



**TUGAS AKHIR (MO184804)**

***ANALISIS TEGANGAN LOKAL PADA SAMBUNGAN KRITIS JACKET  
MINIMALIS 3 KAKI***

**IRMA NOVIYANTI**

**NRP. 04311740000074**

**DOSEN PEMBIMBING**

**Dr.Eng. Rudi Walujo Prastianto, S.T., M.T.**

**Ir. Murdjito M.Sc.Eng**

**DEPARTEMEN TEKNIK KELAUTAN**

**FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN**

**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**

**SURABAYA**

**2021**



**FINAL PROJECT (MO184804)**

**LOCAL STRESS ANALYSIS AT CRITICAL JOINT IN 3 LEGGED  
MINIMALIST JACKET**

**IRMA NOVIYANTI**

**NRP. 04311740000074**

**SUPERVISORS**

**Dr.Eng. Rudi Walujo Prastianto, S.T., M.T.**

**Ir. Murdjito, M.Sc.Eng**

**OCEAN ENGINEERING DEPARTMENT  
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2021**

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**ANALISIS TEGANGAN LOKAL PADA SAMBUNGAN KRITIS JACKET**  
**MINIMALIS 3 KAKI**  
**TUGAS AKHIR**

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi S-1 Departemen Teknik Kelautan

Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**Irma Noviyanti**

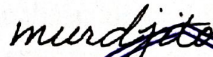
**NRP. 0431174000074**

Disetujui oleh :

1. Dr. Eng. Rudi Walujo Prastianto, S.T., M.T. (Pembimbing 1)



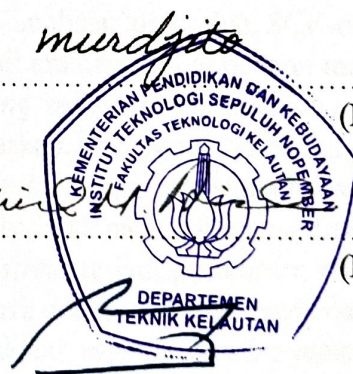
2. Ir. Murdjito, M.Sc.Eng (Pembimbing 2)




3. Prof. Daniel M. Rosyid, Ph.D, M.RINA (Penguji 1)



4. Ir. Imam Rochni, M.Sc (Penguji 2)



5. Dr. Eng. Yeyes Mulyadi, S.T., M.T. (Penguji 3)



**SURABAYA, FEBRUARI 2021**

## ANALISIS TEGANGAN LOKAL PADA SAMBUNGAN KRITIS JACKET MINIMALIS 3 KAKI

**Nama** : Irma Noviyanti  
**NRP** : 0431174000074  
**Departemen** : Teknik Kelautan ITS  
**Dosen Pembimbing** : Dr.Eng. Rudi Walujo Prastianto, S.T., M.T.  
Ir. Murdjito, M.Sc.Eng

### ABSTRAK

Seiring berlajannya waktu, proses eksplorasi migas yang sebelumnya bisa dilaksanakan pada medan yang mudah dijangkau, mulai berpindah pada area-area yang bersifat *remote* serta dengan kandungan *reservoir* sedikit sehingga umur produksi yang dimiliki relatif pendek. Lapangan migas dengan kriteria tersebut dinamakan lapangan marjinal. Dalam pengembangan lapangan marjinal, perlu perencanaan strategis agar proses produksi tetap dapat menghasilkan keuntungan. Dalam rangka meningkatkan *rate of return* (ROR) dari pengembangan lapangan marjinal, salah satunya adalah dengan memodifikasi anjungan produksi seperti *jacket*. Modifikasi *jacket* berdampak pada menurunnya biaya konstruksi maupun instalasi sehingga persentasi ROR yang direncanakan dapat dicapai. Studi mengenai *jacket* modifikasi atau minimalis ini sebelumnya telah dilakukan oleh Giffary (2020). Dalam studi tersebut, dilakukan perbandingan umur kelelahan antara *jacket* konvensional dengan *jacket* minimalis. Dari hasil analisis, disimpulkan bahwa umur kelelahan *jacket* minimalis jauh lebih rendah dari *jacket* modifikasi. Namun, nilai SCF serta umur kelelahan ini didapat dari analisis global. Oleh karena itu, pada Tugas Akhir ini akan dilakukan analisis lokal untuk mendapatkan distribusi tegangan serta SCF pada sambungan kritis. Dari proses analisis, diperoleh SCF dari analisis lokal nilainya lebih besar 320% dibandingkan dari hasil analisis global dengan masing-masing tipe pembebanan berupa gaya aksial, *inplane bending moment*, dan *outplane bending moment*. Untuk distribusi tegangan yang terjadi, berdasarkan tipe pembebanan gaya aksial, *hotspot stress* terjadi pada brace 3 dan terletak pada *crown toe*. Pada tipe pembebanan *inplane bending moment*, *hotspot stress* terjadi pada brace 6 yang terletak pada *crown toe*. Sedangkan pada tipe pembebanan *outplane bending moment*, *hotspot stress* terjadi pada brace 4 yang terletak pada *crown heel*. Selanjutnya, dilakukan studi parametrik dengan variasi parameter non dimensional sambungan tubular pada tipe pembebanan gaya aksial, *inplane bending moment*, dan *outplane bending moment*. Diperoleh hasil yang menunjukkan bahwa semakin tinggi parameter  $\beta$ , *hotspot stress* yang terjadi akan turun. Sebaliknya, semakin tinggi parameter  $\tau$ , *hotspot stress* yang terjadi akan semakin tinggi pula.

**Kata kunci** : *jacket* minimalis, sambungan kritis, tegangan lokal, SCF, *hotspot stress*.

## LOCAL STRESS ANALYSIS AT CRITICAL JOINT IN 3 LEGGED MINIMALIST JACKET

**Name** : Irma Noviyanti  
**Student ID** : 0431174000074  
**Departement** : Teknik Kelautan ITS  
**Supervisors** : Dr.Eng. Rudi Walujo Prastianto, S.T., M.T.  
Ir. Murdjito, M.Sc.Eng

### ABSTRACT

As time goes by, the process of oil and gas exploration which previously conducted in the accessible area is slowly moving to the area which stated as remote. This kind of field only hold a small amount of reservoir which makes the production period occurs in a short way. Oil and gas field which hold those criterias is defined as marginal field. The development itself requires some strategic plannings in order to still generates profit over its production process. To increase the rate of return (ROR) value from the marginal field development, on of the strategy is to modify the production platform such as jacket. Modification in jacket will give affects in the reduction cost on both fabrication and installation phase. The study of modified or minimalist jacket has been taken before by Giffary (2020). In those study, a comparison of the fatigue life between conventional and minimalist jackets was carried out. From the analysis, it was concluded that the fatigue life of the minimalist jacket is much lower than that of the minimalist jacket. However, the SCF value and fatigue life were obtained from global analysis. Therefore, in this final project, a local analysis will be carried out to obtain the stress distribution and SCF at the critical connection. From the analysis process, the SCF value obtained from the local analysis is 320% greater compared to the results of the global analysis with types of loading consists of axial force, inplane bending moment, and outplane bending moment. For the stress distribution occurred, based on the axial force loading type, the hotspot stress occurs at brace 3 and is located at the crown toe. In the inplane bending moment loading type, hotspot stress occurs in brace 6 which is located at the crown toe. Whereas in the outplane bending moment loading type, hotspot stress occurs at brace 4 which is located on the crown heel. Furthermore, a parametric study was also performed with variations in the non-dimensional parameters of tubular joints in the type of axial force loading, inplane bending moment and outplane bending moment. The results show that the higher the  $\beta$  parameter, the hotspot stress that occurs will decrease. On the other hand, the higher the  $\tau$  parameter, the higher the hotspot stress will occurs.

**Kata kunci** : minimalist jacket, critical joint, local stress, SCF, hotspot stress.

## KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Tuhan Yang Maha Esa, karena atas limpahan karunianya, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik dan sesuai dengan waktu yang direncanakan.

Tugas akhir ini disusun sebagai persyaratan mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada prodi S-1 Teknik Kelautan, FTK ITS. Tugas akhir ini berjudul “**Analisis Tegangan Lokal Pada Sambungan Kritis Jacket Minimalis 3 Kaki**”. Dalam tugas akhir ini, penulis mengulas distribusi tegangan, SCF, serta hotspot stress yang terjadi pada sambungan kritis. Objek penelitian pada tugas akhir ini mengambil anjungan lepas pantai terpancang jacket dengan tipe anjungan modifikasi.

Dalam penyusunan tugas akhir ini, terdapat kemungkinan adanya kesalahan yang ditemui oleh pembaca. Oleh sebab itu, penulis terbuka terhadap kritik serta saran agar menjadi lebih baik kedepannya. Penulis juga berharap bahwa tugas akhir ini memberikan manfaat kepada pembaca.

Surabaya, 31 Januari 2021

Irma Noviyanti

## UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas rahmatnya saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik. Selanjutnya, saya menyadari bahwa dalam tersusunnya tugas akhir ini bukan berkat kemampuan diri sendiri, melainkan dengan dukungan banyak pihak. Oleh sebab itu, disini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih, terkhusus kepada :

1. Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan karunianya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan baik.
2. Kedua orang tua atas dukungan moral dan material yang tiada henti.
3. Bapak Dr.Eng Rudi Walujo Prastianto, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing I yang selalu sabar dan *insightful* dalam memberikan masukan kepada penulis.
4. Bapak Ir. Murdjito, M.Sc.Eng selaku dosen wali serta dosen pembimbing II akan masukan dan *encouragement* yang selalu diberikan.
5. Navramerta P-57 L-35. It's such a great years being part of this society.
6. Seluruh teman-teman yang telah memberikan banyak masukan, saran, serta semangat kepada penulis.
7. Mr. Cyprien Rusu that gives a lot of insight on how to perform local analysis using open source software

Dan banyak pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu-persatu. Semoga seluruh dukungan yang diberikan kepada penulis akan menjadi kebaikan bagi pihak-pihak terkait di kemudian hari.

Surabaya, 31 Januari 2021

Irma Noviyanti

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	1
ABSTRAK	2
ABSTRACT	3
KATA PENGANTAR	4
UCAPAN TERIMA KASIH	5
DAFTAR ISI	6
DAFTAR GAMBAR	8
DAFTAR TABEL	12
BAB I PENDAHULUAN	14
1.1 Latar Belakang Permasalahan .....	14
1.2 Perumusan Masalah .....	15
1.3 Tujuan.....	15
1.4 Manfaat.....	16
1.5 Batasan Masalah .....	16
1.6 Sistematika Penulisan.....	16
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	18
2.1 Tinjauan Pustaka .....	18
2.2 Dasar Teori.....	21
2.2.1. Anjungan <i>Jacket</i>	21
2.2.2. <i>Jacket</i> Minimalis	22
2.2.3. Marginal Field	24
2.2.4. Sambungan Tubular	24
2.2.5. Stress Concentration Factor (SCF)	27
2.2.6. Teori Pembebanan	27
2.2.7. Tegangan Aksial ( <i>Axial Stress</i> )	27
2.2.8. Momen Lentur ( <i>Bending Moment</i> )	33
2.2.9. Metode Elemen Hingga	34
2.2.10. Tegangan Von Mises	36
BAB III METODE PENELITIAN	38
3.1 Diagram Alir Penelitian .....	38
3.2 Metodologi Penelitian .....	39
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN	51
4.1 Pemodelan Jacket .....	51



4.2 Validasi Pemodelan.....	53
4.3 Analisis Pembebanan Struktur.....	54
4.4 Analisis Inplace .....	59
4.5 Penentuan Sambungan Kritis.....	61
4.6 Pemodelan Sambungan Kritis .....	63
4.7 Analisis Meshing Sensitivity .....	64
4.8 Analisis Distribusi Tegangan Lokal .....	66
4.8.1. Analisis Distribusi Tegangan Lokal Akibat Tipe Pembebanan Gaya Aksial	66
4.8.2. Analisis Distribusi Tegangan Akibat Pembebanan Inplane Bending Moment (IPB)	73
4.8.3. Analisis Distribusi Tegangan Akibat Pembebanan Outplane Bending Moment (OPB)	80
4.9 Penentuan SCF.....	87
4.9.1. SCF Akibat Pembebanan Aksial	87
4.9.2. SCF Akibat Pembebanan Inplane Bending Moment	89
4.9.3. SCF Akibat Pembebanan Outplane Bending Moment	91
4.10Komparasi SCF Dari Hasil Analisis Global dan Analisis Lokal .....	92
4.11Studi Parametrik.....	93
4.11.1. Studi Parametrik Dengan Variasi $\gamma$	95
4.11.2. Studi Parametrik Dengan Variasi $\beta$	96
4.11.3. Studi Parametrik Dengan Variasi $\tau$	97
<b>BAB V KESIMPULAN</b>	99
5.1 Kesimpulan.....	99
5.2 Saran .....	99
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	101
<b>LAMPIRAN A SEASTATE INPUT MODEL SACS</b>	103
<b>LAMPIRAN B INPLACE ANALYSIS OUTPUT</b>	117
<b>LAMPIRAN C PEMODELAN SAMBUNGAN KRITIS</b>	133
<b>LAMPIRAN D INPUT SALOME MECA</b>	136
<b>LAMPIRAN E TABEL DISTRIBUSI TEGANGAN LOKAL</b>	147

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Contoh Struktur Jacket Minimalis .....	18
Gambar 2. 2 Perbandingan CosMOS dengan Jacket Konvensional.....	19
Gambar 2. 3 Bagian-Bagian Anjungan Jacket.....	21
Gambar 2. 4 Jacket Minimalis CoSMOS .....	23
Gambar 2. 5 Tipe Sambungan Tubular .....	25
Gambar 2. 6 Rincian Sambungan (In-Plane).....	26
Gambar 2. 7 Parameter Geometri Sambungan Tubular .....	26
Gambar 2. 8 Pemodelan Arus ( <i>slab</i> ) .....	29
Gambar 2. 9 Pemodelan Arus ( <i>shear</i> ) .....	29
Gambar 2. 10 Tegangan Aksial .....	31
Gambar 2. 11 Pembebanan Pada Sambungan Tubular.....	33
Gambar 2. 12 <i>Descretization</i> Pada Metode Elemen Hingga.....	35
Gambar 3. 1 Struktur Jacket Minimalis.....	40
Gambar 3. 2 COG Struktur <i>Jacket</i> Minimalis .....	41
Gambar 4. 1 Jacket Minimalis Row B1-A .....	52
Gambar 4. 2 Jacket Minimalis Row 1-2 .....	52
Gambar 4. 3 Jakcet Minimalis Row B2-A .....	53
Gambar 4. 4 Penentuan $T_{app}/T$ Kondisi Operasi.....	55
Gambar 4. 5 Penentuan $T_{app}/T$ Kondisi Badai.....	56
Gambar 4. 6 Arah Pembebanan Struktur Jacket.....	59
Gambar 4. 7 Hasil Visualisasi Analisis Inplace .....	60
Gambar 4. 8 Sambungan Kritis Jacket Minimalis.....	61
Gambar 4. 9 Hasil Pemodelan Sambungan Kritis (Tampak Samping).....	63
Gambar 4. 10 Hasil Pemodelan Sambungan Kritis (Tampak Atas).....	63
Gambar 4. 11 Detail Sambungan.....	63
Gambar 4. 12 Probe Stress Meshing Sensitivity .....	64
Gambar 4. 13 Grafik Meshing Sensitivity.....	65

Gambar 4. 14 Lokasi Tinjauan Distribusi Tegangan.....	66
Gambar 4. 15 Boundary Condition Analisis Distribusi Tegangan Akibat Tipe Pembebanan Gaya Aksial .....	66
Gambar 4. 16 Pembagian Lokasi Tinjauan Distribusi Tegangan Pada Brace 1 .....	67
Gambar 4. 17 Grafik Distribusi Tegangan Akibat Pembebanan Gaya Aksial Pada Brace 1 ..	67
Gambar 4. 18 Pembagian Lokasi Tinjauan Distribusi Tegangan Pada Brace 2.....	68
Gambar 4. 19 Grafik Distribusi Tegangan Akibat Pembebanan Gaya Aksial Pada Brace 2 ..	68
Gambar 4. 20 Pembagian Lokasi Tinjauan Distribusi Tegangan Pada Brace 3.....	69
Gambar 4. 21 Grafik Distribusi Tegangan Akibat Pembebanan Gaya Aksial Pada Brace 3 ..	69
Gambar 4. 22 Pembagian Lokasi Tinjauan Distribusi Tegangan Pada Brace 4.....	70
Gambar 4. 23 Grafik Distribusi Tegangan Akibat Pembebanan Gaya Aksial Pada Brace 4 ..	70
Gambar 4. 24 Pembagian Lokasi Tinjauan Distribusi Tegangan Pada Brace 5.....	71
Gambar 4. 25 Grafik Distribusi Tegangan Akibat Pembebanan Gaya Aksial Pada Brace 5 ..	71
Gambar 4. 26 Pembagian Lokasi Tinjauan Distribusi Tegangan Pada Brace 6.....	72
Gambar 4. 27 Grafik Distribusi Tegangan Akibat Pembebanan Gaya Aksial Pada Brace 6 ..	72
Gambar 4. 28 Boundary Condition Analisis Distribusi Tegangan Akibat Pembebanan Inplane Bending Moment .....	73
Gambar 4. 29 Pembagian Lokasi Tinjauan Distribusi Tegangan Pada Brace 1 .....	74
Gambar 4. 30 Grafik Distribusi Tegangan Akibat Pembebanan Inplane Bending Moment Pada Brace 1 .....	74
Gambar 4. 31 Pembagian Lokasi Tinjauan Distribusi Tegangan Pada Brace 2.....	75
Gambar 4. 32 Grafik Distribusi Tegangan Akibat Pembebanan Inplane Bending Moment Pada Brace 2 .....	75
Gambar 4. 33 Pembagian Lokasi Tinjauan Distribusi Tegangan Pada Brace 3.....	76
Gambar 4. 34 Grafik Distribusi Tegangan Akibat Pembebanan Inplane Bending Moment Pada Brace 3 .....	76
Gambar 4. 35 Pembagian Lokasi Tinjauan Distribusi Tegangan Pada Brace 4.....	77
Gambar 4. 36 Grafik Distribusi Tegangan Akibat Pembebanan Inplane Bending Moment Pada Brace 4 .....	77
Gambar 4. 37 Pembagian Lokasi Tinjauan Distribusi Tegangan Pada Brace 5.....	78
Gambar 4. 38 Grafik Distribusi Tegangan Akibat Pembebanan Inplane Bending Moment Pada Brace 5 .....	78
Gambar 4. 39 Pembagian Lokasi Tinjauan Distribusi Tegangan Pada Brace 6.....	79

Gambar 4. 40 Grafik Distribusi Tegangan Akibat Pembebanan Inplane Bending Moment Pada Brace 6 .....	79
Gambar 4. 41 Boundary Condition Analisis Distribusi Tegangan Akibat Pembebanan Outplane Bending Moment .....	80
Gambar 4. 42 Pembagian Lokasi Tinjauan Distribusi Tegangan Pada Brace 1 .....	81
Gambar 4. 43 Grafik Distribusi Tegangan Akibat Pembebanan Outplane Bending Moment Pada Brace 1 .....	81
Gambar 4. 44 Pembagian Lokasi Tinjauan Distribusi Tegangan Pada Brace 2.....	82
Gambar 4. 45 Grafik Distribusi Tegangan Akibat Pembebanan Outplane Bending Moment Pada Brace 2.....	82
Gambar 4. 46 Pembagian Lokasi Tinjauan Distribusi Tegangan Pada Brace 3.....	83
Gambar 4. 47 Grafik Distribusi Tegangan Akibat Pembebanan Outplane Bending Moment Pada Brace 3 .....	83
Gambar 4. 48 Pembagian Lokasi Tinjauan Distribusi Tegangan Pada Brace 4.....	84
Gambar 4. 49 Grafik Distribusi Tegangan Akibat Pembebanan Outplane Bending Moment Pada Brace 4 .....	84
Gambar 4. 50 Pembagian Lokasi Tinjauan Distribusi Tegangan Pada Brace 5.....	85
Gambar 4. 51 Grafik Distribusi Tegangan Akibat Pembebanan Outplane Bending Moment Pada Brace 5 .....	85
Gambar 4. 52 Pembagian Lokasi Tinjauan Distribusi Tegangan Pada Brace 6.....	86
Gambar 4. 53 Grafik Distribusi Tegangan Akibat Pembebanan Outplane Bending Moment Pada Brace 6 .....	86
Gambar 4. 54 Grafik Distribusi Tegangan Sepanjang Weld Toe Pada Chord Akibat Pembebanan Gaya Aksial.....	87
Gambar 4. 55 Grafik Distribusi Tegangan Sepanjang Weld Toe Pada Brace Akibat Pembebanan Gaya Aksial.....	88
Gambar 4. 56 Grafik Distribusi Tegangan Sepanjang Weld Toe Pada Chord Akibat Pembebanan Inplane Bending Moment.....	89
Gambar 4. 57 Grafik Distribusi Tegangan Sepanjang Weld Toe Pada Brace Akibat Pembebanan Inplane Bending Moment.....	90
Gambar 4. 58 Grafik Distribusi Tegangan Sepanjang Weld Toe Pada Chord Akibat Pembebanan Outplane Bending Moment.....	91

Gambar 4. 59 Grafik Distribusi Tegangan Sepanjang Weld Toe Pada Brace Akibat Pembebanan Outplane Bending Moment .....	92
Gambar 4. 60 Grafik Hotspot Stress Dengan Variasi Parameter $\beta$ .....	97
Gambar 4. 61 Grafik Hotspot Stress Dengan Variasi Parameter $\tau$ .....	98

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbandingan Biaya dan Penjadwalan CoSMOS dan Jacket Konvensional .....	23
Tabel 3. 1 Data Arus .....	42
Tabel 3. 2 Data Gelombang 1 Tahunan dan 100 Tahunan .....	42
Tabel 4. 1 Validasi Pemodelan Jacket Minimalis .....	53
Tabel 4. 2 Penentuan $T_{app}$ Tiap Arah Pembebanan Kondisi Operasi .....	55
Tabel 4. 3 Penentuan Teori Gelombang Kondisi Operasi .....	56
Tabel 4. 4 Penentuan $T_{app}$ Tiap Arah Pembebanan Pada Kondisi Badai .....	57
Tabel 4. 5 Penentuan Teori Gelombang Pada Kondisi Badai .....	57
Tabel 4. 6 Beban Kombinasi Pada Kondisi Operasi .....	58
Tabel 4. 7 Beban Kombinasi Pada Kondisi Badai .....	58
Tabel 4. 8 Structural Integrity Check .....	60
Tabel 4. 9 Pembebanan Pada Sambungan Kritis .....	61
Tabel 4. 10 Geometri Setiap Elemen Pada Sambungan Kritis .....	62
Tabel 4. 11 Output Tegangan Meshing Sensitivity .....	65
Tabel 4. 12 Tabel Nilai SCF Tiap Brace .....	87
Tabel 4. 13 Tabel Nilai SCF Tiap Brace .....	88
Tabel 4. 14 Tabel Nilai SCF Tiap Brace .....	89
Tabel 4. 15 Tabel Nilai SCF Tiap Brace .....	90
Tabel 4. 16 Tabel Nilai SCF Tiap Brace .....	91
Tabel 4. 17 Tabel Nilai SCF Tiap Brace .....	92
Tabel 4. 18 Tabel Komparasi Nilai SCF Hasil Analisis Global dan Lokal .....	93
Tabel 4. 19 Tabel Rasio Hotspot Stress Pada Weld Toe Chord dengan Allowable Stress Akibat Pembebanan Gaya Aksial .....	93
Tabel 4. 20 Tabel Rasio Hotspot Stress Pada Weld Toe Brace dengan Allowable Stress Akibat Pembebanan Gaya Aksial .....	94
Tabel 4. 21 Tabel Rasio Hotspot Stress Pada Weld Toe Chord dengan Allowable Stress Akibat Pembebanan Inplane Bending Moment .....	94
Tabel 4. 22 Tabel Rasio Hotspot Stress Pada Weld Toe Brace dengan Allowable Stress Akibat Pembebanan Inplane Bending Moment .....	94

Tabel 4. 23 Tabel Rasio Hotspot Stress Pada Weld Toe Chord dengan Allowable Stress Akibat Pembebanan Outplane Bending Moment .....	94
Tabel 4. 24 Tabel Rasio Hotspot Stress Pada Weld Toe Brace dengan Allowable Stress Akibat Pembebanan Outplane Bending Moment .....	95
Tabel 4. 25 Tabel Perhitungan Parameter $\gamma$ .....	95
Tabel 4. 26 Tabel Perhitungan Parameter $\beta$ .....	96
Tabel 4. 27 Tabel Perhitungan Variasi Parameter $\beta$ .....	96
Tabel 4. 28 Tabel Perhitungan Nilai $\tau$ .....	97
Tabel 4. 29 Tabel Perhitungan Variasi Parameter $\tau$ .....	98

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Permasalahan

Pada tahun 1859 dilakukan pemboran sumur minyak bumi pertama di dunia oleh Colonel Edwin Drake yang terletak di bagian utara Pennsylvania. Sumur ini kemudian diberi nama *Drake Well* dengan kedalaman sumur 50 m dan produksi harian 4000 barrel (Devold, 2008). Sejak keberhasilan produksi minyak tersebut, perkembangan produksi minyak bumi berkembang pesat. Hingga tahun 1968 atau sembilan tahun setelahnya, tercatat bahwa dunia telah menggunakan 32 miliar meter kubik minyak bumi sebagai sumber energi. Di Indonesia sendiri, Satuan Kerja Khusus Pelaksana Kegiatan Usaha Hulu Minyak dan Gas Bumi (SKK Migas) mencatat realisasi produk siap jual (*lifting*) migas hingga Desember 2019 mencapai 1.8 juta *boepd* dan menyumbang pada pendapatan negara sebesar US\$ 14.6 miliar.

