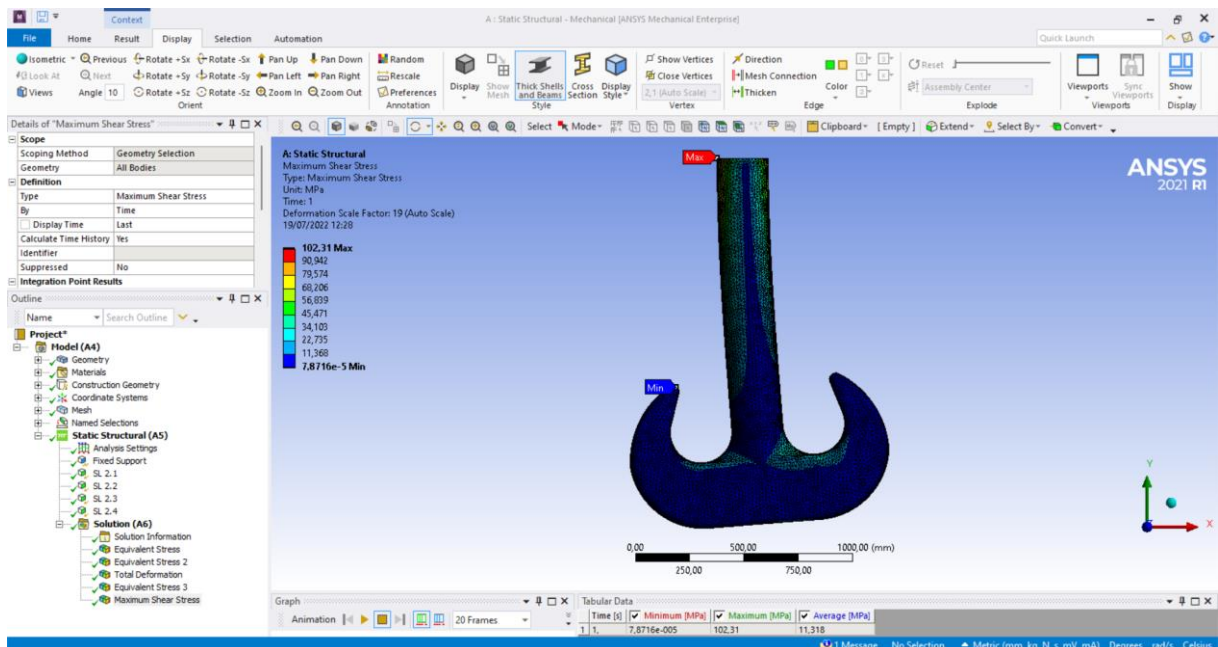
## Lampiran 8.25 Lokasi Titik Analisis Mesh Sensitivity pada Model Crane Hook Penampang Rectangular



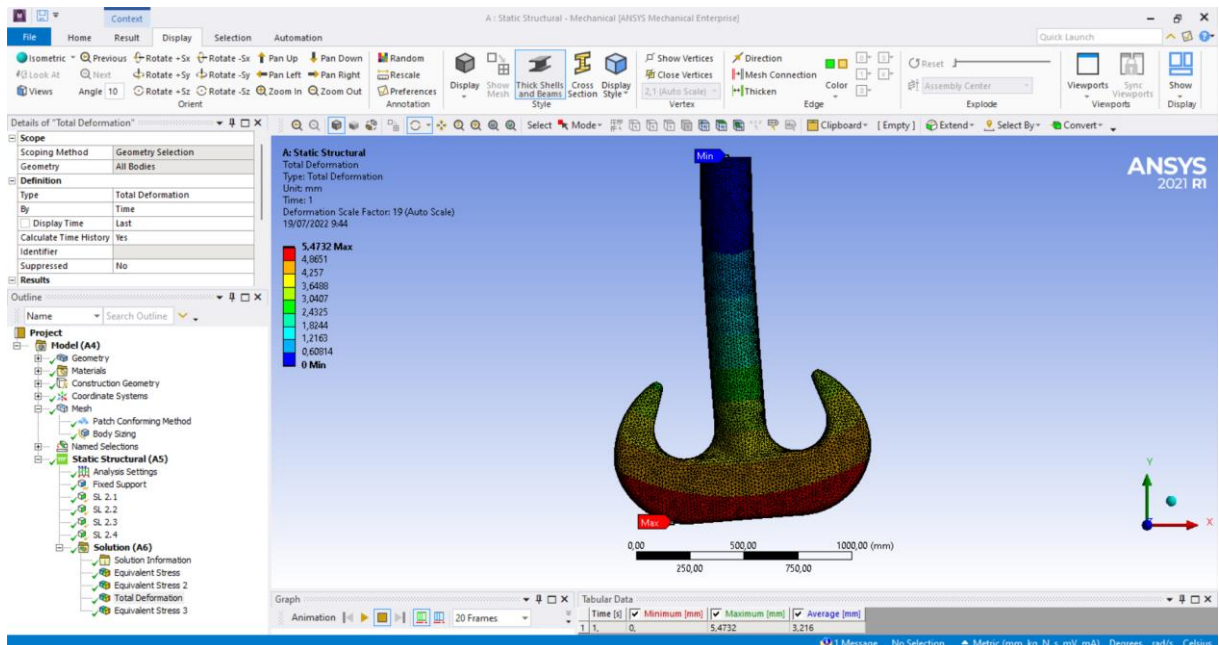
## Lampiran 8.26 Tegangan Von Mises Maksimum pada Model Crane Hook Penampang Rectangular