Unit pemboran merupakan salah satu fasilitas yang menunjang kegiatan eksplorasi maupun eksploitasi minyak bumi. Seiring berjalannya waktu, banyak inovasi yang dihasilkan dalam rangka memenuhi kebutuhan migas yang dituntut untuk terus meningkat setiap harinya. Salah satunya adalah kegiatan produksi lepas pantai. Di perairan Indonesia, banyak dimanfaatkan anjungan terpancang untuk proses eksplorasi maupun produksi migas pada perairan dangkal. Salah satu anjungan terpancang yang banyak digunakan di Indonesia adalah anjungan *jacket*.

Berbagai inovasi dalam proses produksi migas terus dilakukan dengan tujuan untuk memperkecil biaya produksi dan memperbesar keuntungan. Salah satunya adalah dengan membuat modifikasi pada konfigurasi struktur *jacket* konvensional menjadi lebih minimalis. Struktur *jacket* minimalis ini diharapkan dapat bekerja dengan performa yang lebih baik atau setidaknya sama dengan *jacket* konvensional namun dengan biaya produksi yang lebih rendah. Dalam hal ini, biaya produksi menjadi pertimbangan besar terutama jika struktur ditempatkan pada lapangan dengan cadangan minyak yang sedikit atau jangka waktu eksploitasi yang pendek.

Dalam memodifikasi suatu struktur, konsiderasi biaya tidak dapat menjadi satu-satunya parameter yang dipertimbangkan. Hasil modifikasi juga harus tetap memenuhi batas-batas kriteria desain yang telah ditentukan dalam aturan yang telah ditetapkan seperti *rules* atau *codes*. Beberapa batas kriteria desain antara lain *Ultimate Limit State* (ULS), *Accidental Limit*



*State* (ALS), dan *Fatigue Limit State* (FLS). Batas kriteria ini dibedakan oleh besarnya resistensi struktur dalam menahan jenis pembebanan yang diterima.

Dalam proses operasi sendiri, struktur *jacket* yang tersusun atas sambungan-sambungan tubular akan menerima beban lingkungan yang bersifat siklik. Beban siklik inilah yang akan mengakibatkan sambungan tubular menerima gaya-gaya seperti gaya aksial, gaya geser, dan momen in-plane & out-plane yang dapat mengurangi kekutan struktur. Studi terkait *jacket* minimalis telah dilakukan oleh Giffary (2020). Dalam penelitiannya, dilakukan perbandingan umur kelelahan *jacket* 3 kaki minimalis dan konvensional. Salah satu konklusi yang dihasilkan dalam analisis tersebut yaitu umur kelelahan sambungan kritis pada *jacket* minimalis jauh lebih rendah dibanding *jacket* konvensional. Tegangan yang dipakai dalam tugas akhir tersebut merupakan tegangan hasil dari analisis global. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis lebih lanjut berupa analisis lokal dalam menentukan umur kelelahan dikarenakan tegangan yang dihasilkan dari analisis lokal hasilnya akan lebih besar. Oleh karena itu, dalam tugas akhir ini, akan dianalisis mengenai distribusi tegangan lokal pada sambungan kritis *jacket* minimalis.

## 1.2 Perumusan Masalah

Adapun perumusan masalah dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana perbandingan antara SCF dari hasil analisis global dengan analisis lokal?
2. Bagaimana distribusi tegangan yang terdapat pada sambungan kritis *jacket* minimalis 3 kaki dengan variasi kondisi pembebanan berupa gaya aksial, inplane bending moment, dan outplane bending moment?
3. Bagaimana pengaruh parameter tubular  $\beta$ ,  $\tau$ , dan  $\gamma$  terhadap hotspot stress yang dihasilkan?

## 1.3 Tujuan

Tugas akhir ini memiliki tujuan sebagai berikut.

1. Mengetahui perbandingan antara SCF pada sambungan kritis hasil analisis global dengan analisis lokal.
2. Menentukan distribusi tegangan pada sambungan kritis akibat variasi kondisi pembebanan berupa gaya aksial, inplane bending moment, dan outplane bending moment.

3. Mengetahui pengaruh parameter tubular  $\beta$ ,  $\tau$ , dan  $\gamma$  dengan hotspot stress yang dihasilkan.

#### **1.4 Manfaat**

Tugas akhir ini diharapkan dapat bermanfaat untuk penelitian selanjutnya terutama dalam lingkup analisis lokal sambungan pada *jacket*. Analisis yang dilakukan dalam tugas akhir ini dapat menjadi referensi untuk menentukan sambungan-sambungan kritis pada struktur *jacket*. Lebih jauh lagi, analisis lokal juga dilakukan untuk menentukan tegangan akibat variasi pembebanan yang diberikan.

#### **1.5 Batasan Masalah**

1. Objek penelitian berupa *jacket* minimalis 3 kaki yang terdiri atas 8 level elevasi milik HCML.
2. Jenis analisis global yang dilakukan pada tugas akhir ini adalah analisis statis *in-place*.
3. Teori gelombang yang digunakan dalam analisis global adalah Stokes orde 5.
4. Tegangan sisa dari pengelasan tidak diperhitungkan.
5. Analisis global dilakukan berupa analisis *in place*.
6. SCF dari analisis global merujuk pada tugas akhir Giffary (2020).
7. Variasi pembebanan yang diberikan pada analisis lokal adalah tegangan tarik aksial, tegangan tekan aksial, momen lentur *in-plane*, dan momen lentur *out-plane*.
8. Analisis lokal pada tugas akhir ini menggunakan software *Salome Meca*.
9. Codes yang digunakan dalam analisis pada tugas akhir ini merujuk pada API-RP-2A-WSD, dan AISC, dan AWS D1.1.

#### **1.6 Sistematika Penulisan**

Dalam tugas akhir ini, sistematika penulisan dituliskan dalam 5 bab yang terdiri atas pendahuluan, tinjauan pustaka dan dasar teori, metodologi penelitian, analisis hasil dan pembahasan, serta diakhiri kesimpulan.

Bab I berisi mengenai pendahuluan yang membahas mengenai latar belakang permasalahan yang menyangkut alasan judul ini diangkat menjadi tugas akhir. Selanjutnya juga dibahas mengenai rumusan masalah, tujuan penulisan, manfaat, serta batasan masalah dalam pengerjaan tugas akhir.

Bab 2 membahas mengenai tinjauan pustaka yang merupakan uraian umum mengenai topik tugas akhir serta catatan penting dari penelitian sebelumnya yang terkait dengan topik ini. Selain itu juga dibahas mengenai dasar teori yang berisi mengenai rincian definisi dan persamaan yang digunakan dalam penelitian tugas akhir.

Pada bab 3, akan dibahas mengenai metodologi penelitian yang digunakan dalam penyusunan tugas akhir. Bentuk metodologi akan dibuat dalam bentuk diagram alir dan rinciannya akan dijelaskan dalam prosedur penelitian.

Pada bab 4, akan diuraikan mengenai hasil pengerjaan penelitian serta pembahasan mengenai hasil penelitian sesuai prosedur yang telah ditetapkan dalam bab sebelumnya.

Dan yang terakhir pada bab 5 akan mencakup kesimpulan dan saran. Kesimpulan merupakan jawaban dari rumusan masalah yang dituliskan dalam BAB I. Sedangkan saran merupakan saran penulis akan kekurangan dalam penyusunan penelitian untuk peneliti selanjutnya.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

#### 2.1 Tinjauan Pustaka

Berkembangnya teknologi dari waktu ke waktu menyebabkan permintaan akan kebutuhan energi semakin meningkat. Salah satu sektor yang dapat memenuhi kebutuhan energi tersebut adalah industri migas. Meskipun para ilmuwan terus melakukan riset untuk menemukan sumber energi yang lebih ramah dibanding sumber energi fosil seperti migas, namun jenis energi ini masih menjadi kunci penting dalam pemenuhan kebutuhan energi dunia. Oleh karena itu, eksplorasi migas terus mengalami perkembangan seiring berjalannya waktu. Salah satu bentuk perkembangan teknologi dalam industri migas adalah dengan memodifikasi struktur anjungan seperti *jacket*. Modifikasi ini dilakukan dengan tujuan agar biaya produksi menjadi berkurang.



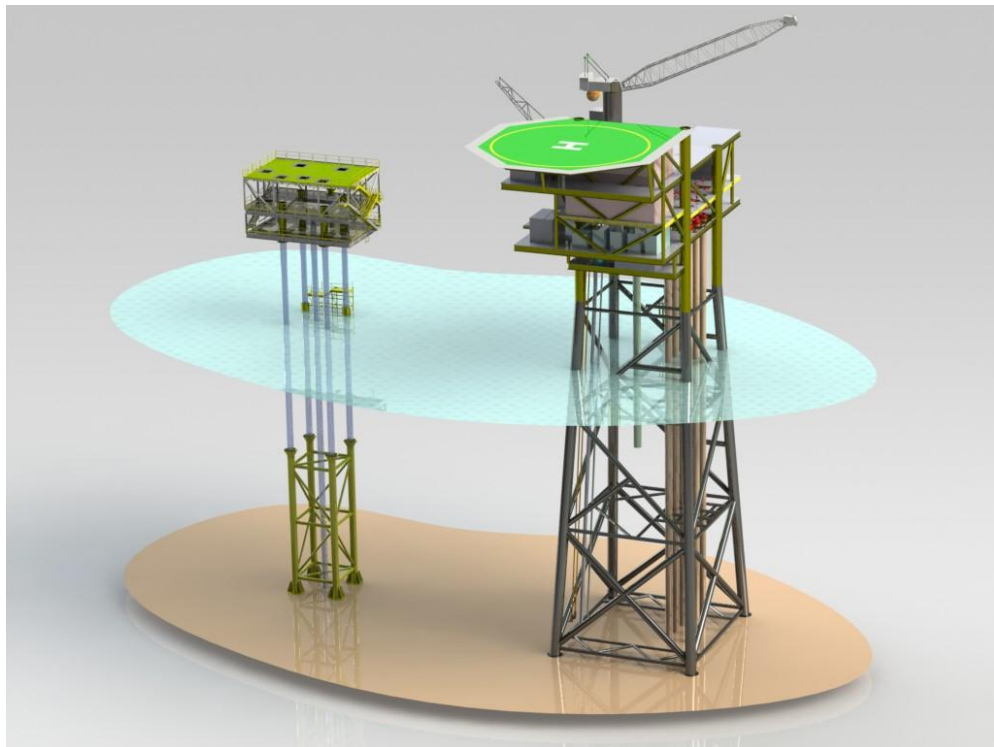
**Gambar 2. 1 Contoh Struktur Jacket Minimalis**

(Sumber : Seaandland.co.uk)

Studi mengenai modifikasi *jacket* menjadi anjungan minimal pernah dilakukan oleh Nicholson & Helle pada 2012 dan dituliskan dalam paper berjudul *Modular Design For Low*

*Cost Minimum Facilities*. Dalam paper ini dijelaskan bahwa ketertarikan kontraktor terhadap pengembangan lapangan migas marginal semakin meningkat tiap harinya. Oleh karena itu, diperlukan *jacket* dengan konfigurasi minimalis atau *minimum facilities platforms* (MFPs).

MFPs merupakan struktur wellhead yang didalamnya tidak termasuk fasilitas kilang sehingga struktur topside memiliki berat lebih ringan. Tipe anjungan ini juga memiliki beberapa keuntungan seperti adanya reduksi pada proses fabrikasi dan instalasi dan proses instalasi yang lebih mudah dibanding *jacket* konvensional. Salah satu contoh MFPs adalah CoSMOS (*Conductor Supported Minimum Offshore Structures*). Alih-alih menggunakan *jacket* sebagai pelindung *conductor*, struktur ini menggunakan *conductor* sebagai penyokong utama topside. Untuk mempertahankan kekuatan struktur, *conductor* tetap terlindungi dengan dikelilingi oleh klem.



Gambar 2. 2 Perbandingan CosMOS dengan Jacket Konvensional

Sumber : Nicholson & Hella (2012)

Giffary (2020) dalam tugas akhirnya yang berjudul *Perbandingan Umur Kelelahan Struktur Jacket 3 Kaki Modifikasi dan Konvensional* meneliti tentang perbandingan antara *jacket* konvensional dan *jacket* modifikasi. Analisis dilakukan untuk mengetahui perbandingan dari segi umur kelelahan *jacket*. Penelitian diawali dengan perhitungan periode natural masing-masing model *jacket* dan dilanjutkan dengan perhitungan umur kelelahan. Konklusi yang

didapatkan dari tugas akhir tersebut adalah umur kelelahan sekaligus letak sambungan kritis pada struktur.

Selain konsiderasi biaya, kekuatan *jacket* juga perlu dipertimbangkan terutama bagian sambungan tubular. Mirtaheri, et al. (2009) dalam jurnalnya yang berjudul *Effect of Joint Flexibility on Overall Behavior of Jacket Type Offshore Platform* secara khusus membahas tentang analisis sambungan pada anjungan *jacket*. Metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode elemen hingga untuk mengetahui karakteristik sambungan. Penelitian dalam jurnal ini meninjau korelasi antara beban aksial dan momen-rotasi yang terjadi pada sambungan *jacket*. Analisis yang dilakukan pertama kali yaitu analisis pushover untuk mendapatkan data terkait sambungan kritis. Selanjutnya, sambungan kritis dianalisis secara lokal untuk menghasilkan deformasi yang lebih presisi saat menerima pembebanan.

Selain itu, Hongwei (2018) juga melakukan studi dengan menganalisis kekuatan *jacket* dengan memodelkan tubular sebagai unit PIPE59. PIPE59 merupakan suatu unit dalam software ANSYS yang memiliki 6 derajat kebebasan pada sumbu x, y, dan z. Data yang dimasukkan berupa diameter pipa, ketebalan, dan diameter pipa, serta data gelombang yang dimasukkan dalam *TBDATA command input*. Penelitian ini menghasilkan tegangan *von mises* pada sambungan-sambungan tertentu struktur *jacket*.

Studi mengenai sambungan tubular *jacket* juga diteliti oleh Chandran & S. (2015). Studi ini meneliti tentang pengaruh jenis pembebanan pada sambungan *jacket*. Jenis sambungan yang digunakan dalam analisis ini adalah tipe K. Penelitian ini termasuk dalam studi pediatrik dengan memberikan variasi beban berupa tegangan aksial dan momen lentur. Selain itu, variasi lain yang digunakan dalam penelitian ini yaitu ketebalan struktur. Analisis dalam jurnal ini menggunakan software ANSYS dengan memberikan beban yang bersifat remote, yaitu menaikkan beban hingga tingkat tertentu sampai sambungan mengalami deformasi maksimum.

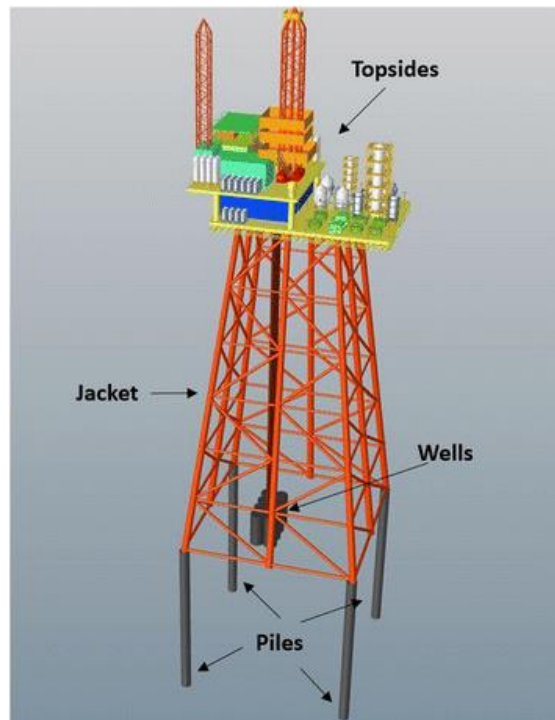
Prastianto (2018) juga melakukan studi mengenai sambungan tubular *jacket* yang berupa sambungan multiplanar untuk mendapatkan SCF. Objek penelitian ini diambil karena pada penelitian yang sudah ada, objek studi hanya berfokus pada sambungan uniplanar. Metode yang digunakan dalam analisis ini menggunakan pendekatan metode elemen hingga. Penelitian ini termasuk dalam parametrik studi dengan memvariasikan parameter non-dimensional seperti  $\beta$ ,  $\gamma$ , dan  $\theta$ .

Oleh karena pentingnya analisis lokal terkait sambungan pada struktur *jacket*, maka tugas akhir ini akan meneliti mengenai tegangan maksimum yang terjadi pada sambungan *jacket* yang bersifat kritis.

## 2.2 Dasar Teori

### 2.2.1. Anjungan Jacket

Anjungan *jacket* merupakan bangunan terpancang yang terdiri atas member-member tubular yang terkoneksi satu sama lain dan membentuk struktur rangka. Penamaan '*jacket*' ini merujuk pada fungsinya yang memberikan perlindungan terhadap conductor yang mengalirkan minyak atau gas dari *reservoir* (Chakrabarti, 2005). Struktur ini memiliki fungsi untuk menopang struktur *topside* tempat proses eksplorasi dan produksi berlangsung. Di Indonesia, anjungan *jacket* menjadi salah satu jenis platform yang sering dipakai karena konfigurasi yang terpancang dan periode natural yang dimiliki sesuai dengan kondisi perairan Indonesia yang dangkal. Berdasarkan data dari SKK Migas, hingga tahun 2019 Indonesia memiliki 613 struktur lepas pantai terpancang yang termasuk *jacket* platform didalamnya. Riyanto (2015) menerangkan bahwa secara garis besar struktur anjungan *jacket* terdiri dari 3 komponen, yaitu *deck*, *jacket*, dan pondasi/*piles*.



Gambar 2. 3 Bagian-Bagian Anjungan Jacket

Sumber [viejournal.springeropen.com](http://viejournal.springeropen.com)

1. *Deck*

*Deck* merupakan bangunan yang berfungsi untuk menyokong peralatan, kegiatan pengeboran, dan kegiatan lain diatas air. Pada umumnya, struktur *deck* dibagi menjadi beberapa level sesuai dengan kebutuhan dan fungsinya, seperti *main deck*, *mezzanine deck*, *cellar deck*, *sub-cellar deck*, dan *helideck*. Komponen-komponen pada *deck* terdiri atas *main girder*, *secondary girder*, *plate*, *truss*, *stiffener*, dll.

2. *Jacket*

*Jacket* merupakan struktur yang memiliki fungsi untuk melindungi *pile*, *conductor*, mentransfer beban *topside* ke *pile*, serta tempat sub-struktur seperti barge bumper dan boatlanding terpasang. Komponen *jacket* terdiri atas *brace*, *conductor guide*, *anode*, *riser guide*, dll.

3. Pondasi

Pondasi merupakan tiang pancang (*pile*) yang berfungsi untuk menyokong beban-beban yang mengenai *jacket* dan *topside* termasuk beban lingkungan seperti angin dan gelombang. *Pile* umumnya dimasukkan kedalam *jacket* hingga masuk sampai kedalaman tertentu. Komponen dalam *pile* antara lain *skirt pile*, *skirt pile sleeves*, dll.

### **2.2.2. *Jacket Minimalis***

Anjungan minimal merupakan suatu gagasan baru dalam industri migas yang memungkinkan adanya pengembangan pada lapangan marginal. Hal ini dikarenakan biaya yang dikeluarkan untuk tipe anjungan ini relative rendah dengan tetap mengikuti aturan fabrikasi dan instalasi (Nicholson & Helle, 2012). Salah satu contoh *jacket* minimalis adalah Conductor Supported Minimum Offshore Structures atau CoSMOS. Struktur CoSMOS menggunakan conductor sebagai pengganti *jacket* yang berfungsi menyokong topside di atasnya. Keuntungan yang didapat dari penggunaak anjungan ini adalah fase procurement yang lebih cepat, biaya fabrikasi yang lebih rendah, serta proses instalasi yang lebih mudah karena dapat menggunakan jack up dan crane barge. Berikut merupakan contoh struktur CoSMOS yang berada di lapangan Olowi, Gabon.





Gambar 2. 4 Jacket Minimalis CoSMOS

Sumber : Nicholson & Elle (2012)

Tabel 2. 1 Perbandingan Biaya dan Penjadwalan CoSMOS dan Jacket Konvensional

Activity	COSMOS Platform (40m)		Jacket Supported Platform	
	Duration	Cost	Duration	Cost
FEED	1 months	\$0.3M	2 months	\$0.3M
Detailed design	4 months	\$1.5M	8 months	\$2.0
Steel Procurement	2 months	\$0.5M	2 months	\$1.2M
Fabrication – Topside	2 months	\$4.0M	2 months	\$4.0M
Fabrication – Template	1 month	\$1.0M	n/a	n/a
Fabrication - Jacket	n/a	n/a	2 months	\$2.5M
Installation	10 days	\$5.0M	10 days	\$10.0M
<b>TOTAL</b>	<b>~1 year</b>	<b>\$12.3M</b>	<b>~1.5 year</b>	<b>\$20.0M</b>

Modifikasi pada *jacket* platform terbagi menjadi dua, yaitu modifikasi pada massa dan penambahan sub-struktur (Zhang et al., 2011). Modifikasi massa bertujuan untuk menghasilkan periode natural *jacket* yang sesuai dan tidak mendekati periode natural gelombang sehingga menyebabkan resonansi pada struktur. Modifikasi ini dapat dilakukan dengan mengganti properti material yang digunakan untuk membangun *jacket*. Selain itu,

modifikasi anjungan juga bertujuan untuk menghasilkan struktur yang lebih minimalis. Struktur tipe ini akan memakan biaya produksi yang lebih sedikit karena konfigurasi yang lebih sederhana dan ramping.

### 2.2.3. Marginal Field

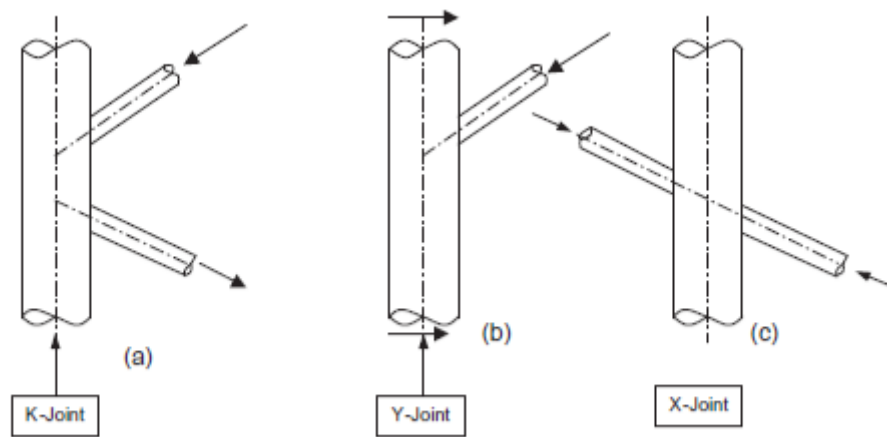
Dikutip dari 3<sup>rd</sup> PPM Seminar (2004), *marginal field* didefinisikan sebagai suatu area dengan laju produksi rata-rata pada 24 bulan pertama tidak lebih dari 10.000 barrel per hari. Sebuah lapangan migas juga dikatakan sebagai *marginal field* jika lapangan tersebut tidak memenuhi aspek ekonomis apabila proses produksi dilakukan dengan teknologi eksisting dengan peraturan bagi hasil yang berlaku. Berikut merupakan beberapa aspek ekonomi yang menjadi pertimbangan suatu area dikatakan sebagai marginal field :

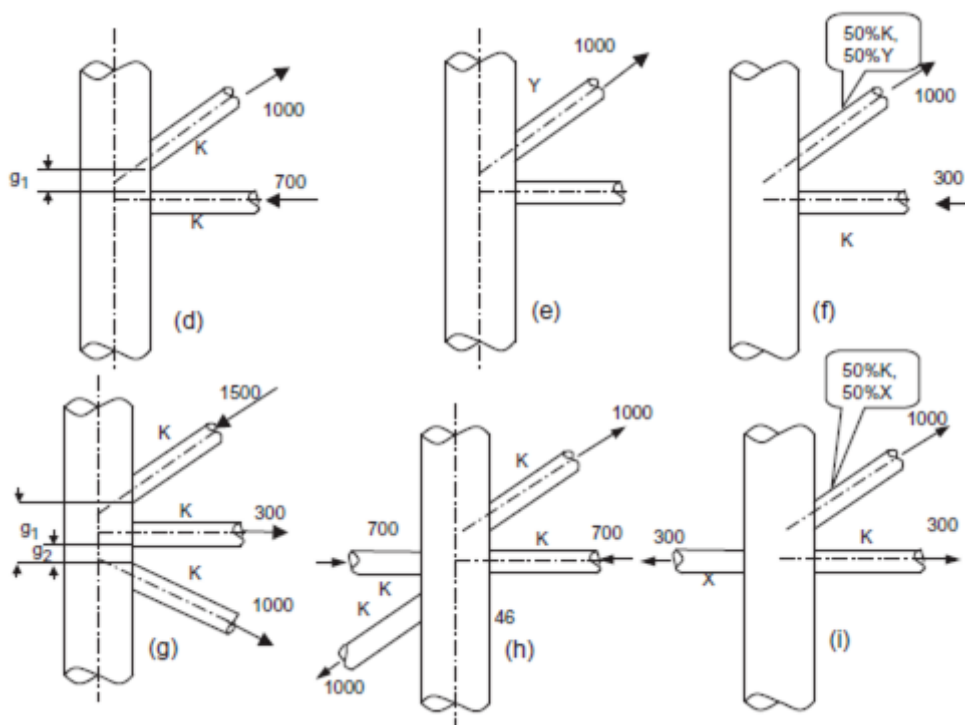
- Kandungan reservoir rendah
- Berada pada *remote area* (tidak mudah dijangkau)
- Tidak ekonomis apabila dieksplorasi dengan teknologi eksisting/konvensional

Oleh karena adanya beberapa keterbatasan diatas, maka harus ada rencana pengembangan strategis pada *marginal field*. Hal ini dimaksudkan agar tingkat CAPEX dapat diminimalkan dan hasil yang didapat dapat memenuhi *rate of return* (ROR).

### 2.2.4. Sambungan Tubular

Struktur *jacket* merupakan struktur yang terdiri atas tubular yang saling terkoneksi. Karena banyaknya sambungan tubular pada *jacket*, API secara khusus memberikan penjelasan dan perhitungan terkait kekuatan sambungan. Berikut merupakan jenis-jenis konfigurasi sambungan tubular pada *jacket*.

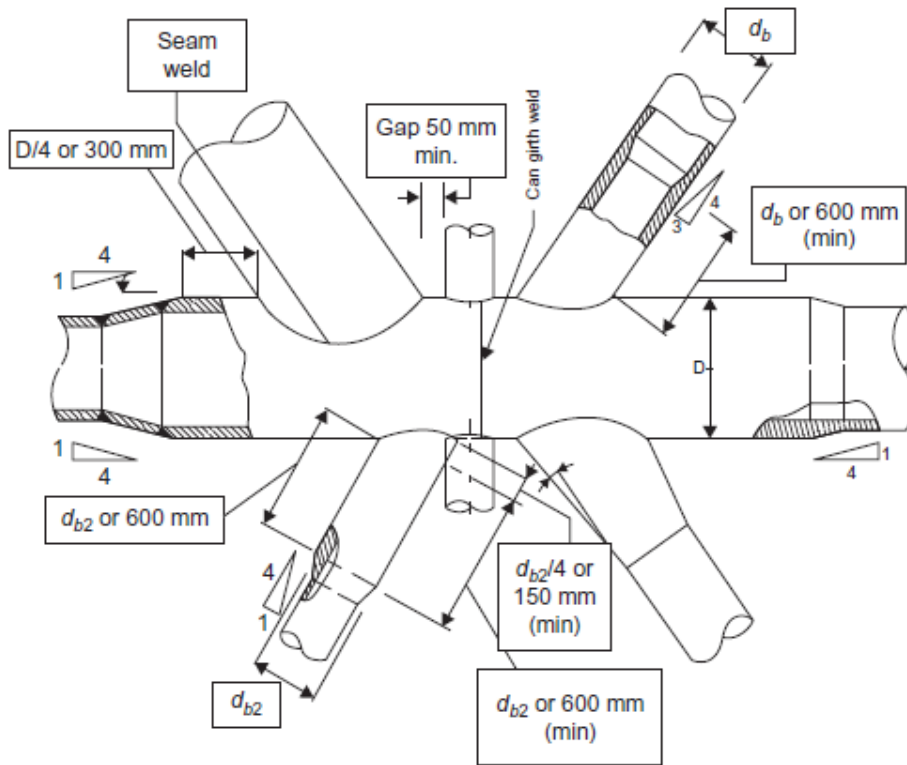




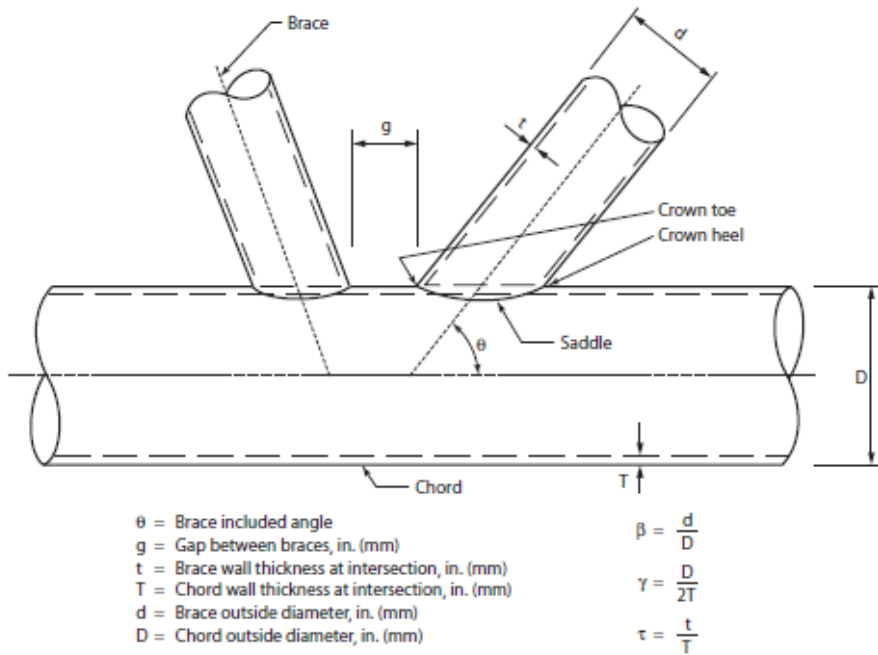
Gambar 2. 5 Tipe Sambungan Tubular

Sumber : API RP 2A WSD 21<sup>st</sup> edition

Selain itu, API juga memberikan rekomendasi terkait kriteria desain pada sambungan tubular sebagai berikut.



Gambar 2. 6 Rincian Sambungan (In-Plane)  
Sumber : El Reedy (2015)



Gambar 2. 7 Parameter Geometri Sambungan Tubular  
Sumber : API RP 2A

Parameter geometri sambungan tubular adalah sebagai berikut.

$$\begin{array}{rclcl} 0.2 & \leq & b & \leq & 1.0 \\ 10 & \leq & \gamma & \leq & 50 \\ 30^\circ & \leq & \beta & \leq & 90^\circ \\ F_y & \leq & 72 \text{ ksi (500 MPa)} & & \\ e/D & > & -0.6 & & \text{(untuk sambungan tipe K)} \end{array}$$

### 2.2.5. Teori Pembebanan

Dalam tahap perancangan struktur lepas pantai, terdapat beberapa jenis beban yang harus dipertimbangkan karena sifatnya yang dapat mempengaruhi kekuatan struktur. Beban tersebut antara lain beban mati (*dead load*), beban hidup (*live load*), beban lingkungan (*environmental load*), dan beban kecelakaan (*accidental load*).

#### 2.2.5.1. Beban Mati (*Dead Load*)

Beban mati merupakan beban yang memiliki nilai tetap serta tidak berubah terhadap waktu selama proses operasi berlangsung. Berikut klasifikasi beban mati oleh API (2000).

- a. Berat struktur yang meliputi tiang pancang, geladak, *jacket*, railing, grout, stiffeners, beam, dan lain-lain.
- b. Berat peralatan yang mendukung proses produksi seperti conducto, riser, separator, dan lain-lain.
- c. Berat perlengkapan tambahan yang menempel pada struktur (*appurtenance*) seperti boat landing dan barge bumper.

#### 2.2.5.2. Beban Hidup (*Live Load*)

Beban hidup merupakan beban yang bekerja pada struktur yang sifatnya berubah terhadap waktu. Berikut merupakan contoh beban hidup pada anjungan.

- a. Berat cairan dan konsumsi logistik seperti bahan bakar dan air.
- b. Berat peralatan pendukung pengeboran dan produksi.
- c. Beban akibat gaya yang disebabkan oleh operasi crane.
- d. Beban akibat operasi pengeboran dan kapal yang merapat pada struktur.

#### 2.2.5.3. Beban Lingkungan

Beban lingkungan adalah beban yang terjadi akibat pengaruh dari lingkungan. Menurut API (2000), beban lingkungan yang terjadi pada anjungan lepas pantai meliputi beban angin, arus, gelombang, gempa, es, salju, serta pergerakan lempeng tektonik.

a. Beban Angin

Beban angin yang dalam perancangan struktur lepas pantai terpancang dihitung pada bagian struktur yang tidak tercelup air, terutama topside (Giffary, 2020). Prosedur perhitungan beban angin pada struktur adalah sebagai berikut.

1. Menghitung tinggi tiap deck dan titik tertinggi topside menggunakan titik acuan MSL.
2. Menghitung titik tangkap beban angin dengan menggunakan selisih ketinggian deck yang ditinjau dengan deck diatasnya.
3. Menghitung kecepatan angin pada elevasi 30 ft dengan menggunakan *the one-sevent power law* yang ditunjukkan pada persamaan 2.1.

$$V_z = V_{30} \cdot \left[ \frac{z}{30} \right]^{\frac{1}{7}} \quad (2.1)$$

Keterangan :

$V_z$  = kecepatan angin pada elevasi yang ditinjau

$V_{30}$  = kecepatan angin pada elevasi 30 ft

$z$  = elevasi yang ditinjau (ft)

$30$  = elevasi referensi (ft)

4. Setelah titik tangkap dan kecepatan angin didapat maka dapat menghitung beban angin menggunakan persamaan 2.2.

$$F_{wind} = C_s \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V_z \cdot A \quad (2.2)$$

Keterangan :

$C_s$  = *shape coefficient*

$\rho$  = massa jenis

$V_z$  = kecepatan angin pada elevasi yang ditinjau

$A$  = area yang tegak lurus terhadap arah datang angin

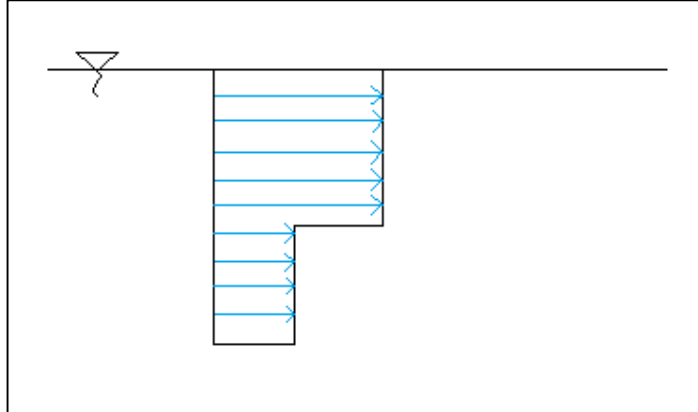
*Shape coefficient* dapat ditentukan dari Tabel 2.1

Tabel 2.1 *shape coefficient* (sumber : ISO 19902:2007)

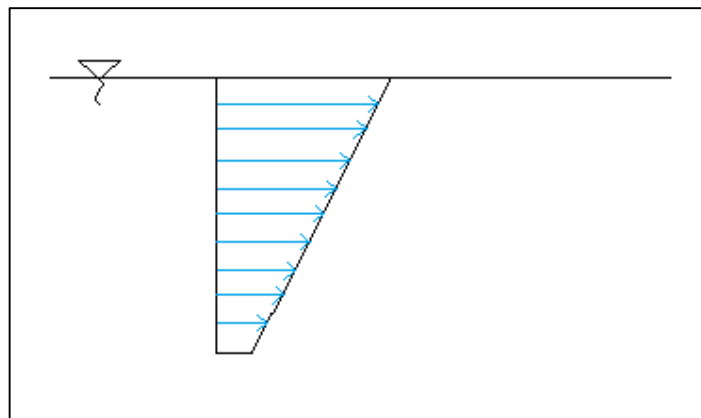
Component		shape coefficients $C_s$
Flat walls of buildings		1,50
Overall projected area of structure		1,00
Beams		1,50
Cylinders	Smooth, $Re > 5 \times 10^5$	0,65
	Smooth, $Re \leq 5 \times 10^5$	1,20
	Rough, all $Re$	1,05
	Covered with ice, all $Re$	1,20
<small><math>Re</math> Reynolds number</small>		

b. Beban Arus

Dalam menghitung pengaruh beban arus terhadap struktur, profil arus dapat dimodelkan secara sederhana menjadi 2 model, yaitu slab dan shear.



Gambar 2. 8 Pemodelan Arus (*slab*)



Gambar 2. 9 Pemodelan Arus (*shear*)

Kalkulasi terkait besarnya beban arus dapat diselesaikan dengan persamaan Morison sebagai berikut.

$$F = F_D + F_I = C_D \frac{w}{2g} A U |U| + C_m \frac{w}{2g} V \frac{\delta U}{\delta t} \quad (2.3)$$

Dengan,

$F$  : Gaya hidrodinamis per satuan panjang yang mengenai struktur, lb/ft (N/m)

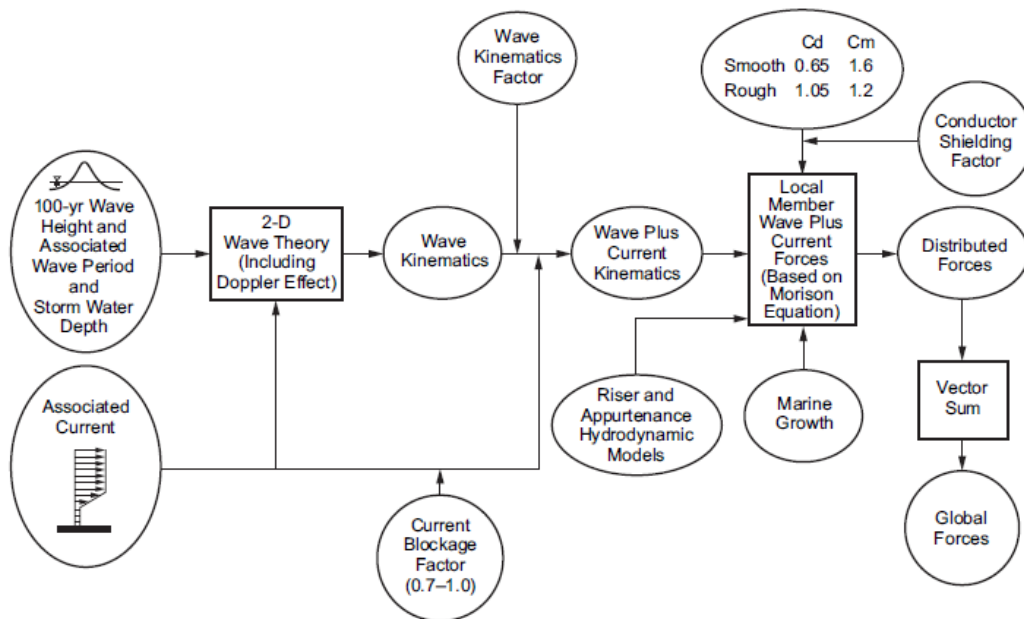
$F_D$  : Gaya drag per satuan panjang yang mengenai struktur, lb/ft (N/m)

$F_I$  : Gaya inersia per satuan panjang yang mengenai struktur, lb/ft (N/m)

$C_D$  : koefisien drag

- w : berat jenis air, lb/ft<sup>3</sup> (N/m<sup>3</sup>)
- g : percepatan gravitasi, ft/s<sup>2</sup> (m/s<sup>2</sup>)
- A : daerah yang terkena beban arus, ft (m)
- V : volume displacement silinder per satuan panjang, ft<sup>2</sup> (m<sup>2</sup>)
- D : diameter efektif silinder ditambah dengan marine growth, ft (m)
- U : komponen vector kecepatan air, ft/s (m/s)
- |U| : nilai absolut dari U, ft/s (m/s)
- C<sub>m</sub> : koefisien inersia/massa
- $\frac{\delta U}{\delta t}$  : percepatan lokal, ft/s<sup>2</sup> (m/s<sup>2</sup>)

c. Beban Gelombang



Gambar diatas merupakan prosedur kalkulasi untuk mengetahui besarnya beban gelombang terhadap struktur menurut API (2000). Setidaknya, untuk data awal dibutuhkan data gelombang 100 tahunan yang didalamnya meliputi tinggi gelombang, periode gelombang, serta data terkait badai. Selain itu, dikarenakan sifat propagasi gelombang yang acak, maka dalam perhitungannya digunakan beberapa faktor untuk menurunkan tingkat



ketidakpastian seperti faktor kinematis gelombang, faktor *conductor shielding*, dan lain-lain.

#### 2.2.5.4. Beban Kecelakaan

Selama masa operasi, anjungan lepas pantai harus menghindari 3 kondisi kritis yang dapat terjadi karena adanya beban kecelakaan, seperti :

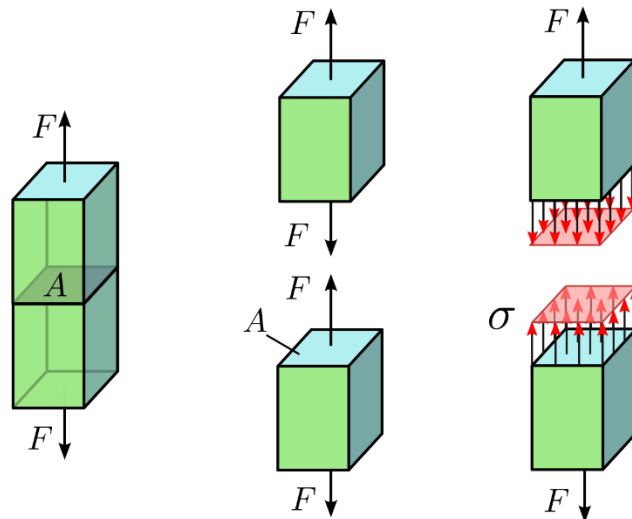
1. Deformasi
2. Defleksi
3. Kebocoran

Menurut DNV (2017), beban kecelakaan terbagi menjadi 4 jenis sebagai berikut.

1. Ship collision (tuburuan kapal)
2. Dropped object (benda jatuh)
3. Fire (kebakaran)
4. Explosion (ledakan)

#### 2.2.6. Gaya Aksial (*Axial Stress*)

Gaya aksial merupakan gaya yang mengenai struktur dan arahnya tegak lurus dengan bidang. Gaya aksial dibagi menjadi dua, yaitu gaya aksial tarik dan gaya aksial tekan.



Gambar 2. 10 Tegangan Aksial

Sumber : wikimedia.org

### 2.2.5.1. Gaya Tekan Aksial (*Axial Compression Stress*)

Gaya tekan aksial merupakan jenis tegangan aksial yang arah pembebanannya ke dalam bidang. Besarnya tegangan tekan aksial yang diperbolehkan ( $F_t$ ) untuk struktur tubular adalah sebagai berikut.

$$F_t = 0.6 F_y \quad (2.4)$$

Dengan,

$F_y$  : kekuatan *yield*, ksi (MPa)

### 2.2.5.2. Gaya Tarik Aksial (*Axial Tension Stress*)

Gaya tarik aksial merupakan gaya aksial yang arahnya keluar bidang. Besarnya gaya tekan aksial yang diperbolehkan ( $F_a$ ) untuk struktur tubular menurut API adalah sebagai berikut

$$F_a = \frac{\left[ 1 - \frac{\left(\frac{Kl}{r}\right)^2}{2C_c} \right] F_y}{\frac{5}{3} + \frac{3\left(\frac{Kl}{r}\right)}{8C_c} - \frac{\left(\frac{Kl}{r}\right)^3}{8C_c^3}} \quad (\text{untuk } Kl/r < C_c) \quad (2.5)$$

$$F_a = \frac{12 \pi^2 E}{23 (Kl/r)^2} \quad (\text{untuk } Kl/r \geq C_c) \quad (2.6)$$

Dengan,

$$C_c : \left( \frac{2 \pi^2 E}{F_y} \right)^{\frac{1}{2}}$$

E : Modulus elastisitas, ksi (MPa)

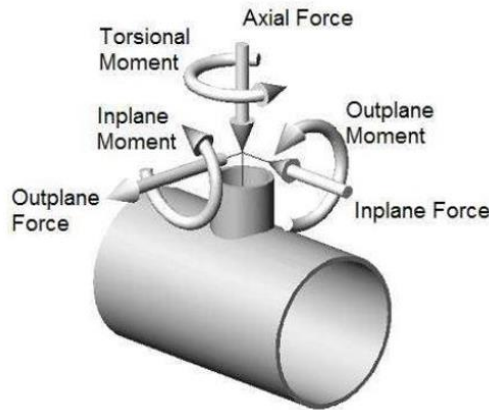
K : faktor panjang efektif, in (m)

l : panjang struktur tanpa brace, in (m)

r : radius girasi, in (m)

### 2.2.7. Momen Lentur (*Bending Moment*)

Momen lentur merupakan suatu momen gaya yang menyebabkan suatu struktur mengalami lekukan/pembengkokan. Momen lentur dapat dibagi menjadi momen lentur in-plane dan momen lentur out-plane sesuai arah pembebanannya.



Gambar 2. 11 Pembebanan Pada Sambungan Tubular

Sumber : Guffary (2020)

$$M_a = Q_u Q_f \frac{F_{yc} T^2 d}{SF \sin \theta} \quad (2.7)$$

Dengan,

$M_a$  : kapasitas bending momen yang diperbolehkan

$F_{yc}$  : tegangan yield, ksi (MPa)

SF : safety factor, 1.6

$Q_u$  : faktor kekuatan, dinyatakan sebagai berikut.

Joint classification	Brace load			
	Axial tension	Axial compression	In-plane bending	Out-of-plane bending
K	$(16 + 1.2\gamma)\beta^{1.2} Q_g$ but $\leq 40\beta^{1.2} Q_g$			
T/Y	$30\beta$	$2.8 + (20 + 0.8\gamma)\beta^{1.6}$ but $\leq 2.8 + 36\beta^{1.6}$	$(5 + 0.7\gamma)\beta^{1.2}$	$2.5 + (4.5 + 0.2\gamma)\beta^{2.6}$
X	$23\beta$ for $\beta \leq 0.9$ $20.7 + (\beta - 0.9)$ $(17\gamma - 220)$ for $\beta > 0.9$	$[2.8 + (12 + 0.1\gamma)\beta] Q_\beta$		

$Q_f$  : chord load factor yang dinyatakan dengan persamaan berikut

$$Q_f = \left[ 1 + C_1 \left( \frac{SF \cdot P_c}{P_y} \right) - C_2 \left( \frac{SF \cdot M_{ipb}}{M_p} \right) - C_3 A^2 \right] \quad (2.8)$$

Dengan,

$$A = \left[ \left( \frac{SF \cdot P_c}{P_y} \right)^2 + \left( \frac{SF \cdot M_c}{M_p} \right)^2 \right] \quad (2.9)$$

SF : safety factor (1.2)

$P_c$  : gaya aksial yang bekerja pada chord, ksi (MPa)

$M_{ipb}$  : momen in plane

Sedangkan  $C_1, C_2, C_3$  dinyatakan dalam table berikut.

Joint type	$C_1$	$C_2$	$C_3$
K joints under brace axial loading	0.2	0.2	0.3
T/Y joints under brace axial loading	0.3	0	0.8
X joints under brace axial loading*			
$\beta \leq 0.9$	0.2	0	0.5
$\beta = 1.0$	-0.2	0	0.2
All joints under brace moment loading	0.2	0	0.4

### 2.2.8. Stress Concentration Factor (SCF)

Sambungan tubular yang ada pada jacket tersusun atas beberapa member yang saling dilas satu sama lain. Pengelasan ini menyebabkan adanya area diskontinuitas sehingga terjadi adanya pemusatan tegangan pada area tersebut. Hal ini menyebabkan tegangan yang ada pada area sekitar diskontinuitas nilainya lebih besar dari area lainnya yang jauh dari area sambungan. Tegangan terbesar yang terjadi pada daerah sambungan dinamakan dengan hotspot stress. Hotspot stress dapat dihitung dengan memberikan faktor pengali yaitu SCF pada tegangan nominal yang letaknya jauh dari lokasi sambungan. Oleh karena itu SCF dapat dirumuskan sebagai berikut.