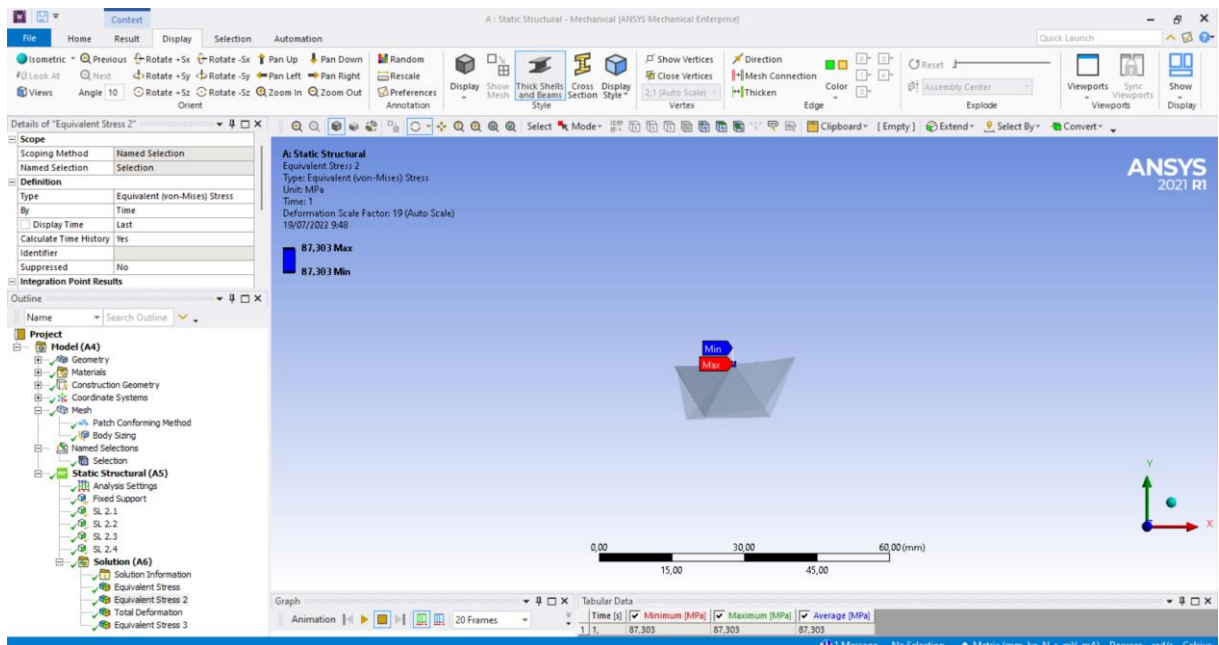
## Lampiran 8.27 Tegangan Geser Maksimum pada Model Crane Hook Penampang Rectangular