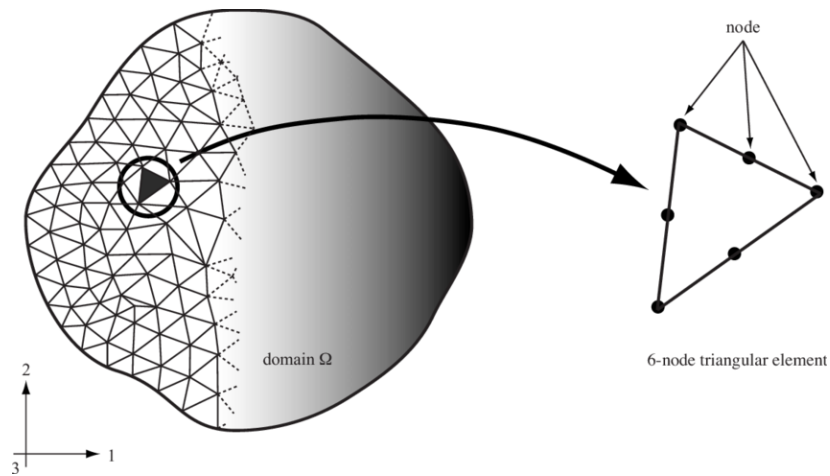
$$SCF = \frac{\sigma_{hotspot}}{\sigma_{nominal}}$$

### 2.2.9. Metode Elemen Hingga

Metode elemen hingga merupakan suatu metode numeris yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan teknik dan matematika fisis. Beberapa permasalahan yang dapat diselesaikan dengan metode elemen hingga antara lain analisis structural, transfer kalor, aliran fluida, transportasi massa, serta potensi elektromagnetik (Logan, 2007).

Permasalahan dengan geometri dan pembebanan yang kompleks tidak bisa diselesaikan dengan persamaan matematika analitik biasa. Untuk permasalahan tersebut, perlu adanya

penyelesaian secara numeris seperti menggunakan metode elemen hingga untuk mendapatkan solusi. Proses penyelesaian pada metode elemen hingga akan membagi suatu struktur menjadi elemen-elemen yang lebih kecil yang selanjutnya disebut *discretization*. Pada metode ini, permasalahan diselesaikan dengan meninjau tiap elemen kecil dan menganalisis deformasi yang terjadi pada setiap nodal. Secara matematis, metode elemen hingga merupakan proses penyelesaian suatu permasalahan yang dinyatakan dalam persamaan diferensial. Deformasi yang terjadi inilah yang akan menghasilkan besarnya tegangan total yang terjadi pada struktur yang ditinjau. Berikut merupakan gambaran *discretization* pada metode elemen hingga.



Gambar 2. 12 *Discretization* Pada Metode Elemen Hingga  
Sumber : researchgate.net

Secara sederhana, persamaan yang digunakan dalam metode ini dimodelkan sebagai berikut.

$$F = K \cdot d \quad (2.10)$$

Dengan,

F : gaya yang bekerja pada struktur (N)

K : kekakuan yang dimiliki struktur (N/mm)

d : deformasi yang terjadi pada struktur (mm)

Sedangkan persamaan pada tiap elemen secara umum dituliskan sebagai berikut.

$$\begin{Bmatrix} f_1 \\ f_2 \\ f_3 \\ \dots \\ f_n \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} k_{11} & k_{12} & k_{13} & \dots & k_{1n} \\ k_{21} & k_{22} & k_{23} & \dots & k_{2n} \\ k_{31} & k_{32} & k_{33} & \dots & k_{3n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ k_{n1} & k_{n2} & k_{n3} & \dots & k_{nn} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ d_3 \\ \dots \\ d_n \end{Bmatrix} \quad (2.11)$$

Dengan,

{f} : matriks gaya yang bekerja pada elemen (N)

- [k] : matriks kekakuan pada elemen (N/mm)  
 {d} : matriks deformasi pada elemen (mm)

### 2.2.10. Tegangan Von Mises

Tegangan yang terjadi dalam sebuah struktur tidak boleh melebihi tegangan yang diijinkan agar tidak terjadi buckling pada struktur. Secara umum, tegangan yang terjadi pada struktur dapat diketahui besarnya melalui persamaan berikut.

$$\sigma ( x , y ) = \frac{M_x \cdot y}{I} \quad (2.12)$$

Dengan,

- $M_x$  : momen bending (N.m)  
 y : jarak normal bidang (m)  
 I : momen inersia (m<sup>2</sup>)

Jarak y merupakan jarak yang diukur terhadap titik berat suatu elemen. Sedangkan momen inersia memiliki nilai yang berbeda tergantung pada geometri dan bidang yang ditinjau. Berikut merupakan tegangan dalam tiap sumbu-sumbu pada bidang tiga dimensi.

$$\begin{bmatrix} \sigma_x - \sigma_0 & \sigma_{xy} & \sigma_{xz} \\ \sigma_{xy} & \sigma_y - \sigma_0 & \sigma_{yz} \\ \sigma_{xz} & \sigma_{yz} & \sigma_z - \sigma_0 \end{bmatrix} = 0 \quad (2.13)$$

Dengan,

- $\sigma_0$  : tegangan utama yang bekerja pada sumbu (Pa)  
 $\sigma_x$  : tegangan arah sumbu x (Pa)  
 $\sigma_y$  : tegangan arah sumbu y (Pa)  
 $\sigma_z$  : tegangan arah sumbu z (Pa)  
 $\sigma_{xy}$  : tegangan arah sumbu xy (Pa)  
 $\sigma_{xz}$  : tegangan arah sumbu xz (Pa)  
 $\sigma_{yz}$  : tegangan arah sumbu yz (Pa)

Selain tegangan pada tiap elemen, kalkulasi tentang tegangan gabungan juga perlu dilakukan untuk mengetahui tegangan maksimum pada elemen tersebut. Berikut merupakan formulasi tegangan von mises untuk mengetahui tegangan gabungan yang terjadi.

$$\sigma_{eq} = \frac{1}{2} \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2 + 6(\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2)} \quad (2.14)$$

Dengan,

$\sigma_{eq}$  : Tegangan equivalen (tegangan von mises) (Pa)

$\sigma_x$  : Tegangan normal sumbu x (Pa)

$\sigma_y$  : Tegangan normal sumbu y (Pa)

$\sigma_z$  : Tegangan normal sumbu z (Pa)

$\tau_{xy}$  : Tegangan geser bidang xy (Pa)

$\tau_{yz}$  : Tegangan geser bidang yz (Pa)

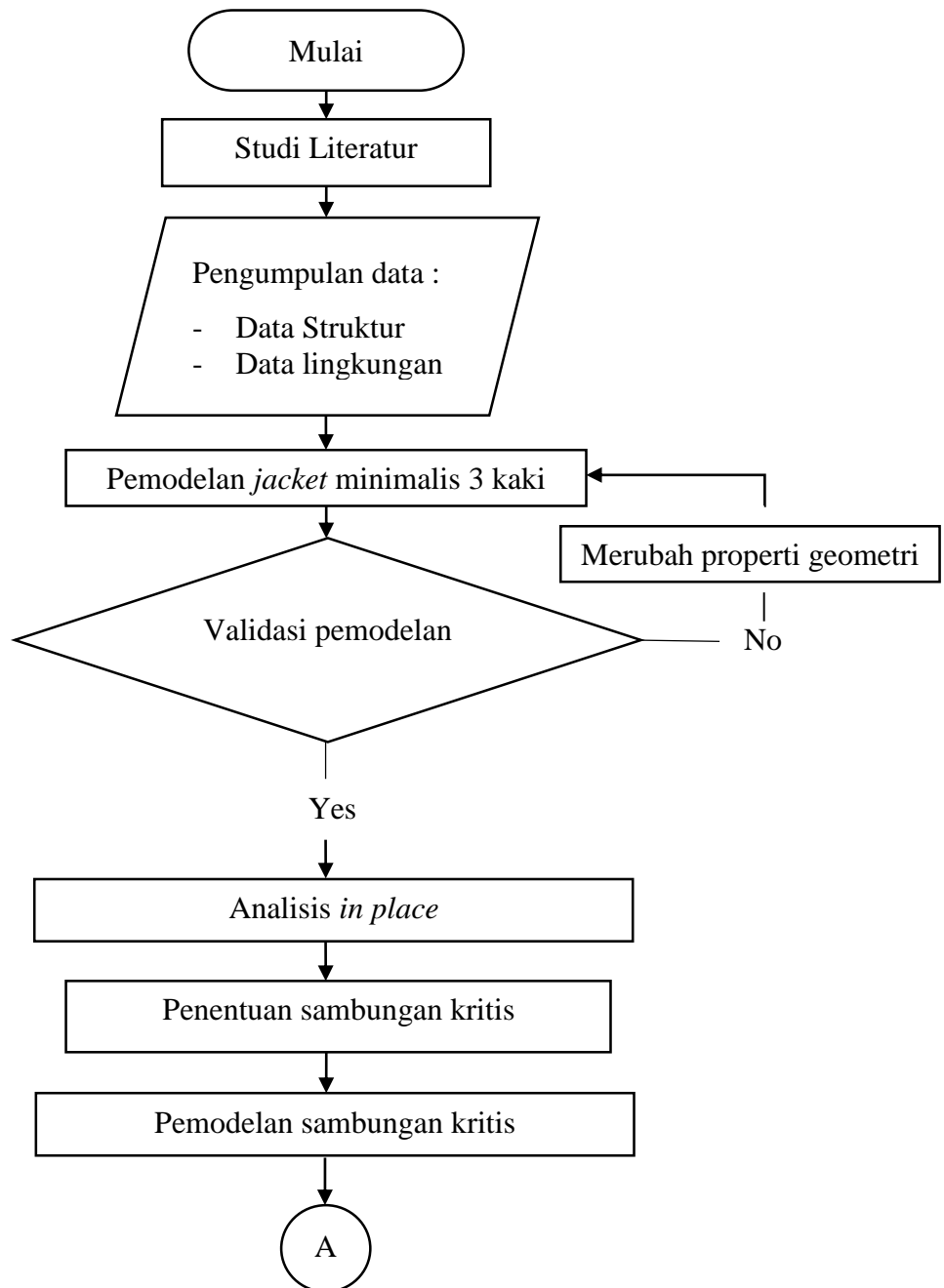
$\tau_{zx}$  : Tegangan geser bidang zx (Pa)

# BAB III

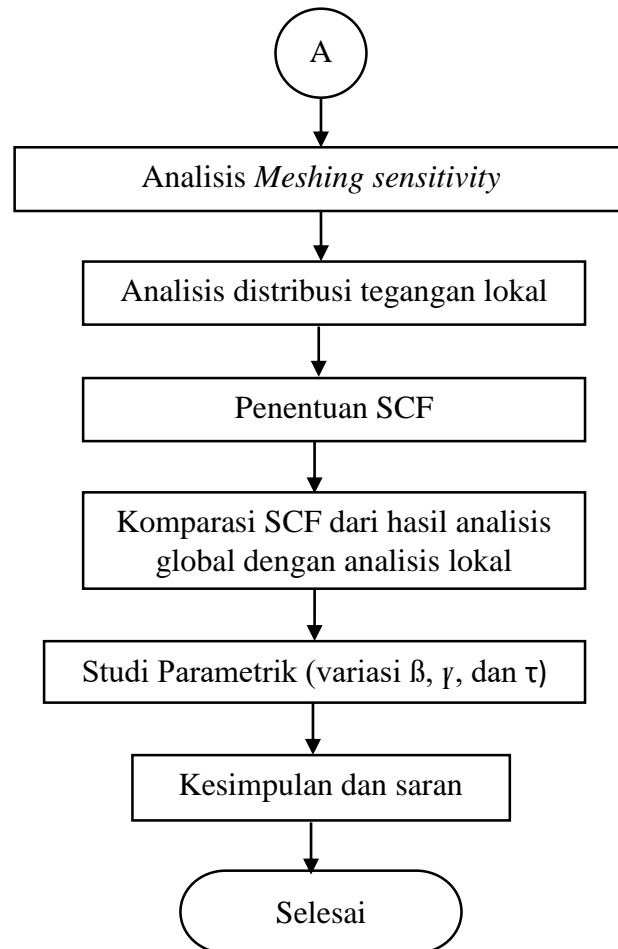
## METODE PENELITIAN

### 3.1 Diagram Alir Penelitian

Berikut merupakan prosedur penelitian yang ditampilkan dalam diagram alir.







## 3.2 Metodologi Penelitian

Berikut merupakan rincian mengenai prosedur penelitian dalam diagram alir pada sub bab 3.1.

### 3.2.1. Studi Literatur

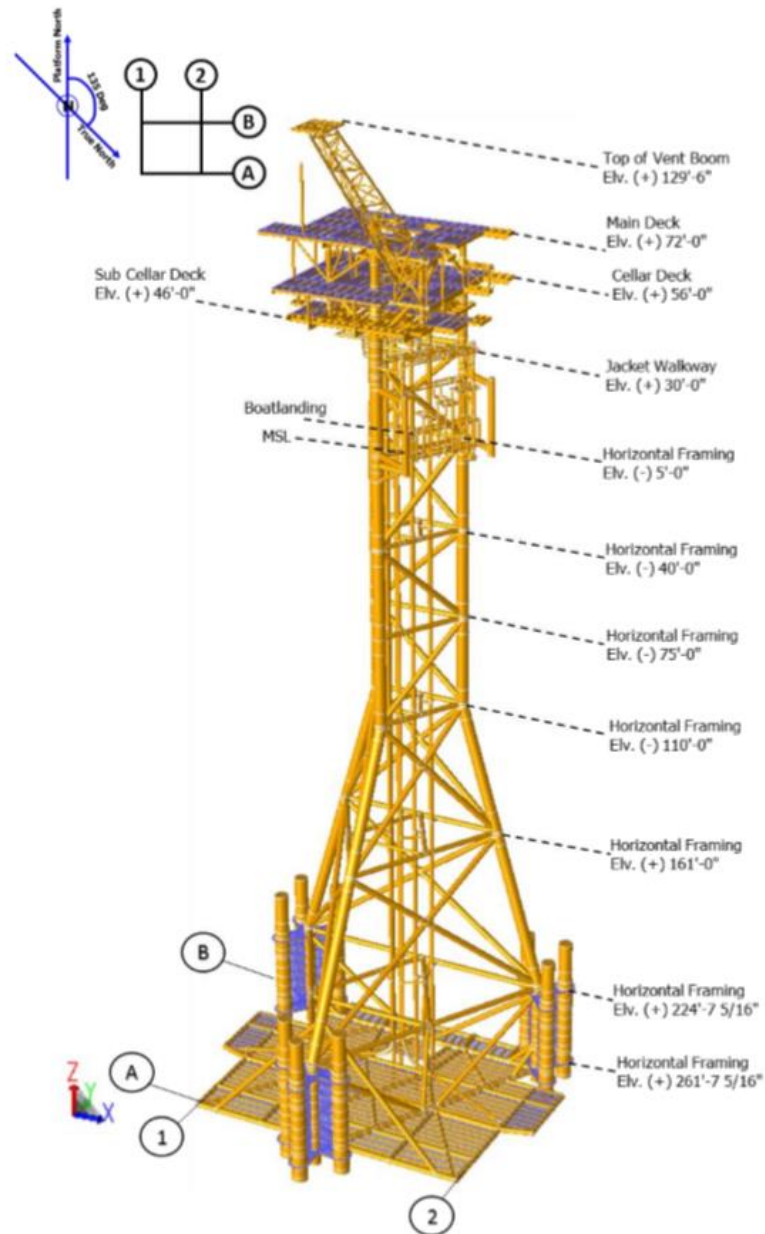
Studi literatur memiliki dua tujuan, yaitu sebagai dasar untuk menyusun dasar teori dan untuk memeberikan referensi pada proses pengerjaan penelitian. Pada tugas akhir ini, studi literatur bersumber pada jurnal, konferensi, *report*, *codes*, tugas akhir Departemen Teknik Kelautan FTK ITS, dan buku.

### 3.2.2. Pengumpulan Data

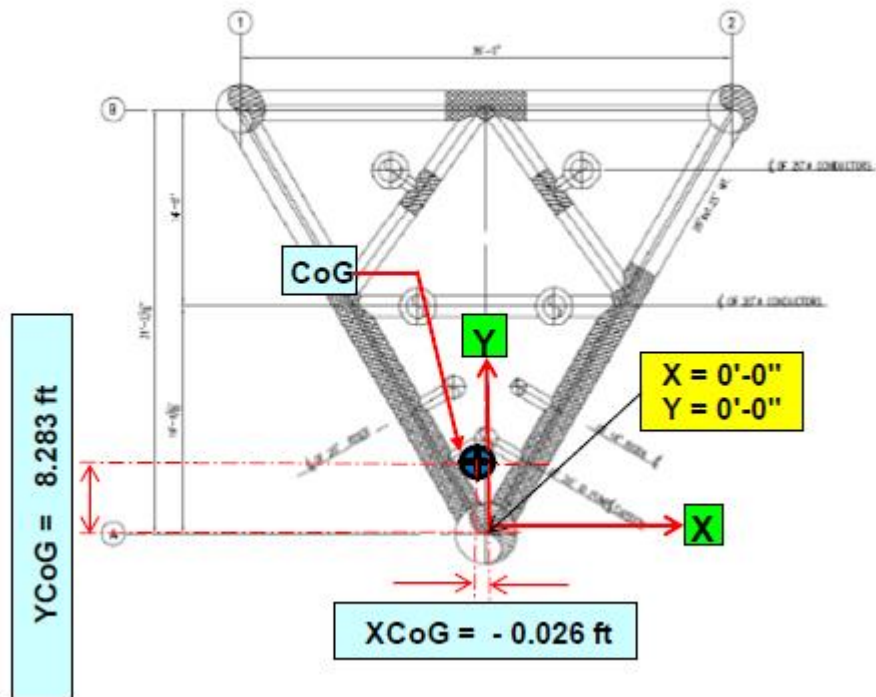
Pengumpulan data digunakan sebagai dasar objek analisis studi dan sekaligus mencari permasalahan yang dapat diambil untuk penelitian. Dalam tugas akhir ini, data yang digunakan berupa data platform jacket minimalis dan data lingkungan yang merujuk pada laporan tugas

akhir Giffary (2020). Struktur jacket yang digunakan merupakan struktur milik Husky-CNOOC Madura Limited (HCML) dengan data sebagai berikut.

- Jenis Struktur : *Wellhead Platform*
- Lokasi Operasi :  $114^{\circ} 18' 21.63''$  E dan  $7^{\circ} 18' 45.70''$  S
- Jumlah Deck : 3 (tiga) level
- Jumlah Kaki : 3 (tiga)
- Jumlah Pile : 9 buah tipe *skirt pile* OD 64 inch
- Jumlah Elevasi Kaki : 8 (delapan)
- Orientasi Platform :  $(-)$   $135^{\circ}$



Gambar 3. 1 Struktur Jacket Minimalis



Gambar 3. 2 COG Struktur *Jacket* Minimalis

Selain data anjungan jacket, disajikan juga data letak geografis anjungan jacket dan karakteristik gelombang sebagai berikut.

- Lokasi Data : 6° 30' 00.00" S dan 112° 51' 00.00" E
- Jumlah Arah : 16 arah
- Arah Datang : Menuju struktur

Tabel 3. 1 Data Arus

Layers and Distance from Water Surface, z (m) Water Depth (m) = 61.05	Current Speed (cm/s) and Direction (to which)																	
	Omni	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
<b>1-Year Return Period</b>																		
Layer 10 - Surface (1.0 D)	0.00	61.93	18.66	16.90	19.75	33.99	61.93	61.72	21.24	13.08	10.04	10.12	10.40	17.65	44.96	61.38	34.63	23.50
Layer 9 (0.9 D)	-6.11	61.00	18.38	16.65	19.45	33.48	61.00	60.80	20.92	12.88	9.89	9.97	10.24	17.39	44.29	60.46	34.16	23.21
Layer 8 (0.8 D)	-12.21	59.99	18.07	16.37	19.13	32.92	59.99	59.78	20.57	12.67	9.72	9.80	10.07	17.10	43.55	59.45	33.59	22.82
Layer 7 (0.7 D)	-18.32	58.85	17.73	16.06	18.77	32.30	58.85	58.65	20.18	12.43	9.54	9.62	9.88	16.77	42.73	58.33	32.98	22.39
Layer 6 (0.6 D)	-24.42	57.57	17.35	15.71	18.36	31.60	57.57	57.38	19.75	12.16	9.33	9.41	9.67	16.41	41.80	57.06	32.24	21.90
Layer 5 - Mid Depth (0.5 D)	-30.53	56.09	16.90	15.31	17.89	30.79	56.09	55.90	19.24	11.85	9.09	9.17	9.42	15.99	40.72	55.59	31.41	21.34
Layer 4 (0.4 D)	-36.63	54.33	16.37	14.83	17.33	29.82	54.33	54.15	18.63	11.48	8.81	8.88	9.12	15.48	39.44	53.85	30.42	20.67
Layer 3 (0.3 D)	-42.74	52.14	15.71	14.23	16.63	28.62	52.14	51.97	17.88	11.01	8.45	8.52	8.76	14.86	37.86	51.68	29.20	19.84
Layer 2 (0.2D)	-48.84	49.21	14.83	13.43	15.69	27.01	49.21	49.04	16.88	10.39	7.98	8.04	8.28	14.02	35.73	48.77	27.56	18.72
Layer 1 - Near Bed (0.1 D)	-54.95	44.57	13.43	12.16	14.21	24.46	44.57	44.42	15.29	9.41	7.23	7.28	7.48	12.70	32.36	44.17	24.90	16.90
(1m ASB)	-60.05	38.82	11.70	10.59	12.38	21.30	38.82	38.69	13.31	8.20	6.29	6.34	6.52	11.06	28.18	38.47	21.74	14.77
<b>100-Year Return Period</b>																		
Layer 10 - Surface (1.0 D)	0.00	119.11	30.76	31.50	38.14	46.78	109.77	119.11	58.05	39.91	29.40	29.81	34.97	43.67	60.32	75.88	51.79	39.98
Layer 9 (0.9 D)	-6.11	117.33	30.30	31.03	37.57	46.08	108.13	117.33	57.18	39.31	28.96	29.36	34.45	43.02	59.42	74.75	51.02	39.38
Layer 8 (0.8 D)	-12.21	115.37	29.79	30.51	36.94	45.31	106.33	115.37	56.23	38.66	28.48	28.87	33.87	42.30	58.43	73.50	50.17	38.71
Layer 7 (0.7 D)	-18.32	113.19	29.23	29.94	36.25	44.46	104.32	113.19	55.17	37.93	27.94	28.33	33.23	41.50	57.32	72.11	49.22	37.97
Layer 6 (0.6 D)	-24.42	110.73	28.80	29.28	35.46	43.49	102.04	110.73	53.96	37.10	27.33	27.71	32.51	40.60	56.07	70.54	48.15	37.15
Layer 5 - Mid Depth (0.5 D)	-30.53	107.88	27.89	28.53	34.54	42.37	99.42	107.88	52.58	36.15	26.63	27.00	31.67	39.55	54.63	68.73	46.91	36.19
Layer 4 (0.4 D)	-36.63	104.50	26.99	27.84	33.46	41.04	96.30	104.50	50.93	35.01	25.79	26.15	30.88	38.31	52.92	66.57	45.44	35.08
Layer 3 (0.3 D)	-42.74	100.29	25.90	26.52	32.11	39.39	92.42	100.29	48.88	33.80	24.75	25.10	29.44	36.77	50.79	63.89	43.81	33.85
Layer 2 (0.2D)	-48.84	94.64	24.44	25.03	30.31	37.17	87.22	94.64	46.13	31.71	23.36	23.69	27.79	34.70	47.93	60.29	41.15	31.75
Layer 1 - Near Bed (0.1 D)	-54.95	85.72	22.14	22.67	27.45	33.67	79.00	85.72	41.78	28.72	21.16	21.45	25.17	31.43	43.41	54.61	37.27	28.76
(1m ASB)	-60.05	74.66	19.28	19.74	23.91	29.32	68.80	74.66	36.39	25.02	18.43	18.68	21.92	27.37	37.81	47.56	32.46	25.05

Tabel 3. 2 Data Gelombang 1 Tahunan dan 100 Tahunan

Return Period	Wave Height (m) and Associated Periods (second) For All Direction (to which)																
	Omni	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
<b>1-Year</b>																	
Hs	1.94	0.34	0.32	0.26	0.50	0.40	1.94	0.65	0.39	0.40	0.33	0.40	0.60	1.55	1.29	0.53	0.37
Tp	6.54	3.07	2.97	2.96	3.48	5.31	6.54	4.70	3.25	3.31	3.25	3.23	3.53	5.84	5.20	3.28	3.17
Tz	5.09	2.39	2.31	2.32	2.71	4.13	5.09	3.66	2.53	2.57	2.53	2.51	2.75	4.54	4.04	2.55	2.47
Hmax	3.88	0.68	0.64	0.52	1.00	0.80	3.88	1.30	0.78	0.80	0.66	0.80	1.20	3.10	2.58	1.06	0.74
Tmax	5.89	2.76	2.67	2.68	3.13	4.78	5.89	4.23	2.93	2.98	2.93	2.91	3.18	5.26	4.68	2.95	2.85
<b>100-Years</b>																	
Hs	4.74	1.30	1.55	1.75	1.81	1.35	4.74	3.86	1.25	1.41	1.40	1.35	2.38	3.07	2.16	1.46	1.23
Tp	10.12	4.65	5.61	5.55	6.28	8.63	10.12	10.05	6.22	5.25	5.24	5.53	7.97	7.95	6.97	5.66	4.41
Tz	7.87	3.62	4.36	4.32	4.88	6.71	7.87	7.82	4.84	4.08	4.07	4.30	6.20	6.18	5.42	4.40	3.43
Hmax	9.48	2.60	3.10	3.50	3.62	2.70	9.48	7.72	2.50	2.82	2.80	2.70	4.76	6.14	4.32	2.92	2.46
Tmax	9.11	4.19	5.05	5.00	5.65	7.77	9.11	9.05	5.60	4.73	4.72	4.98	7.17	7.16	6.27	5.09	3.97

### **3.2.3. Pemodelan Jacket Minimalis 3 Kaki**

Pemodelan jacket minimalis dilakukan untuk memberikan gambaran mengenai objek yang akan dianalisis. Dalam pemodelan ini juga dimasukkan data-data pendukung seperti data gelombang, arus, serta faktor kontingensi.

### **3.2.4. Validasi Pemodelan**

Validasi pemodelan dilakukan untuk memastikan bahwa model sudah merepresentasikan struktur yang sebenarnya. Validasi model dilakukan dengan membandingkan berat struktur pada model dan berat struktur sebenarnya. Besarnya error yang dihasilkan dari perbedaan keduanya tidak diperkenankan lebih dari 5%. Apabila pada proses validasi pemodelan hasilnya tidak memenuhi kriteria, maka dilakukan pengecekan ulang serta perubahan property hingga memenuhi kriteria validasi.

### **3.2.5. Analisis In-Place**

Analisis in-place merupakan analisis pada jacket untuk mengetahui respons member pada jacket saat menerima beban statis. Meskipun beban arus dan gelombang merupakan beban dinamis, namun dalam analisis ini, beban tersebut dianggap sebagai beban statis karena menggunakan data 1 tahunan dan 100 tahunan. Melalui analisis ini, dapat ditentukan letak sambungan tubular kritis beserta pembebanan yang diterima pada sambungan tersebut.

### **3.2.6. Penentuan Sambungan Kritis**

Sambungan kritis pada struktur anjungan jacket ditentukan melalui hasil yang didapat pada analisis in-place. Sambungan kritis diasosiasikan sebagai sambungan dengan member yang memiliki UC paling besar.

### **3.2.7. Pemodelan Sambungan Kritis**

Pemodelan ini meliputi pemodelan sambungan tubular sekaligus memasukkan boundary condition seperti tipe support yang terdapat pada ujung-ujung member. Elemen yang diambil untuk memodelkan struktur sambungan kritis adalah elemen solid. Hal ini mengacu pada studi yang dilakukan oleh Ahmadi (2017) yang membandingkan pemodelan dengan solid element dan shell element dan didapatkan hasil bahwa pemodelan dengan elemen solid lebih representatif terhadap struktur aslinya. Selain itu dimasukkan pula pembebanan yang diterima oleh sambungan yang didapat dari analisis in-place sebelumnya.

### **3.2.8. Analisis Meshing Sensitivity**

Meshing sensitivity adalah sebuah metode yang digunakan untuk memvalidasi pemodelan lokal. Meshing menggunakan prinsip metode elemen hingga dengan membagi suatu struktur menjadi elemen-elemen yang lebih kecil. Dalam meshing, jumlah atau ukuran elemen divariasikan hingga tingkat tertentu sampai tegangan yang dihasilkan mulai mencapai nilai yang konstan.

### **3.2.9. Analisis Distribusi Tegangan Lokal**

Dalam prosedur ini, dilakukan analisis tegangan lokal dengan tiga variasi kondisi pembebanan, yaitu gaya aksial, inplane bending moment, dan outplane bending moment. Lokasi tinjau distribusi tegangan ada di daerah weld toe yang menempel pada chord dan brace.

### **3.2.10. Penentuan SCF**

SCF merupakan faktor pengali dari tegangan nominal sehingga didapat hotspot stress yang ada pada sambungan. Penentuan SCF diawali dengan mencari tegangan nominal yang letaknya jauh dari titik diskontinuitas, atau berjarak sekitar setengah panjang brace. Selanjutnya hotspot stress yang diperoleh dari analisis distribusi tegangan sebelumnya dibagi dengan tegangan nominal yang didapat sehingga SCF pun dapat diketahui.

### **3.2.11. Komparasi SCF Dari Hasil Analisis Global dan Analisis Lokal**

Prosedur ini dilakukan untuk mengetahui berapa kali lipat perbedaan antara SCF yang dihasilkan dari analisis global dengan analisis lokal. Sehingga, nantinya dapat disimpulkan bahwa analisis tegangan lokal penting untuk dilakukan dalam proses FEED struktur lepas pantai.

### **3.2.12. Studi Parametrik (variasi $\beta$ , $\gamma$ , dan $\tau$ )**

Analisis ini dilakukan dengan menentukan hotspot stress yang terjadi pada daerah sambungan akibat variasi parameter tubular seperti  $\beta$ ,  $\gamma$ , dan  $\tau$ . Hal ini dilakukan untuk menentukan kemungkinan struktur masih dapat dioptimalkan atau tidak.

### **3.2.13. Kesimpulan dan Saran**

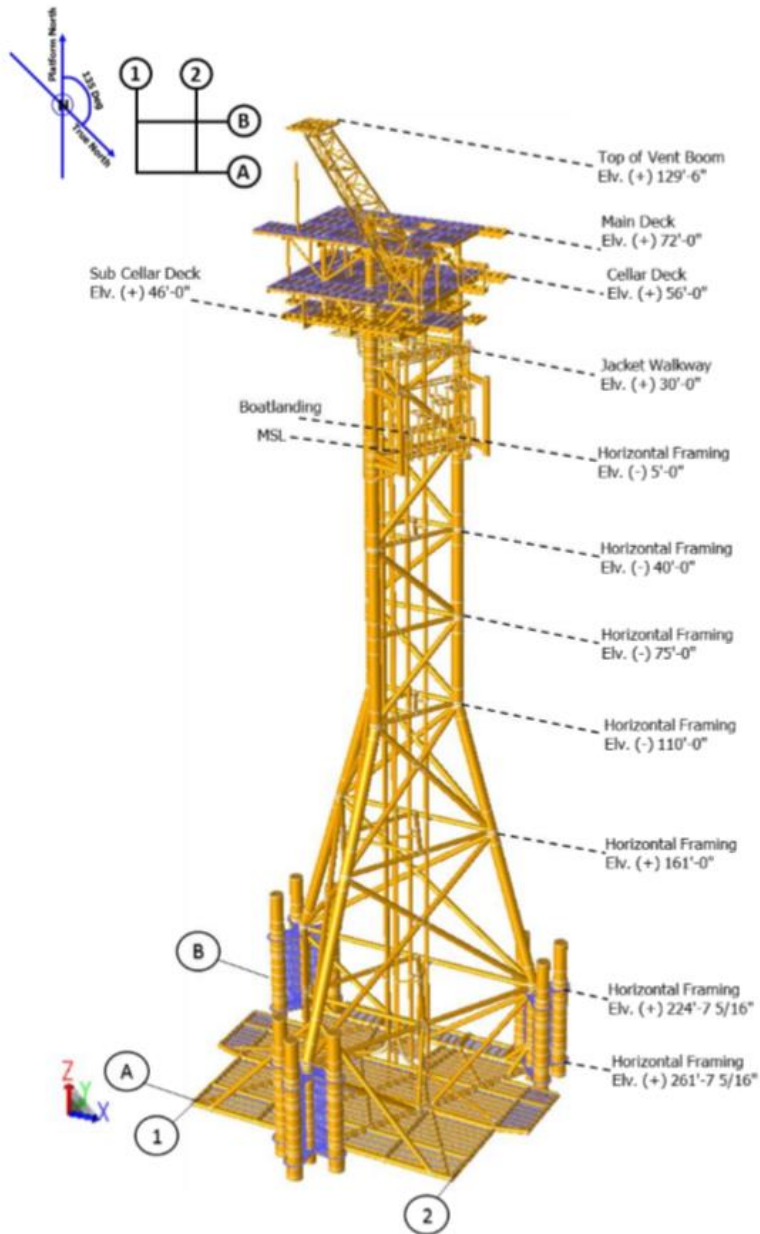
Setelah seluruh prosedur analisis dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan yang menjawab rumusan masalah pada BAB I. Selain itu, saran juga akan dicantumkan sebagai rujukan untuk penelitian selanjutnya.

# BAB IV

## ANALISIS DAN PEMBAHASAN

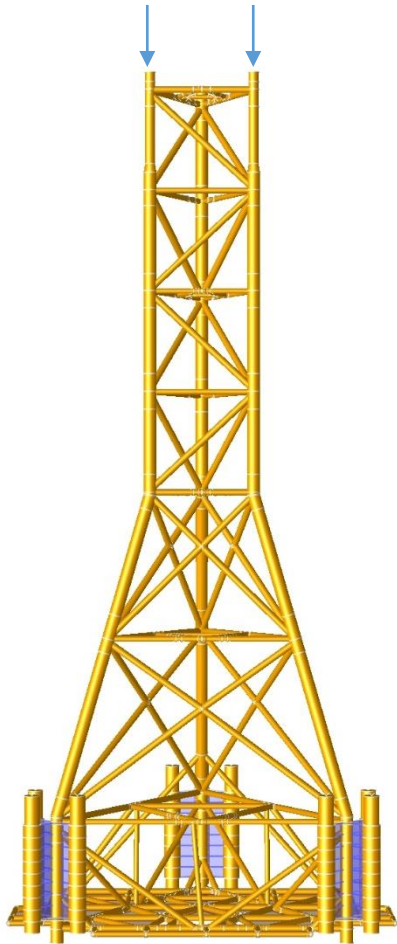
### 4.1 Pemodelan Jacket

Berikut merupakan model jacket minimalis tiga kaki yang digunakan sebagai objek penelitian dalam tugas akhir.

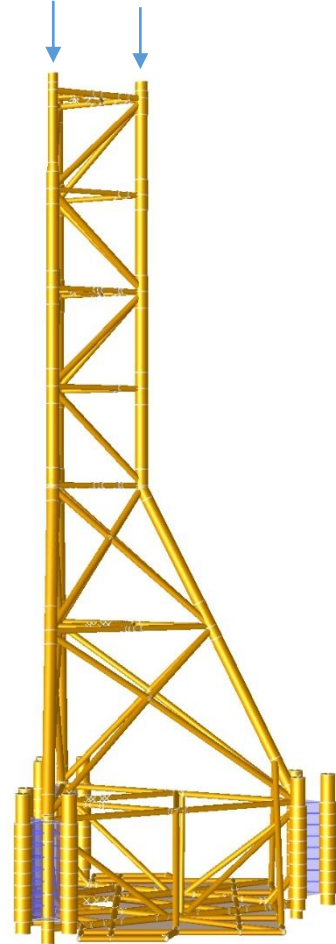




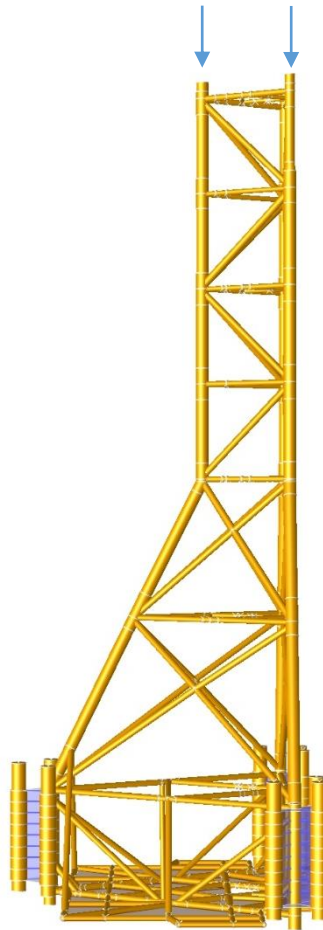
Dari model tersebut, kemudian dimodelkan ulang berupa struktur jacket tanpa superstructure deck. Beban deck kemudian dimodelkan sebagai beban titik pada setiap deck leg jacket. Berikut merupakan hasil pemodelan dari struktur jacket masing-masing pada tampak ROW “B”, ROW “B1-A”, dan ROW “B2-A”.



**Gambar 4. 2 Jacket Minimalis Row  
1-2**



**Gambar 4. 1 Jacket Minimalis  
Row B1-A**



Gambar 4. 3 Jacket Minimalis Row B2-A

#### 4.2 Validasi Pemodelan

Validasi pemodelan bertujuan untuk memastikan bahwa pemodelan yang dilakukan sudah merepresentasikan struktur pada kondisi aslinya. Langkah ini dilakukan dengan cara membandingkan berat model struktur dengan berat struktur pada dokumen *weight control report* perusahaan.

Tabel 4. 1 Validasi Pemodelan Jacket Minimalis

Komponen Berat	Base Weight (ton)	Faktor Contingency	Factored Weight (ton)	Error (%)
Pemodelan	4196,548	1,07	4490,30636	2,480066331
WCR	4303,272	1,07	4604,50104	

Dari hasil perbandingan diatas, diketahui bahwa error yang didapat adalah 2,48%. Maka, dapat disimpulkan bahwa pemodelan yang dilakukan sudah merepresentasikan struktur yang sebenarnya karena telah memenuhi kriteria  $error \leq 5\%$ .

### 4.3 Analisis Pembebanan Struktur

#### 4.3.1. Pembebanan dan Faktor

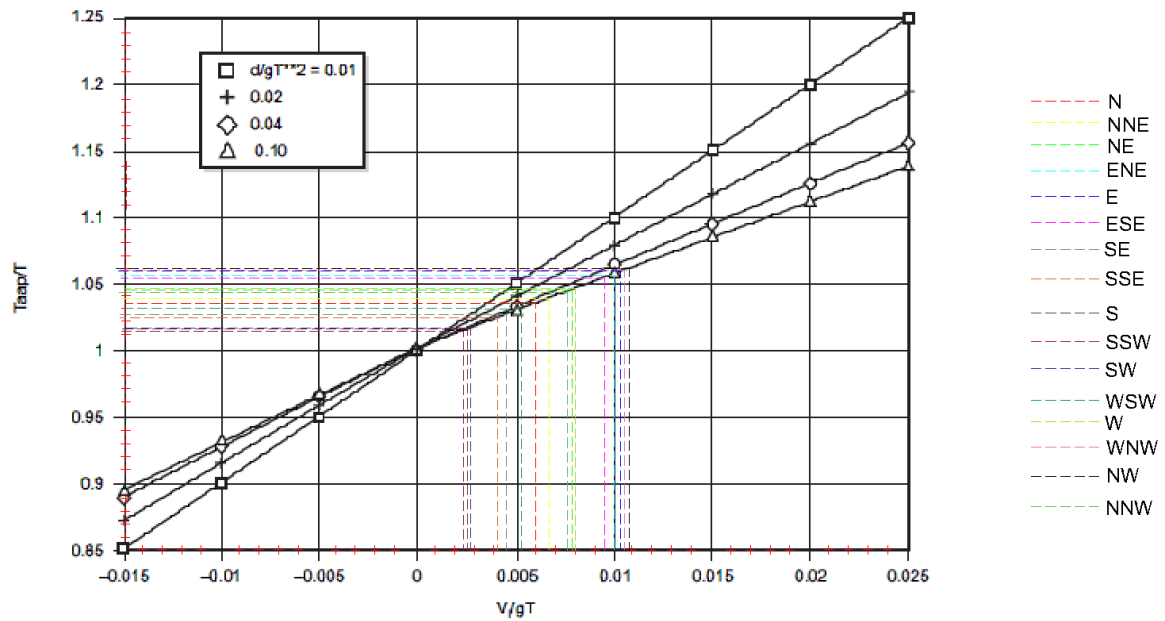
Data pembebanan dan faktor yang dimasukkan dalam proses analisis adalah sebagai berikut.

- a. Beban topside dimodelkan sebagai beban *joint* yang diberikan pada tiap *jacket leg*.
- b. Data gelombang kondisi operasi (1 tahunan) yang terlampir pada tabel 3.2. Input yang dimasukkan berupa tinggi maksimum gelombang (m) dan periode gelombang (s).
- c. Data gelombang kondisi badai (100 tahunan) yang terlampir pada tabel 3.2. Input yang dimasukkan berupa tinggi maksimum gelombang (m) dan periode gelombang (s).
- d. Data arus kondisi operasi (1 tahunan) yang terlampir pada tabel 3.1. Input data yang dimasukkan berupa kecepatan arus per 10% kedalaman laut.
- e. Data arus kondisi badai (100 tahunan) yang terlampir pada tabel 3.1. Input data yang dimasukkan berupa kecepatan arus per 10% kedalaman laut.
- f. Faktor kinematika gelombang sebesar 0.95.
- g. Current blockage factor sebesar 0.9.

#### 4.3.2. Penentuan Teori Gelombang

Dalam data gelombang yang dipakai, dapat ditentukan bahwa tipe gelombang pada area tersebut merupakan gelombang regular. Sehingga analisis statis dapat digunakan untuk mendapatkan respons struktur. Langkah pertama yang dilakukan adalah dengan menentukan teori gelombang yang merepresentasikan kondisi actual. Berikut merupakan penentuan teori gelombang kondisi operasi dan badai.

### 4.3.1. Kondisi Operasi



Gambar 4. 4 Penentuan  $T_{app}/T$  Kondisi Operasi

Berikut merupakan  $T_{app}$  untuk kondisi operasi pada setiap arah gelombang. Penentuan  $T_{app}$  perlu dilakukan karena pada kondisi aktual, gelombang mengalami efek *Doppler* sehingga periode gelombang yang mengenai struktur menjadi lebih besar.

Tabel 4. 2 Penentuan  $T_{app}$  Tiap Arah Pembebanan Kondisi Operasi

Dir (deg)	T (s)	$V_I$ (m/s)	$d/gT^2$	$V_I/gT$	$T_{app}/T$	$T_{app}(s)$	
N	225	3.07	0.187	0.863	0.006	1.035	3.177
NNE	247.5	2.97	0.169	0.922	0.006	1.038	3.083
NE	270	2.98	0.198	0.916	0.007	1.045	3.114
ENE	292.5	3.48	0.340	0.672	0.010	1.056	3.675
E	315	5.31	0.619	0.289	0.012	1.058	5.618
ESE	337.5	6.54	0.617	0.190	0.010	1.055	6.900
SE	0	4.7	0.212	0.368	0.005	1.025	4.818
SSE	22.5	3.25	0.131	0.770	0.004	1.022	3.322
S	45	3.31	0.100	0.743	0.003	1.011	3.346
SSW	67.5	3.25	0.101	0.770	0.003	1.011	3.286
SW	90	3.23	0.104	0.780	0.003	1.011	3.266
WSW	112.5	3.53	0.177	0.653	0.005	1.030	3.636
W	135	5.84	0.450	0.239	0.008	1.045	6.103
WNW	157.5	5.2	0.614	0.301	0.012	1.040	5.408
NW	180	3.28	0.347	0.756	0.011	1.060	3.477

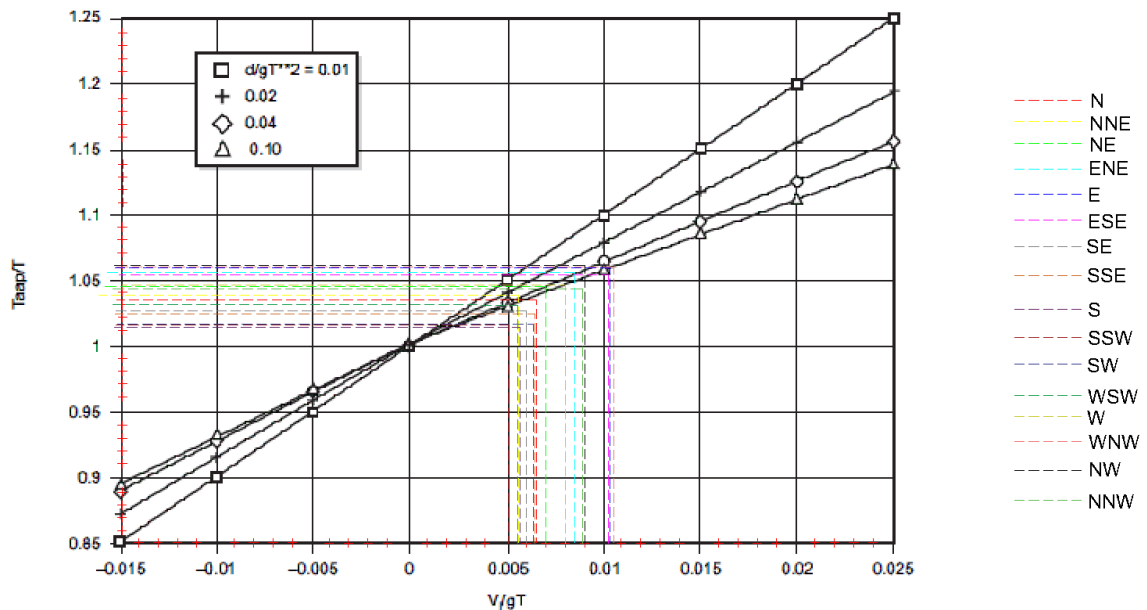
Dir (deg)	T (s)	$V_I$ (m/s)	$d/gT^2$	$V_I/gT$	$T_{app}/T$	$T_{app}(s)$
NNW	202.5	3.17	0.236	0.810	1.045	3.313

Dengan bantuan *wave validity diagram*, maka diperoleh teori gelombang yang digunakan.

Tabel 4. 3 Penentuan Teori Gelombang Kondisi Operasi

Dir (deg)	Hs (m)	$T_{app}$ (s)	$H/gT_{app}^2$	$d/gT_{app}^2$	Teori Gelombang	
N	225	0.34	3.177	0.003	0.806	Stokes Orde 5
NNE	247.5	0.32	3.083	0.003	0.856	Stokes Orde 5
NE	270	0.26	3.114	0.003	0.839	Stokes Orde 5
ENE	292.5	0.5	3.675	0.004	0.602	Stokes Orde 5
E	315	0.4	5.618	0.001	0.258	Stokes Orde 5
ESE	337.5	1.94	6.900	0.004	0.171	Stokes Orde 5
SE	0	0.65	4.818	0.003	0.351	Stokes Orde 5
SSE	22.5	0.39	3.322	0.004	0.738	Stokes Orde 5
S	45	0.4	3.346	0.004	0.727	Stokes Orde 5
SSW	67.5	0.33	3.286	0.003	0.754	Stokes Orde 5
SW	90	0.4	3.266	0.004	0.763	Stokes Orde 5
WSW	112.5	0.6	3.636	0.005	0.615	Stokes Orde 5
W	135	1.55	6.103	0.004	0.218	Stokes Orde 5
WNW	157.5	1.29	5.408	0.005	0.278	Stokes Orde 5
NW	180	0.53	3.477	0.004	0.673	Stokes Orde 5
NNW	202.5	0.37	3.313	0.003	0.741	Stokes Orde 5

#### 4.3.2. Kondisi Badai



Gambar 4. 5 Penentuan  $T_{app}/T$  Kondisi Badai

Berikut merupakan  $T_{app}$  untuk kondisi badai pada setiap arah gelombang. Penentuan  $T_{app}$  perlu dilakukan karena pada kondisi aktual, gelombang mengalami efek *Doppler* sehingga periode gelombang yang mengenai struktur menjadi lebih besar.

Tabel 4. 4 Penentuan  $T_{app}$  Tiap Arah Pembebanan Pada Kondisi Badai

Dir (deg)	T (s)	$V_I$ (m/s)	$d/gT^2$	$V_I/gT$	$T_{app}/T$	$T_{app}$ (s)
N	225	4.65	0.308	0.376	1.033	4.803
NNE	247.5	5.61	0.315	0.259	1.037	5.818
NE	270	5.55	0.381	0.264	1.045	5.800
ENE	292.5	6.28	0.468	0.206	1.055	6.625
E	315	8.63	1.098	0.109	1.058	9.131
ESE	337.5	10.12	1.191	0.079	1.058	10.707
SE	0	10.05	0.581	0.081	1.025	10.301
SSE	22.5	6.22	0.399	0.210	1.023	6.363
S	45	5.25	0.294	0.295	1.012	5.313
SSW	67.5	5.24	0.298	0.296	1.013	5.308
SW	90	5.53	0.350	0.266	1.015	5.613
WSW	112.5	7.97	0.437	0.128	1.030	8.209
W	135	7.95	0.603	0.129	1.045	8.308
WNW	157.5	6.97	0.759	0.167	1.040	7.249
NW	180	5.66	0.518	0.254	1.060	6.000
NNW	202.5	4.41	0.400	0.418	1.042	4.595

Dengan bantuan *wave validity diagram*, maka diperoleh teori gelombang yang digunakan.

Tabel 4. 5 Penentuan Teori Gelombang Pada Kondisi Badai

Dir (deg)	Hs (m)	$T_{app}$ (s)	$H/gT_{app}^2$	$d/gT_{app}^2$	Teori Gelombang
N	225	1.3	4.803	0.006	Stokes Orde 5
NNE	247.5	1.55	5.818	0.005	Stokes Orde 5
NE	270	1.75	5.800	0.005	Stokes Orde 5
ENE	292.5	1.81	6.625	0.004	Stokes Orde 5
E	315	1.35	9.131	0.002	Stokes Orde 5
ESE	337.5	4.74	10.707	0.004	Stokes Orde 5
SE	0	3.86	10.301	0.004	Stokes Orde 5
SSE	22.5	1.25	6.363	0.003	Stokes Orde 5
S	45	1.41	5.313	0.005	Stokes Orde 5
SSW	67.5	1.4	5.308	0.005	Stokes Orde 5
SW	90	1.35	5.613	0.004	Stokes Orde 5

Dir (deg)	Hs (m)	T <sub>app</sub> (s)	H/gT <sub>app</sub> <sup>2</sup>	d/gT <sub>app</sub> <sup>2</sup>	Teori Gelombang
WSW	112.5	2.38	8.209	0.004	0.121 Stokes Orde 5
W	135	3.07	8.308	0.005	0.118 Stokes Orde 5
WNW	157.5	2.16	7.249	0.004	0.155 Stokes Orde 5
NW	180	1.46	6.000	0.004	0.226 Stokes Orde 5
NNW	202.5	1.23	4.595	0.006	0.385 Stokes Orde 5

#### 4.3.3. Beban Kombinasi

##### a. Beban Kombinasi Kondisi Operasi

Berikut merupakan pembebanan yang diterima struktur pada saat kondisi operasi.