## Lampiran 8.28 Deformasi Total pada Model Crane Hook Penampang Rectangular

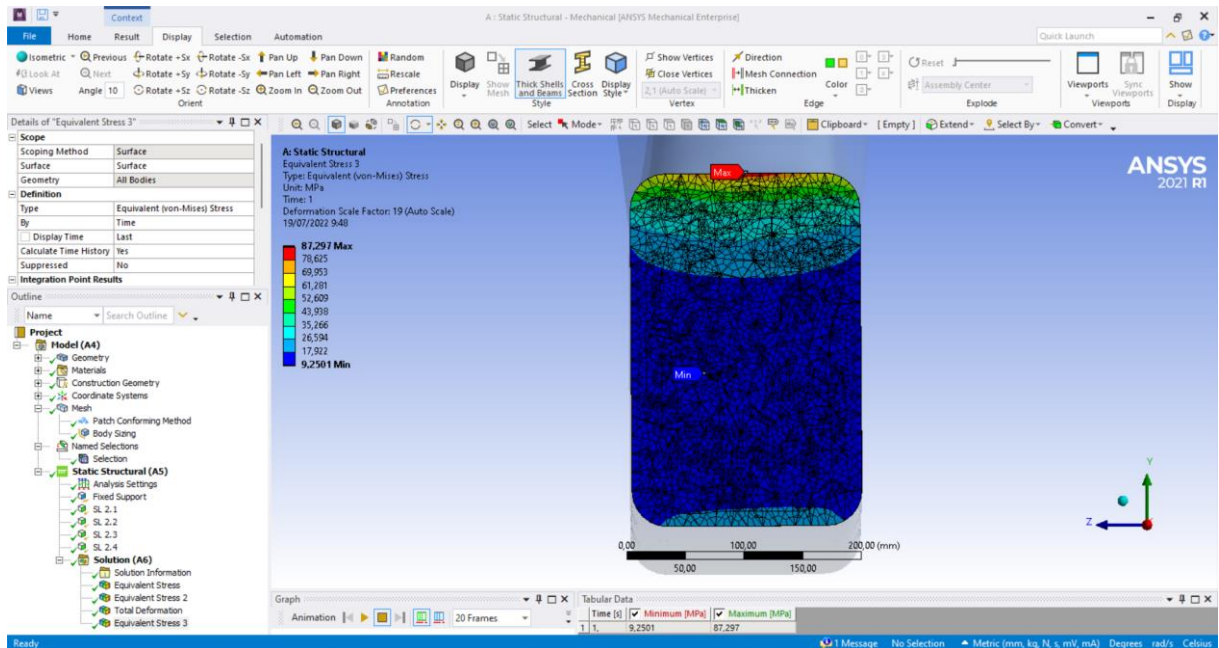


## Lampiran 8.29 Lokasi Titik Analisis Mesh Sensitivity pada Model Crane Hook Penampang Rectangular





## Lampiran 8.30 Tegangan Von Mises Pada Potongan Model Crane Hook Penampang Rectangular



## UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam pelaksanaan pengerjaan laporan Tugas Akhir ini, penulis telah mendapatkan dukungan dan batuan dari berbagai pihak baik saat mengerjakan laporan Tugas Akhir, sebelum mengerjakan laporan, saat mengerjakan laporan, serta setelah mengerjakan laporan. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Allah SWT atas rahmat serta hidayahnya penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini walau diterpa banyak cobaan dan halangan.
2. Kedua orangtua penulis yaitu Ibu Tentrem Sri Rahayu dan Bapak Mohamad Wahyudi serta kakak penulis yaitu Deliar Mahardika Candra yang selalu membantu dan mendukung semua kebutuhan penulis, baik itu dukungan moral maupun material.
3. Bapak Yoyok Setyo Hadiwidodo, S.T., M.T., Ph.D. selaku Dosen Wali dan Dosen Pembimbing I penulis yang dengan sabar telah membimbing dan mengarahkan penulis dalam menjalani perkuliahan dan saat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Ir. Handyanu, M.Sc., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing II penulis yang bersedia membantu dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Herman Pratikno, S.T., M.T., Ph.D. dan Bapak Nur Syahroni, S.T., M.T., Ph.D. selaku dosen penguji sidang tugas akhir yang memberikan kritik serta saran dalam penyempurnaan Laporan Tugas Akhir.
6. Sobat “Kontener Santuy” yang senantiasa menemani penulis saat mengerjakan Laporan Tugas Akhir.
7. Dulur “Kontrakan Crew” yang menemani penulis saat menjalankan dunia perkuliahan.
8. Teman-teman “REVASTRA” yang menjadi keluarga penulis saat menjalankan perkuliahan di Departemen Teknik Kelautan ITS.

## BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Radiktya Gilang Permana dilahirkan di Probolinggo pada 26 Februari 2000, merupakan anak kedua dari pasangan Mohamad Wahyudi dan Tentrem Sri Rahayu. Penulis telah menempuh pendidikan formal dimulai di SDN Bremsi 1 pada tahun 2005-2009 dilanjutkan di SDN Gending 1 pada tahun 2009-2012, melanjutkan ke SMPN 1 Kraksaan pada tahun 2012-2015, dan diakhiri di SMAN 1 Kraksaan hingga melanjutkan studi Strata 1 (S1) di Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Di Departemen Teknik Kelautan, penulis sempat aktif di berbagai organisasi, kepanitiaan dan kegiatan pelatihan. Penulis pernah menjadi bagian dari Himpunan Mahasiswa Teknik Kelautan (HIMATEKLA) ITS selama dua masa kepengurusan 2020 dan 2021. Selama dua periode kepengurusan di HIMATEKLA ITS, penulis pernah menjadi pengurus dari Departemen Keprofesian dan Keilmiahan serta *Offshore Oil Rig Club* (OORC). Penulis juga sempat menjadi finalis *Oil Rig Design Competition* (ORDC) yang diadakan Universitas Trisakti pada tahun 2019. Penulis memiliki pengalaman Kerja Praktik di PT. Gunanusa Utama Fabricators di divisi *Construction Engineer* selama dua bulan pada tahun 2021. Penulis mendapatkan inspirasi topik saat melaksanakan Kerja Praktik yang kemudian dikembangkan menjadi Tugas Akhir dengan judul “Analisis Kekuatan Struktur *Crane Hook* dengan Variasi Penampang Berdasarkan Konfigurasi *Rigging* Pada Proses *Lifting Upper Deck* Tahap *Stacking*”.

Ditetapkan di Surabaya

REKTOR INSTITUT TEKNOLOGI

SEPULUH NOPEMBER,

MOCHAMAD ASHARI

NIP 196510121990031003