Tabel 4. 6 Beban Kombinasi Pada Kondisi Operasi

Beban Kombinasi	Beban Lingkungan	Topside	Deadload
ON	1N	TOPS	DEDL
ONNE	1NNE	TOPS	DEDL
ONE	1NE	TOPS	DEDL
OENE	1ENE	TOPS	DEDL
OE	1E	TOPS	DEDL
OESE	1ESE	TOPS	DEDL
OSE	1SE	TOPS	DEDL
OSSE	1SSE	TOPS	DEDL
OS	1S	TOPS	DEDL
OSSW	1SSW	TOPS	DEDL
OSW	1SW	TOPS	DEDL
OWSW	1WSW	TOPS	DEDL
OW	1W	TOPS	DEDL
OWNW	1WNW	TOPS	DEDL
ONW	1NW	TOPS	DEDL
ONNW	1NNW	TOPS	DEDL

##### b. Beban Kombinasi Kondisi Badai

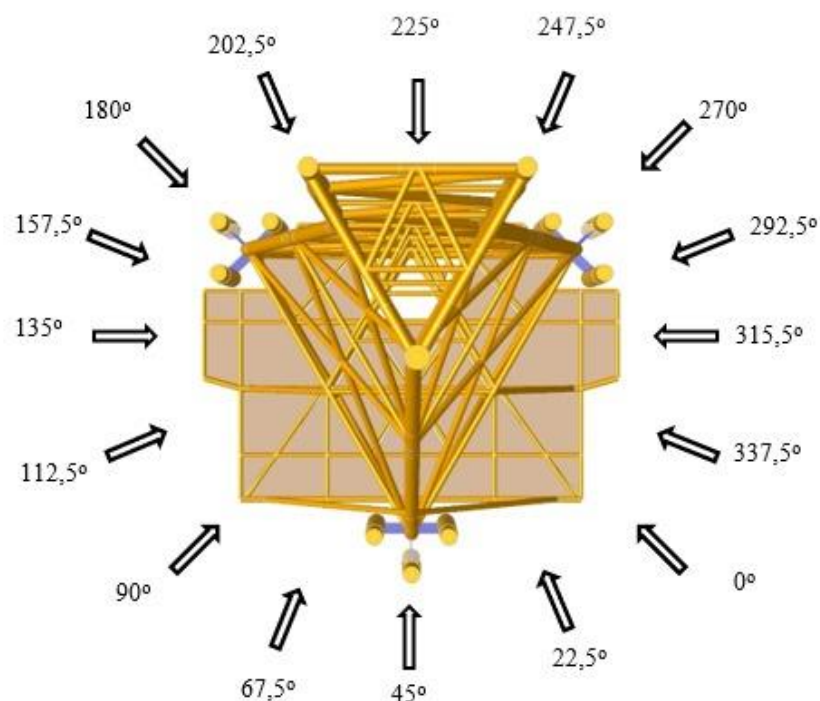
Berikut merupakan pembebanan yang diterima struktur pada saat kondisi badai.

Tabel 4. 7 Beban Kombinasi Pada Kondisi Badai

Beban Kombinasi	Beban Lingkungan	Topside	Deadload
BN	2N	TOPS	DEDL
BNNE	2NNE	TOPS	DEDL
BNE	2NE	TOPS	DEDL
BENE	2ENE	TOPS	DEDL
BE	2ENE	TOPS	DEDL
BESE	2ESE	TOPS	DEDL

Beban Kombinasi	Beban Lingkungan	Topside	Deadload
BSE	2SE	TOPS	DEDL
BSSE	2SSE	TOPS	DEDL
BS	2S	TOPS	DEDL
BSSW	2SSW	TOPS	DEDL
BSW	2SW	TOPS	DEDL
BWSW	2WSW	TOPS	DEDL
BW	2WSW	TOPS	DEDL
BWNW	2WNW	TOPS	DEDL
BNW	2NW	TOPS	DEDL
BNNW	2NNW	TOPS	DEDL

Berikut merupakan arah pembebanan gelombang pada struktur jacket.



**Gambar 4. 6 Arah Pembebanan Struktur Jacket**

Dari data pembebanan berupa gelombang dan arus diatas, software akan melakukan analisis statis sehingga akan didapatkan respons member terhadap masing-masing kondisi pembebanan.

#### 4.4 Analisis Inplace

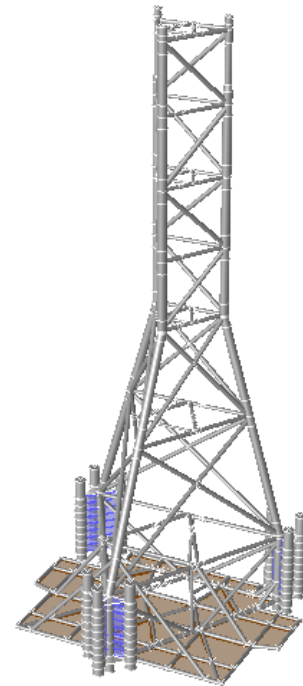
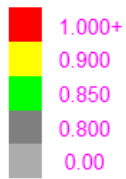
Analisis inplace merupakan analisis statis yang dilakukan pada struktur jacket. Tujuan dari analisis ini adalah mengetahui respons tiap member terhadap pembebanan yang diberikan. Pada analisis inplace terdapat suatu parameter yaitu UC (unity check) yang merupakan perbandingan antara tegangan yang terjadi dengan tegangan yang



dihasilkan. Suatu member dikatakan aman apabila UC yang dihasilkan  $< 1$ . Berikut merupakan hasil analisis inplace jacket MBH.

For All Active LCs

Mem Result: Combined UC



Gambar 4. 7 Hasil Visualisasi Analisis Inplace

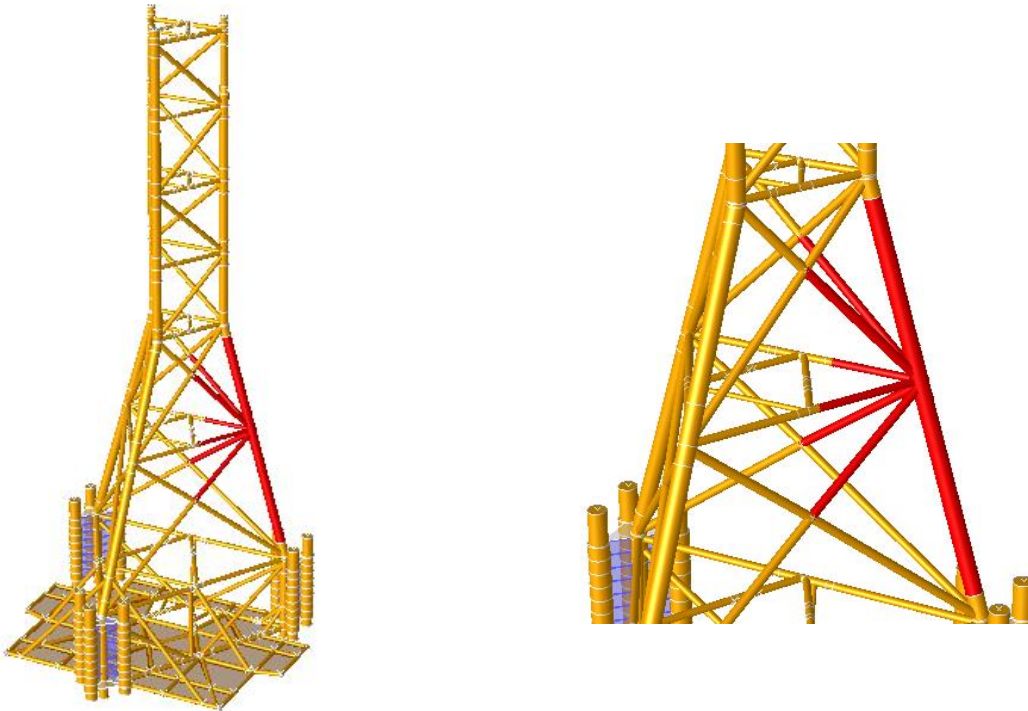
Berikut merupakan sepuluh member pada struktur jacket dengan UC tertinggi.

Tabel 4. 8 *Structural Integrity Check*

MEMBER	GROUP	UC	LOAD CN
0175-0140	B81	0.249	BW
0176-0173	B81	0.249	BESE
0050-012A	B61	0.228	BESE
0055-012C	B61	0.222	BW
011Z-0049	B61	0.219	BESE
0055-012D	B61	0.217	BESE
012E-0050	B61	0.217	BW
012B-0049	B61	0.216	BW
0022-0025	JB7	0.216	BESE
0023-0026	JB7	0.212	BW

#### 4.5 Penentuan Sambungan Kritis

Sambungan kritis ditentukan dengan memilih member yang memiliki UC terbesar. Hasil penentuan sambungan kritis adalah sebagai berikut.



**Gambar 4. 8 Sambungan Kritis Jacket Minimalis**

Berikut merupakan table pembebanan serta geometri dari tiap elemen pada sambungan kritis.

**Tabel 4. 9 Pembebanan Pada Sambungan Kritis**

Elemen	Member	UC	Axial Stress (ksi)	Force (X) (kips)	Force (Y) (kips)	Force (Z) (kips)	Moment (X) (kips-in)	Moment (Y) (kips-in)	Moment (Z) (kips-in)
JOINT CAN 1	0130-0050	0.102	-1.98	-801.24	-0.40	-5.48	457.17	1273.89	-104.4763
JOINT CAN 2	0050-0153	0.148	-2.88	-1171.16	2.23	5.98	-161.72	-1116.43	-920.74
CHORD 1	0122-0130	0.11	-2.02	-748.08	0.23	8.77	457.17	515.36	-62.05
CHORD 2	0153-0230	0.184	-3.14	-1243.98	1.55	-13.72	-161.72	-3541.47	263.51
BRACE 1	012E-0050	0.217	0.92	50.15	-0.87	-5.41	-50.24	744.44	46.44

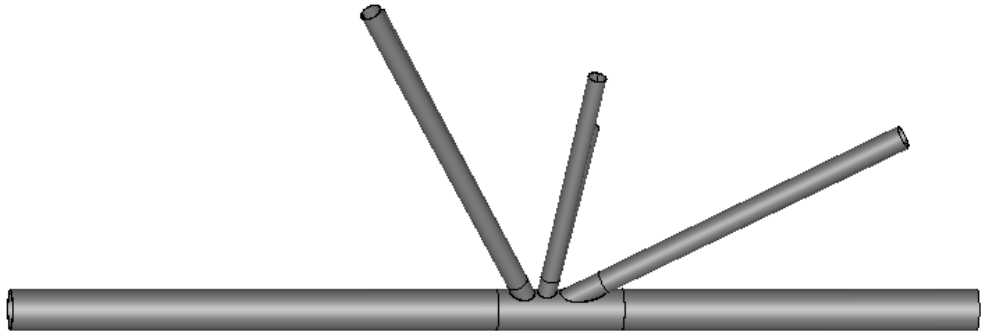
Elemen	Member	UC	Axial Stress (ksi)	Force (X) (kips)	Force (Y) (kips)	Force (Z) (kips)	Moment (X) (kips-in)	Moment (Y) (kips-in)	Moment (Z) (kips-in)
BRACE 2	0050-012A	0.228	1.4	76.58	0.01	3.44	56.32	895.52	11.81
BRACE 3	0056-0050	0.137	-2.02	-235.95	1.17	5.98	-20.07	-343.82	-393.93
BRACE 4	0068-0050	0.083	0.47	49.80	2.59	8.28	-115.42	-968.19	-552
BRACE 5	0066-0050	0.106	-1.37	-131.95	-0.08	6.25	34.63	-477.63	-28.71
BRACE 6	0072-0050	0.063	-0.23	-24.05	-0.02	8.44	8.28	-907.27	-41.35

Tabel 4. 10 Geometri Setiap Elemen Pada Sambungan Kritis

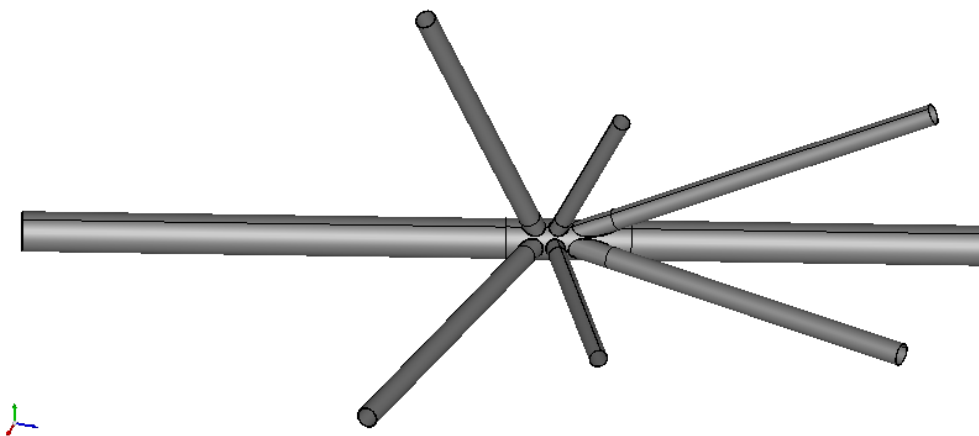
Elemen	Panjang (ft)	Modulus Young (ksi)	Kekuatan Yield (ksi)	Massa Jenis (lb/ft3)	OD (in)	Wt (in)
JOINT CAN 1	8.5833	29000	36	490	54	2.5
JOINT CAN 2	5	29000	36	490	54	2.5
CHORD 1	38.318	29000	36	490	53	2.5
CHORD 2	52.503	29000	36	490	53	2.5
BRACE 1	23.476	29000	36	490	24	0.75
BRACE 2	29.232	29000	36	490	24	0.75
BRACE 3	43.006	29000	36	490	30	1.375
BRACE 4	43.203	29000	36	490	28	1.25
BRACE 5	45.444	29000	36	490	28	1.25
BRACE 6	40.205	29000	36	490	28	1.25

#### 4.6 Pemodelan Sambungan Kritis

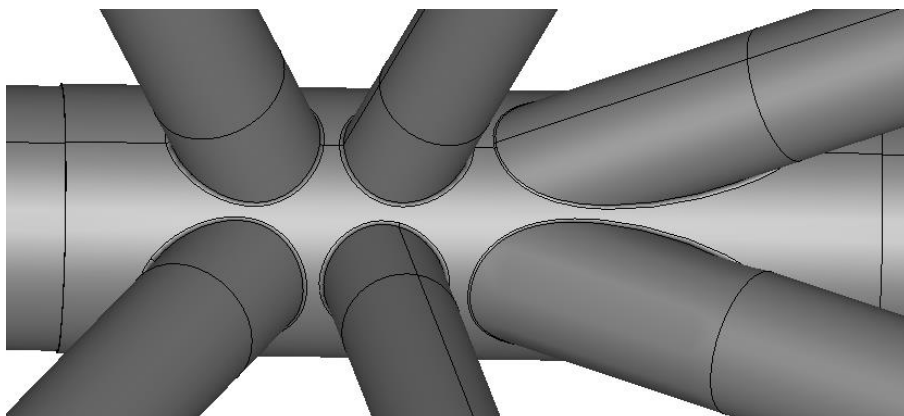
Sambungan kritis yang didapatkan dari analisis inplace sebelumnya dimodelkan sebagai solid element. Pemodelan ini dilakukan dengan software Salome Meca pada module Geometry. Berikut merupakan hasil pemodelan sambungan kritis dari jacket minimalis.



**Gambar 4. 9 Hasil Pemodelan Sambungan Kritis (Tampak Samping)**



**Gambar 4. 10 Hasil Pemodelan Sambungan Kritis (Tampak Atas)**

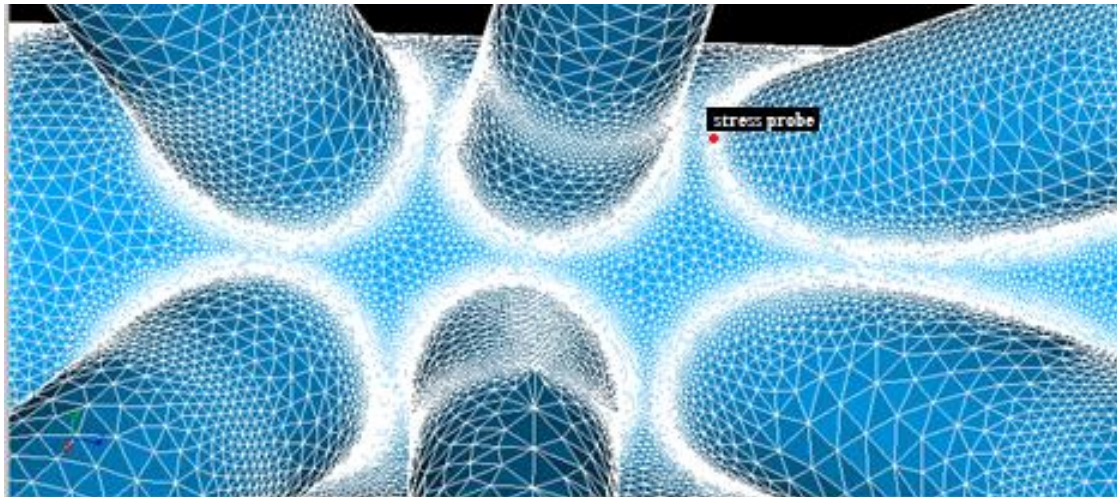


**Gambar 4. 11 Detail Sambungan**

#### 4.7 Analisis Meshing Sensitivity

Meshing sensitivity merupakan suatu metode untuk memperoleh hasil tegangan yang konstan pada suatu model metode elemen hingga. Pada analisis ini, dilakukan variasi jumlah elemen yang ada pada struktur. Menurut Efthymiou (1988), boundary condition berupa fixity pada ujung chord sambungan tubular struktur lepas pantai bervariasi dari tumpuan engsel hingga jepit, namun secara umum dapat menggunakan tumpuan jepit. Oleh karena itu, pada analisis ini, boundary condition yang digunakan yaitu tumpuan jepit pada ujung-ujung chord. Selanjutnya dimasukkan pula pembebanan kombinasi berupa gaya aksial, in plane bending moment, dan out plane bending moment.

Meshing dilakukan dengan metode sub-zone meshing, yaitu dengan mengatur elemen hasil meshing semakin kecil saat mendekati daerah diskontinuitas, sedangkan pada area lain dibuat dengan ukuran elemen yang lebih besar. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan hasil meshing yang baik (Prastianto et al, 2018). Hasil tegangan yang diambil pada setiap proses meshing berada pada titik stress probe yang sama seperti terlihat pada gambar dibawah.



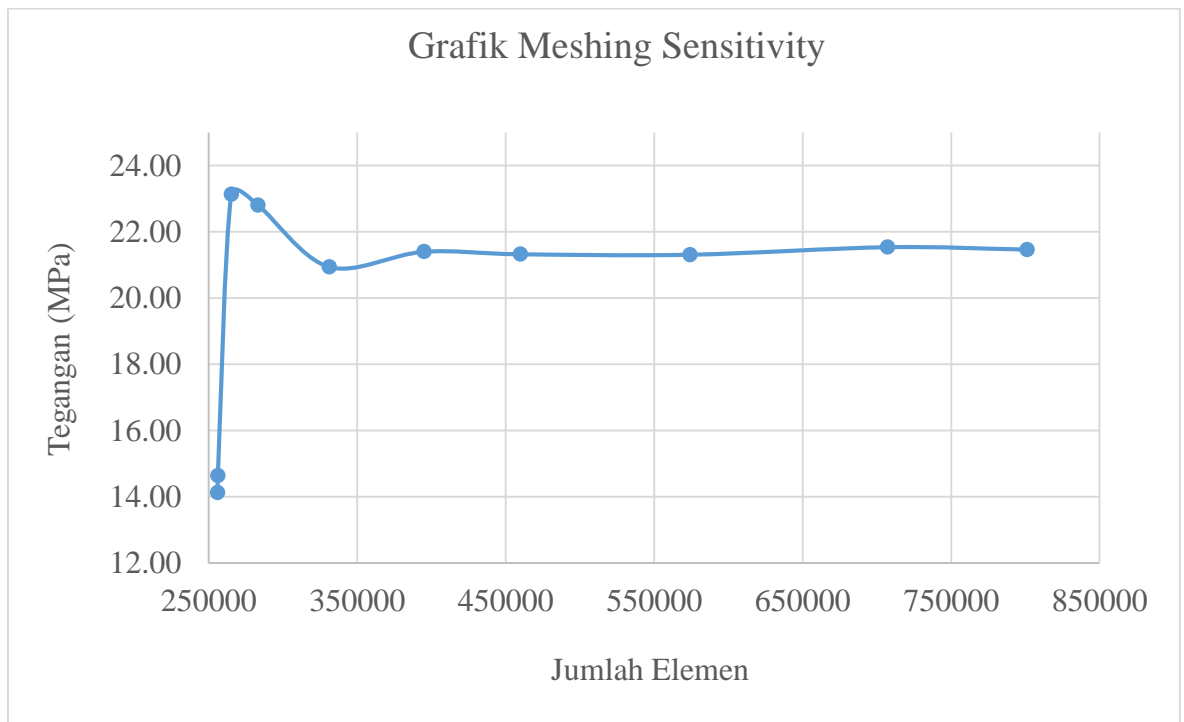
Gambar 4. 12 Probe Stress Meshing Sensitivity

Jumlah elemen pada analisis meshing sensitivity divariasikan sebanyak 10 kali dengan rentang 250.000 hingga 800.000 elemen. Berikut merupakan hasil analisis meshing sensitivity.

Tabel 4. 11 Output Tegangan Meshing Sensitivity

Jumlah Elemen	Stress Probe			Stress (Pa)	Stress (Mpa)	Error (%)
	X	Y	Z			
255955	9.05543	9.53596	-48.6338	1.41E+07	14.12	
256191	9.05543	9.53596	-48.6338	1.46E+07	14.63	3.51
265270	9.05543	9.53596	-48.6338	2.31E+07	23.14	36.75
283171	9.05543	9.53596	-48.6338	2.28E+07	22.81	1.44
331093	9.05543	9.53596	-48.6338	2.09E+07	20.94	8.17
394937	9.05543	9.53596	-48.6338	2.14E+07	21.40	2.19
459861	9.05543	9.53596	-48.6338	2.13E+07	21.32	0.35
574247	9.05543	9.53596	-48.6338	2.13E+07	21.31	0.07
707153	9.05543	9.53596	-48.6338	2.15E+07	21.54	1.06
801149	9.05543	9.53596	-48.6338	2.15E+07	21.47	0.33

Berikut merupakan hasil meshing sensitivity dalam bentuk grafik.

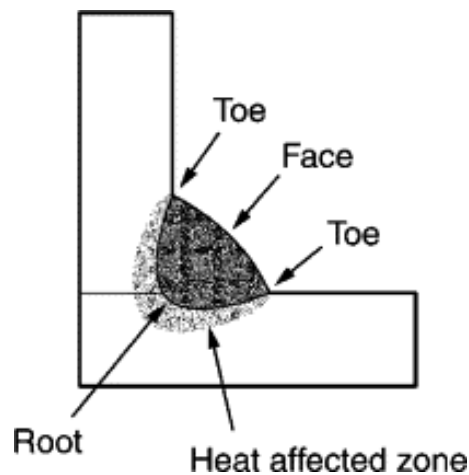


Gambar 4. 13 Grafik Meshing Sensitivity

Dari hasil diatas terlihat bahwa pada lima percobaan meshing terakhir, grafik tegangan yang dihasilkan sudah mulai linear serta *error* yang didapat sudah dibawah 5%. Oleh karena itu, pemilihan jumlah elemen dapat dilakukan pada area tersebut. Kemudian untuk analisis selanjutnya, dipilih meshing dengan jumlah elemen 574247.

#### 4.8 Analisis Distribusi Tegangan Lokal

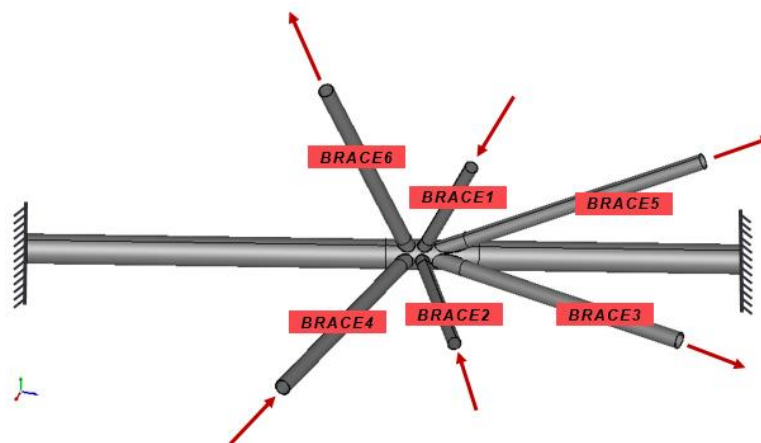
Pada analisis ini, tiap brace diberikan pembebanan dengan tiga variasi kondisi, yaitu kondisi pembebanan gaya aksial, inplane bending moment, dan outplane bending moment. Untuk besar serta arah pembebanan yang diberikan di setiap brace merujuk pada hasil output gaya dan momen dari analisis global inplane yang sebelumnya telah dilakukan. Lokasi distribusi tegangan yang ditinjau di di tiap brace yaitu pada 2 lokasi. Yang pertama adalah di sepanjang weld toe yang menempel pada brace, dan selanjutnya pada weld toe yang menempel pada chord.



Gambar 4. 14 Lokasi Tinjauan Distribusi Tegangan

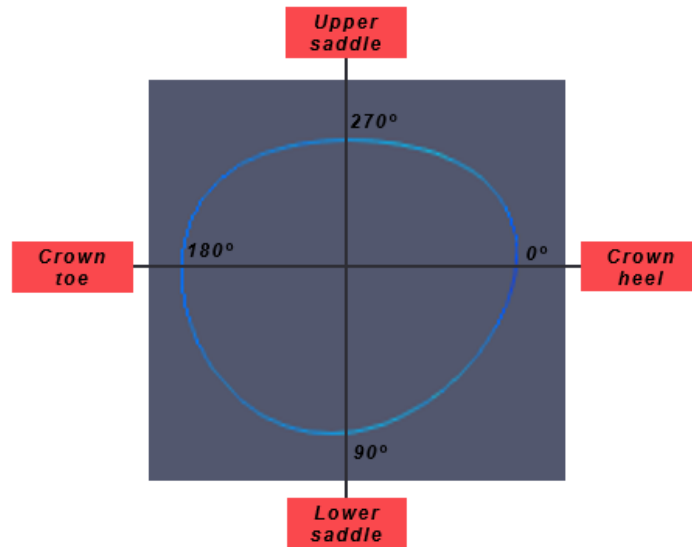
##### 4.8.1. Analisis Distribusi Tegangan Lokal Akibat Tipe Pembebanan Gaya Aksial

Variasi kondisi pembebanan yang pertama merupakan pembebanan tipe gaya aksial. Boundary condition tumpuan pada tiap ujung chord berupa tumpuan jepit. Sedangkan visualisasi pembebanan gaya aksial adalah sebagai berikut.

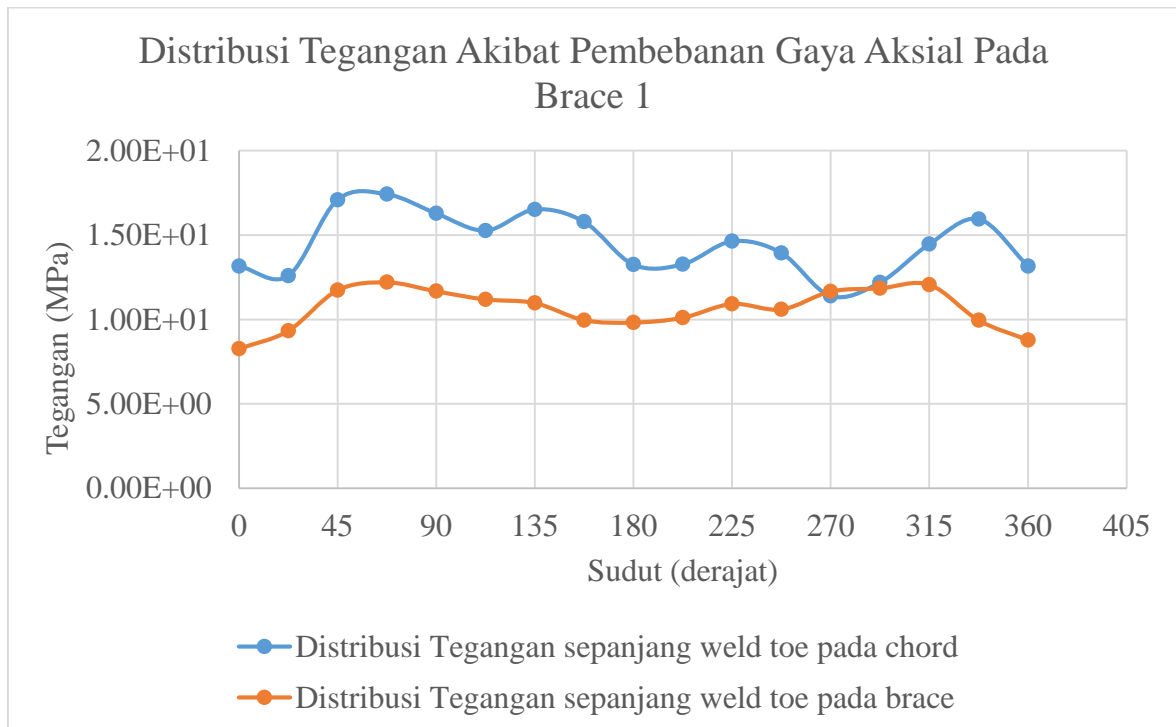


Gambar 4. 15 Boundary Condition Analisis Distribusi Tegangan Akibat Tipe Pembebanan Gaya Aksial

Berikut merupakan pembagian area lokasi titik tinjau dari distribusi tegangan pada Brace 1. Dari hasil analisis disimpulkan bahwa tegangan di sepanjang weld toe baik yang menempel pada brace maupun chord bervariasi di setiap titik.



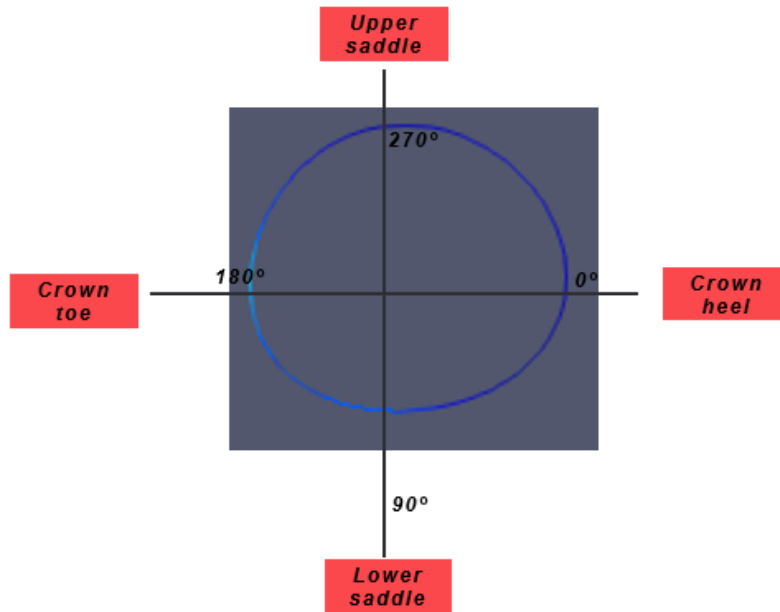
Gambar 4. 16 Pembagian Lokasi Tinjauan Distribusi Tegangan Pada Brace 1



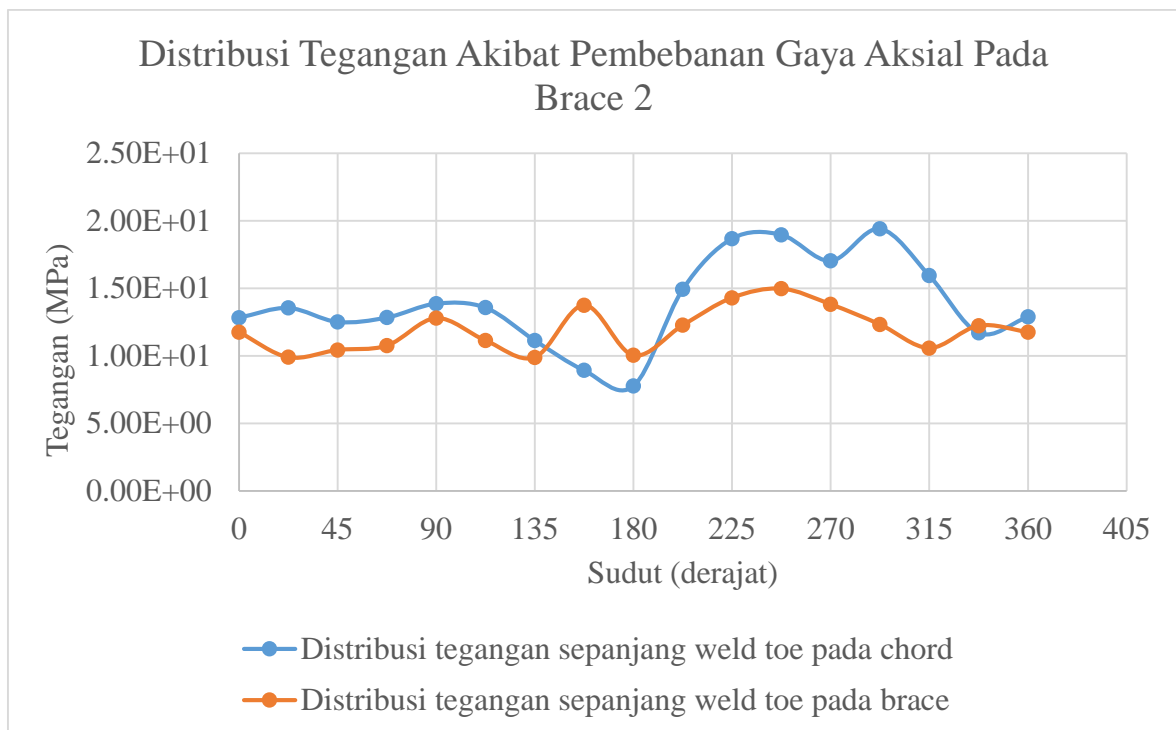
Gambar 4. 17 Grafik Distribusi Tegangan Akibat Pembebanan Gaya Aksial Pada Brace 1



Berikut merupakan pembagian area lokasi titik tinjau dari distribusi tegangan pada Brace 2. Dari hasil analisis disimpulkan bahwa tegangan maksimum di sepanjang weld toe baik yang menempel pada brace maupun chord terjadi pada area upper saddle.

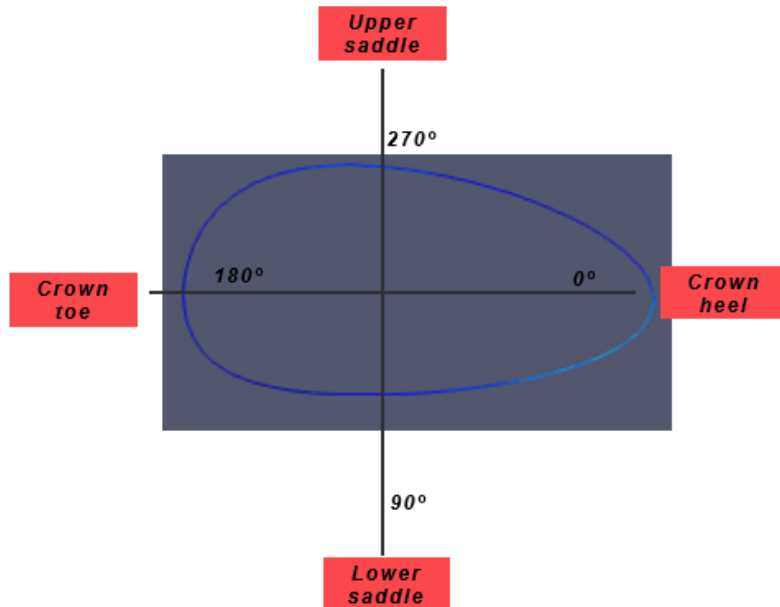


Gambar 4. 18 Pembagian Lokasi Tinjauan Distribusi Tegangan Pada Brace 2

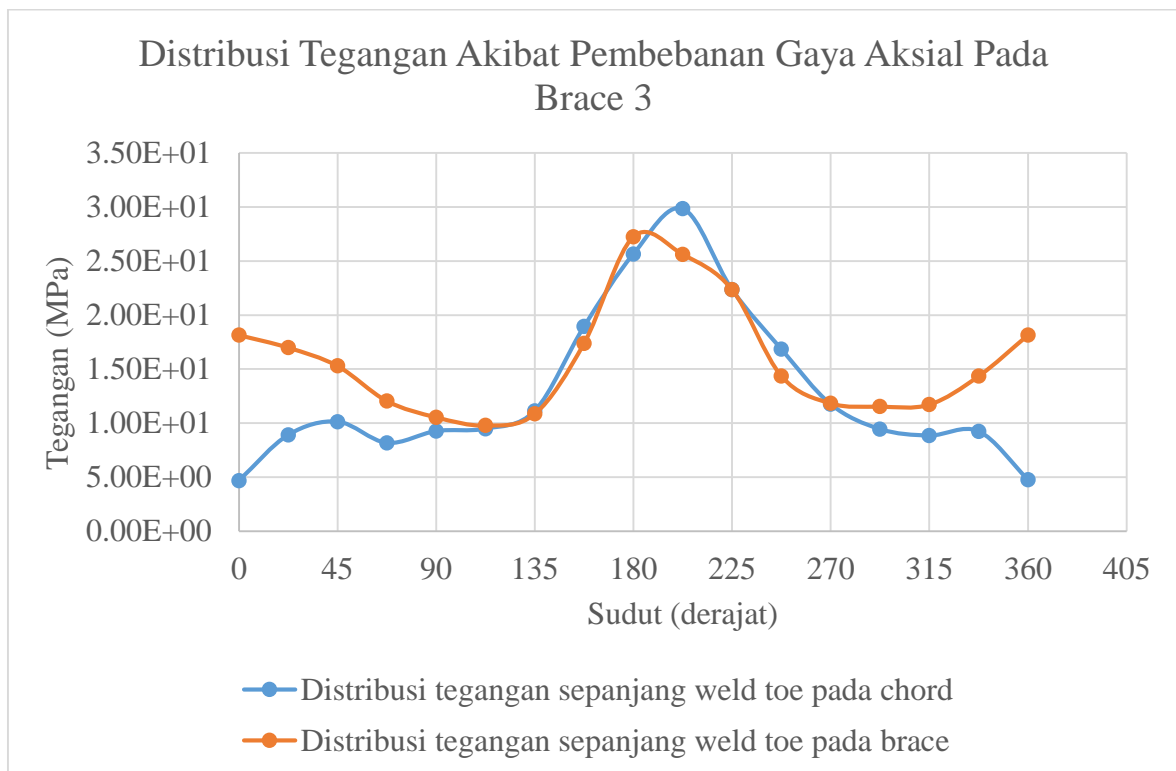


Gambar 4. 19 Grafik Distribusi Tegangan Akibat Pembebanan Gaya Aksial Pada Brace 2

Berikut merupakan pembagian area lokasi titik tinjau dari distribusi tegangan pada Brace 3. Dari hasil analisis disimpulkan bahwa tegangan maksimum di sepanjang weld toe baik yang menempel pada brace maupun chord terjadi pada area crown toe.

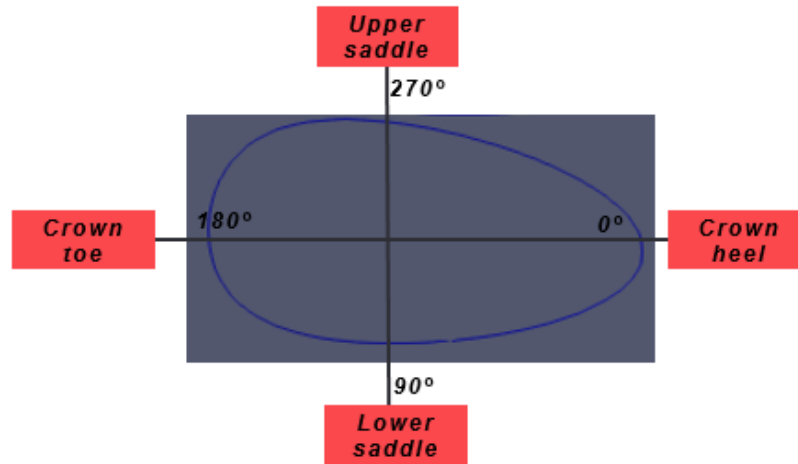


Gambar 4. 20 Pembagian Lokasi Tinjauan Distribusi Tegangan Pada Brace 3

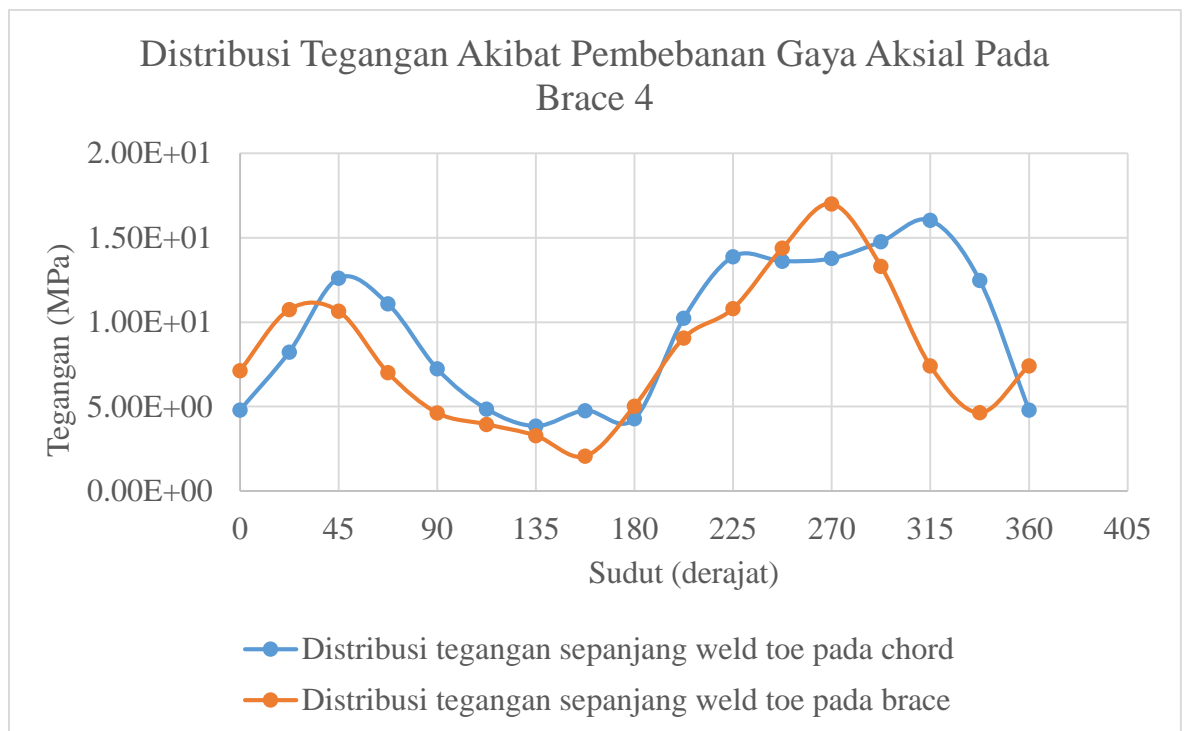


Gambar 4. 21 Grafik Distribusi Tegangan Akibat Pembebanan Gaya Aksial Pada Brace 3

Berikut merupakan pembagian area lokasi titik tinjau dari distribusi tegangan pada Brace 4. Dari hasil analisis disimpulkan bahwa tegangan maksimum di sepanjang weld toe baik yang menempel pada brace maupun chord terjadi pada dua titik, titik yang pertama yaitu pada area antara crown heel dan lower saddle, dan yang kedua ada pada upper saddle.

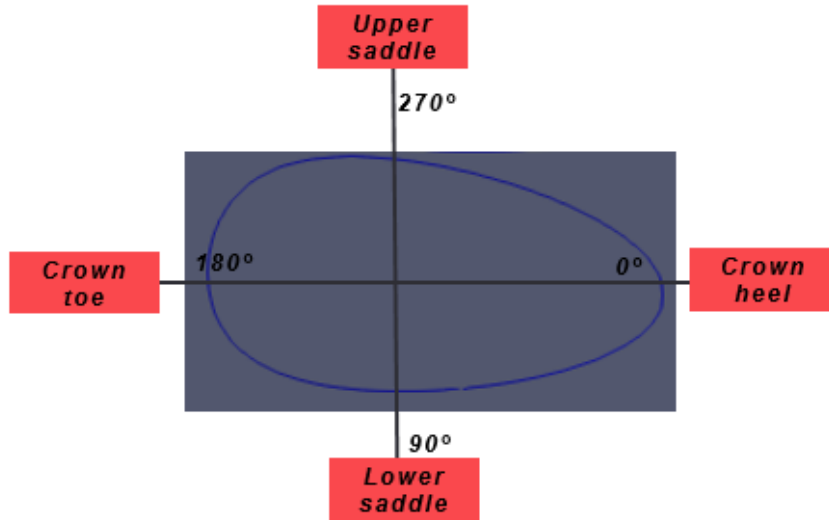


Gambar 4. 22 Pembagian Lokasi Tinjau Distribusi Tegangan Pada Brace 4

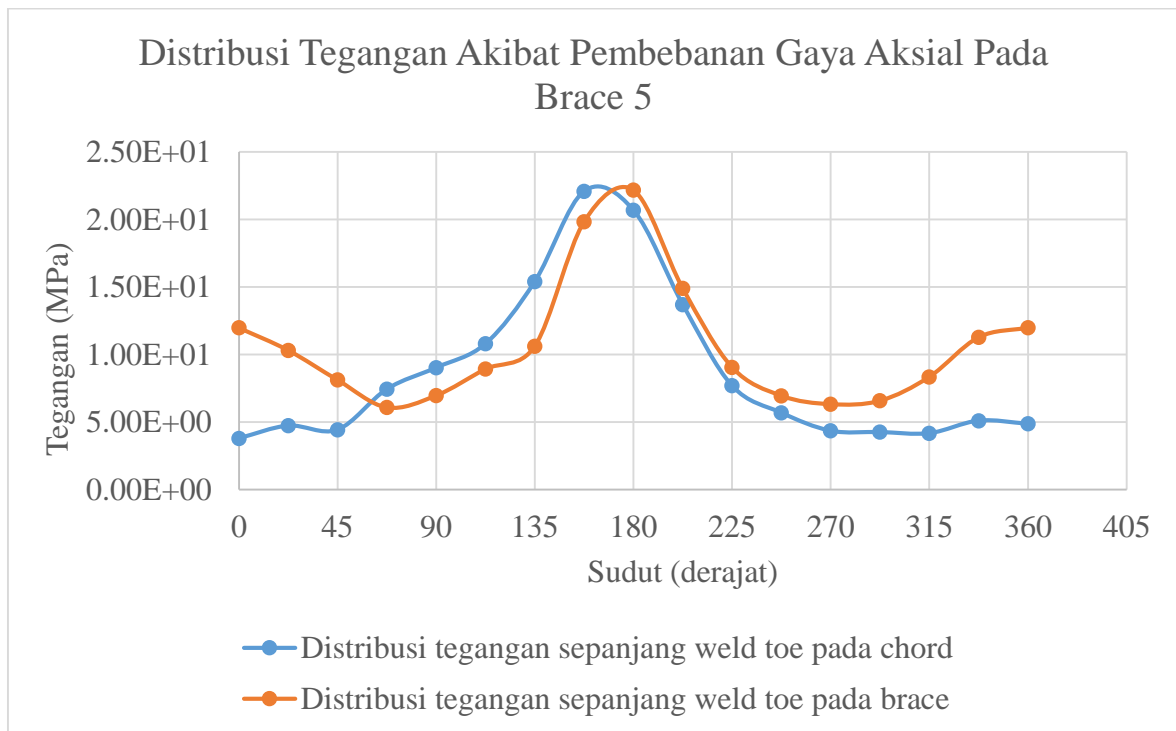


Gambar 4. 23 Grafik Distribusi Tegangan Akibat Pembebanan Gaya Aksial Pada Brace 4

Berikut merupakan pembagian area lokasi titik tinjau dari distribusi tegangan pada Brace 5. Dari hasil analisis disimpulkan bahwa tegangan maksimum di sepanjang weld toe baik yang menempel pada brace maupun chord terjadi pada area crown toe.

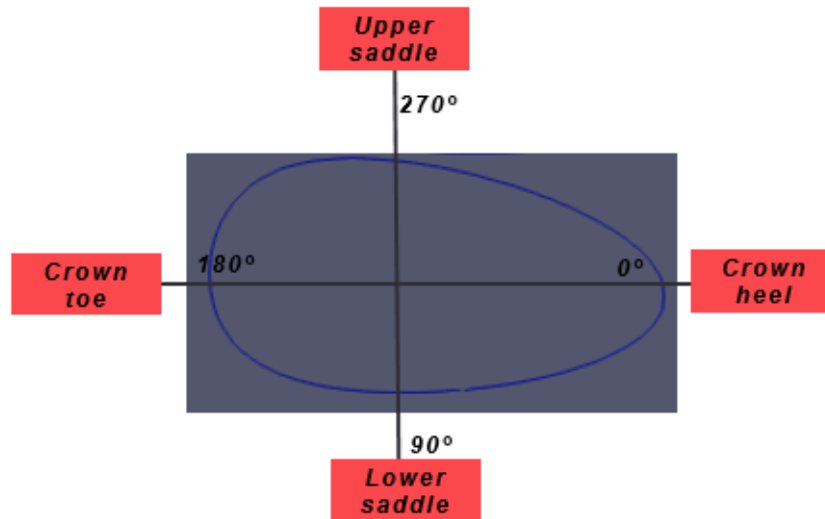


Gambar 4. 24 Pembagian Lokasi Tinjauan Distribusi Tegangan Pada Brace 5

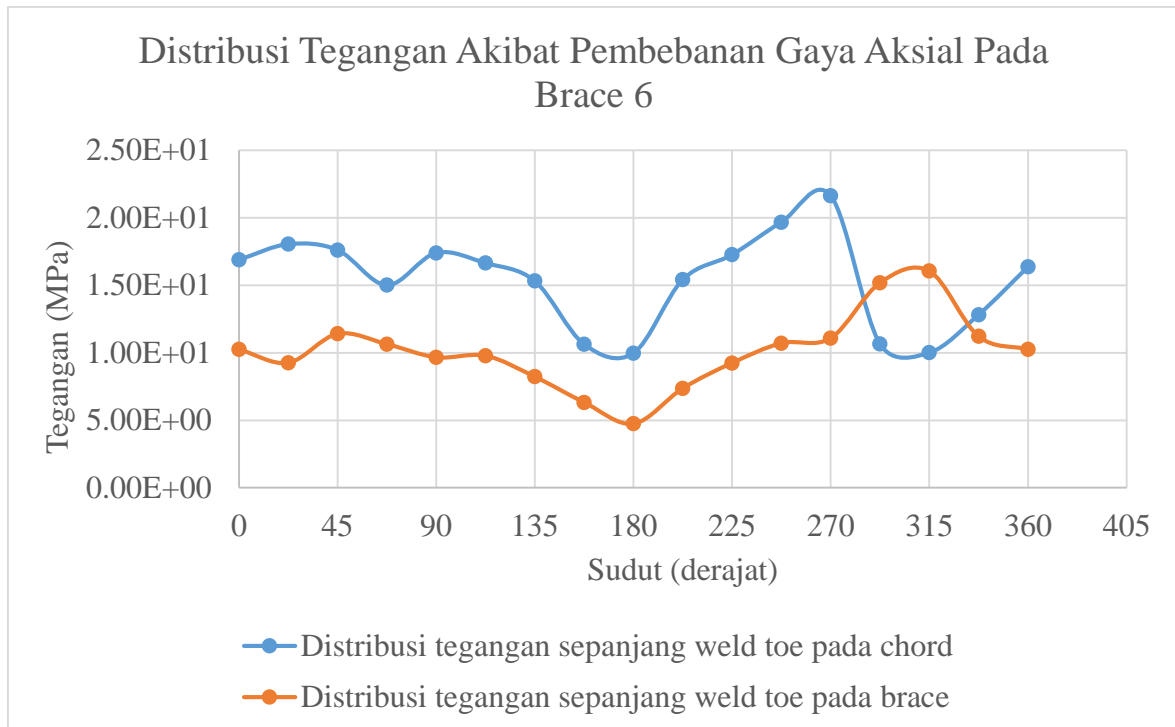


Gambar 4. 25 Grafik Distribusi Tegangan Akibat Pembebanan Gaya Aksial Pada Brace 5

Berikut merupakan pembagian area lokasi titik tinjau dari distribusi tegangan pada Brace 6. Dari hasil analisis disimpulkan bahwa tegangan yang terjadi di sepanjang weld toe baik yang menempel pada brace maupun chord cukup bervariasi, namun mencapai titik maksimu di area sekitar upper saddle.



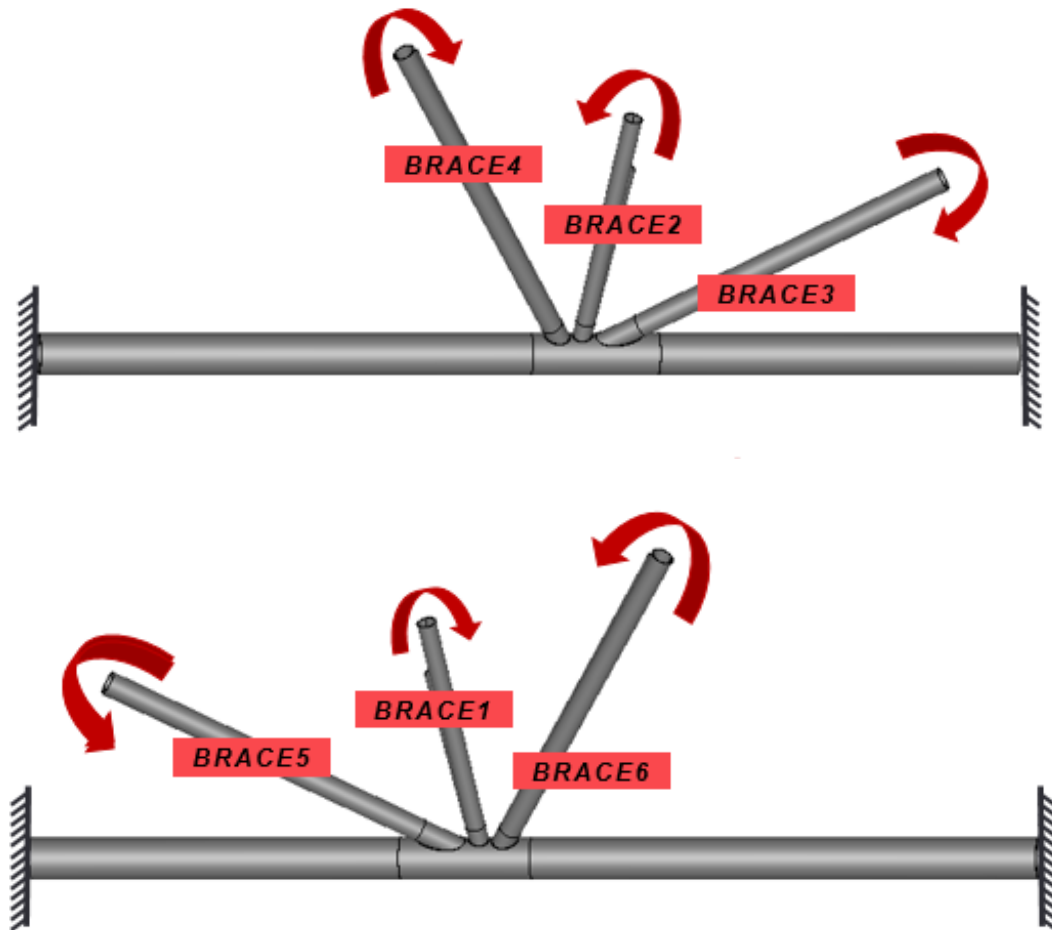
Gambar 4. 26 Pembagian Lokasi Tinjauan Distribusi Tegangan Pada Brace 6



Gambar 4. 27 Grafik Distribusi Tegangan Akibat Pembebanan Gaya Aksial Pada Brace 6

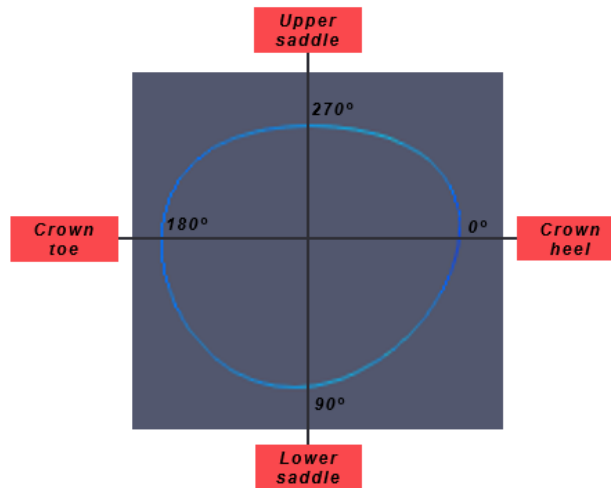
#### 4.8.2. Analisis Distribusi Tegangan Akibat Pembebanan Inplane Bending Moment (IPB)

Variasi kondisi pembebanan yang kedua merupakan pembebanan tipe inplane bending moment. Boundary condition tumpuan pada tiap ujung chord berupa tumpuan jepit. Sedangkan visualisasi pembebanan inplane bending moment adalah sebagai berikut.

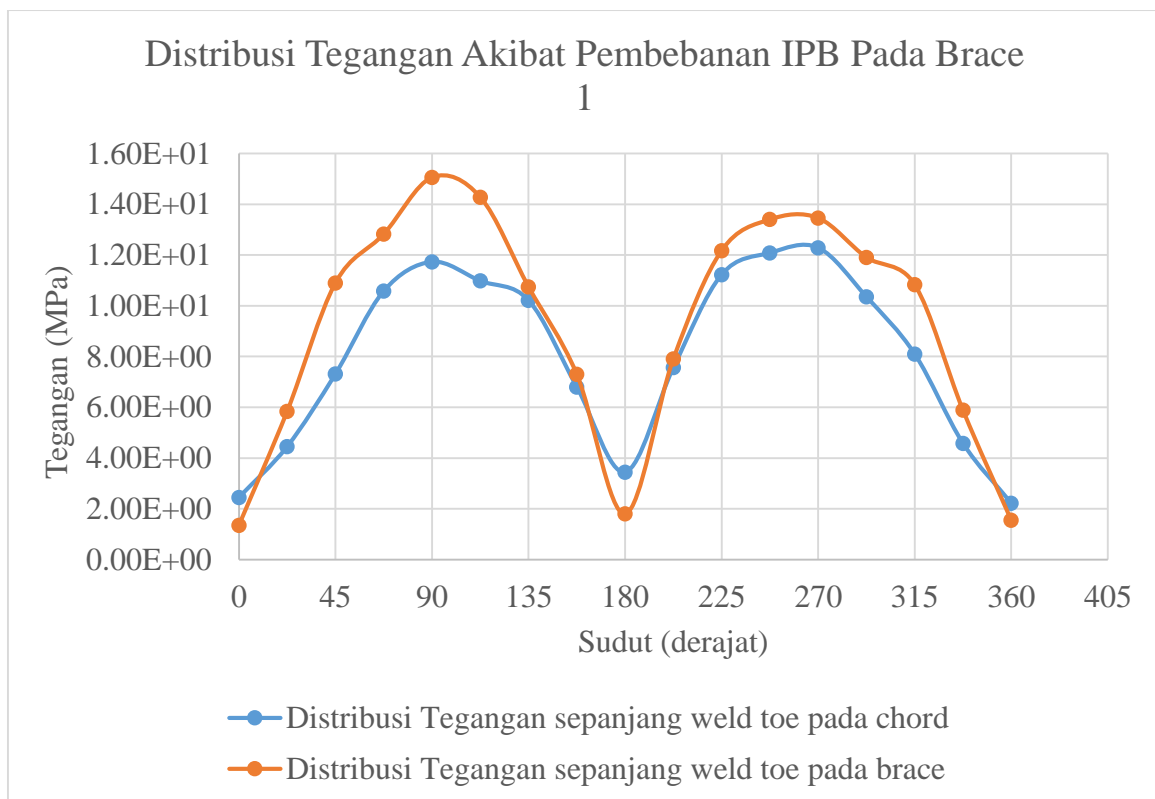


Gambar 4. 28 Boundary Condition Analisis Distribusi Tegangan Akibat Pembebanan Inplane Bending Moment

Berikut merupakan pembagian area lokasi titik tinjau dari distribusi tegangan pada Brace 1. Dari hasil analisis disimpulkan bahwa tegangan maksimum di sepanjang weld toe baik yang menempel pada brace maupun chord berada pada area upper saddle dan lower saddle.

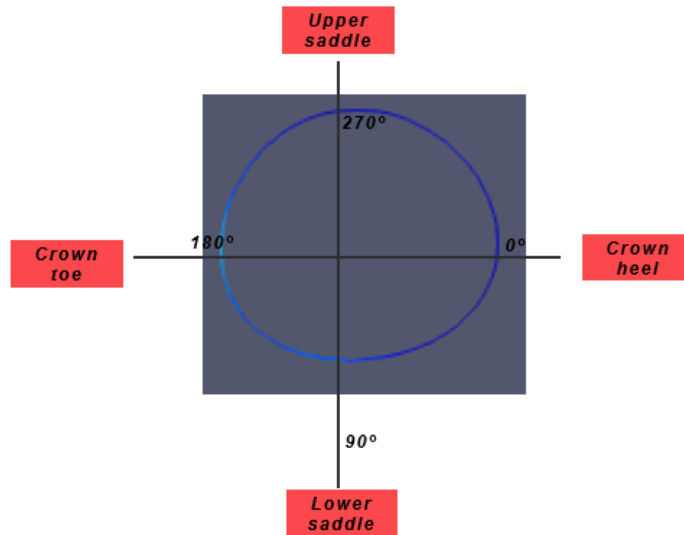


Gambar 4. 29 Pembagian Lokasi Tinjauan Distribusi Tegangan Pada Brace 1

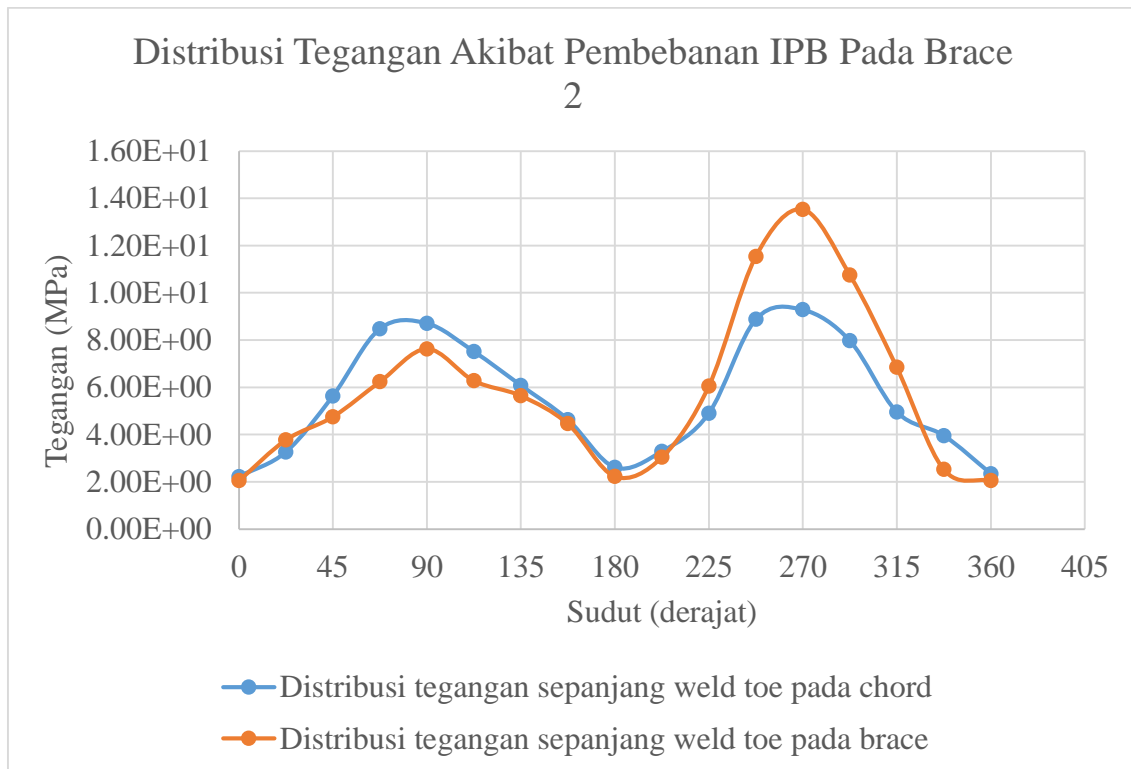


Gambar 4. 30 Grafik Distribusi Tegangan Akibat Pembebanan Inplane Bending Moment Pada Brace 1

Berikut merupakan pembagian area lokasi titik tinjau dari distribusi tegangan pada Brace 2. Dari hasil analisis disimpulkan bahwa tegangan maksimum di sepanjang weld toe baik yang menempel pada brace maupun chord terjadi pada area upper saddle dan lower saddle.



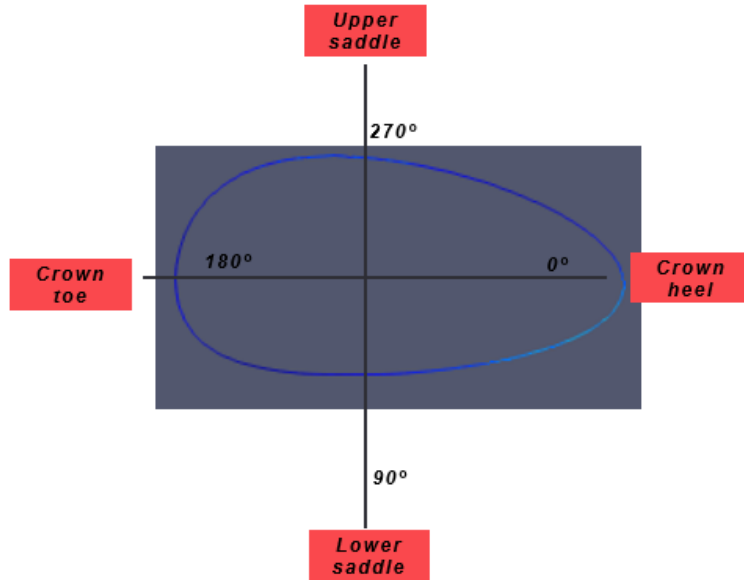
Gambar 4. 31 Pembagian Lokasi Tinjauan Distribusi Tegangan Pada Brace 2



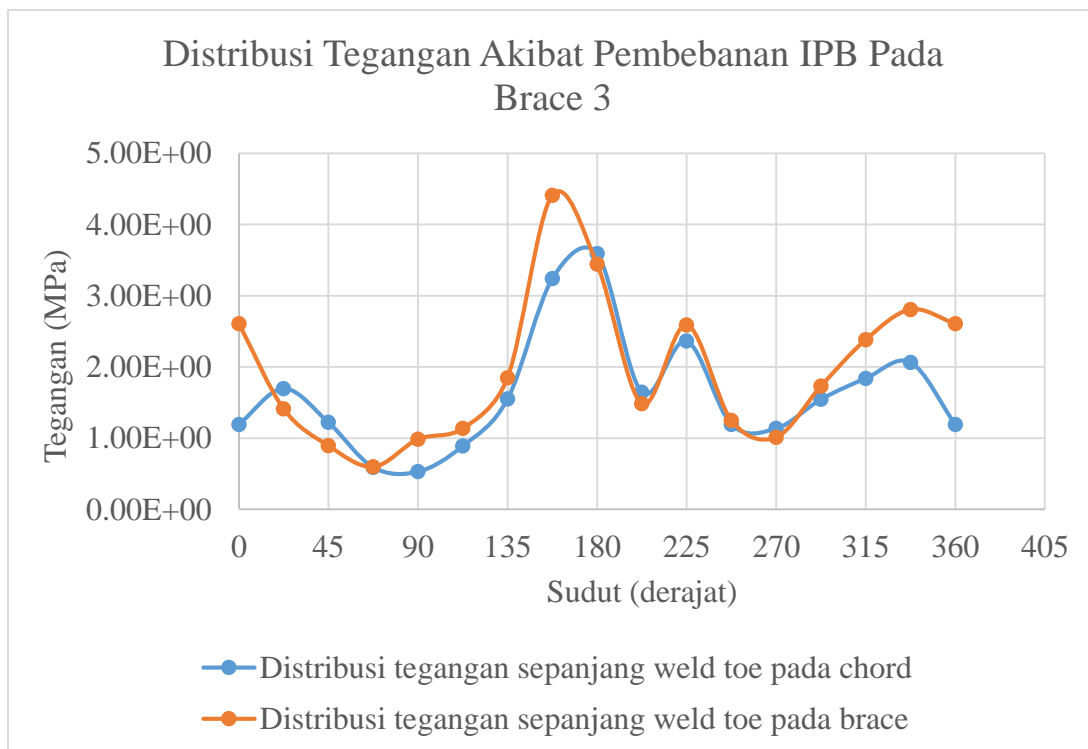
Gambar 4. 32 Grafik Distribusi Tegangan Akibat Pembebanan Inplane Bending Moment Pada Brace 2



Berikut merupakan pembagian area lokasi titik tinjau dari distribusi tegangan pada Brace 3. Dari hasil analisis disimpulkan bahwa tegangan maksimum di sepanjang weld toe baik yang menempel pada brace maupun chord terjadi pada area crown toe dan crown heel.

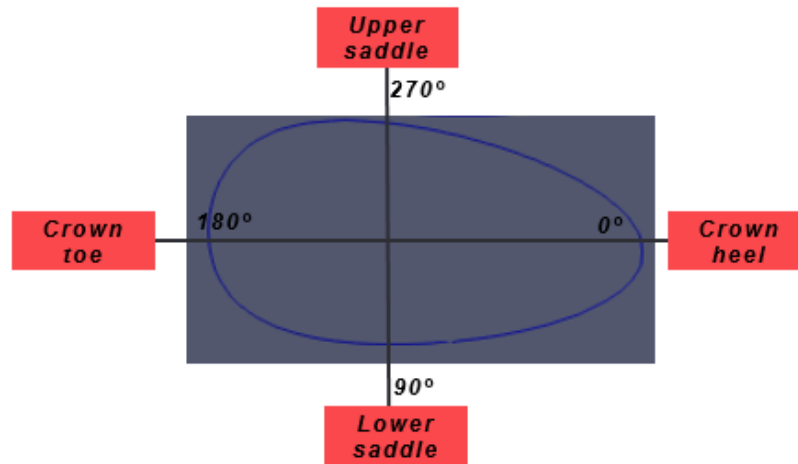


Gambar 4. 33 Pembagian Lokasi Tinjauan Distribusi Tegangan Pada Brace 3

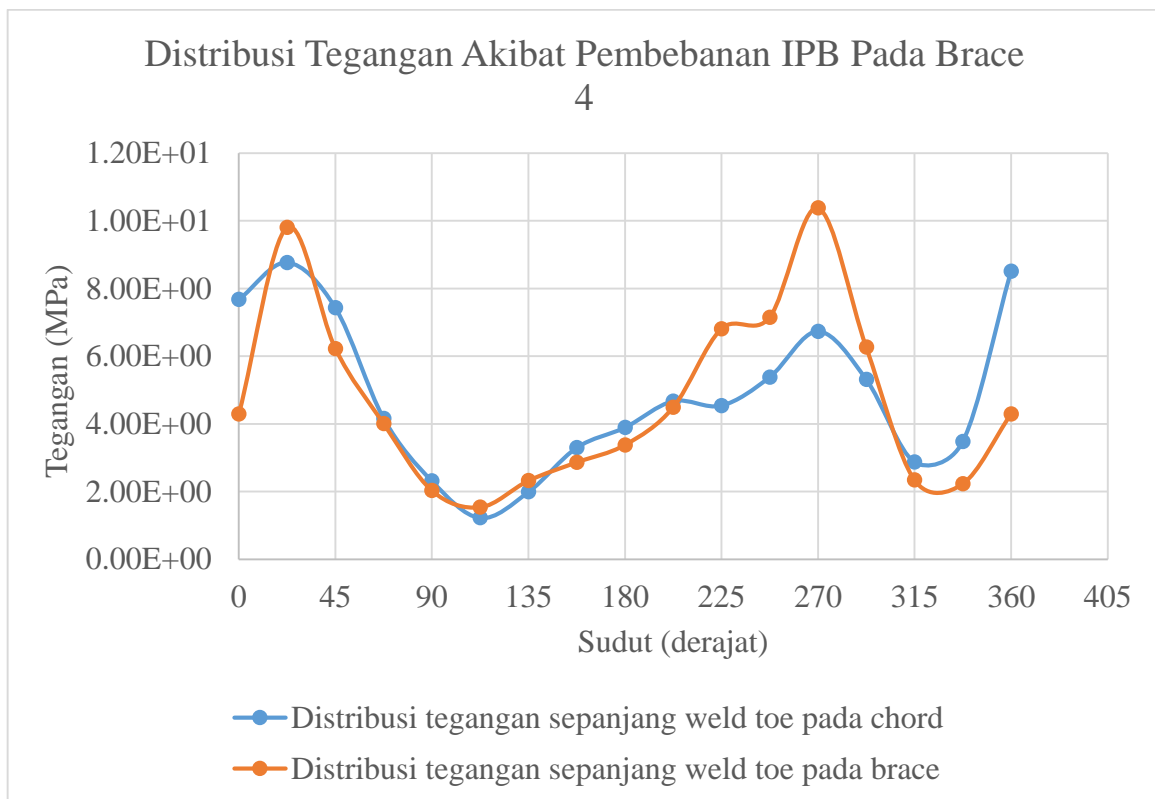


Gambar 4. 34 Grafik Distribusi Tegangan Akibat Pembebanan Inplane Bending Moment Pada Brace 3

Berikut merupakan pembagian area lokasi titik tinjau dari distribusi tegangan pada Brace 4. Dari hasil analisis disimpulkan bahwa tegangan maksimum di sepanjang weld toe baik yang menempel pada brace maupun chord terjadi pada dua titik, titik yang pertama yaitu pada area antara crown heel, dan yang kedua ada pada upper saddle.

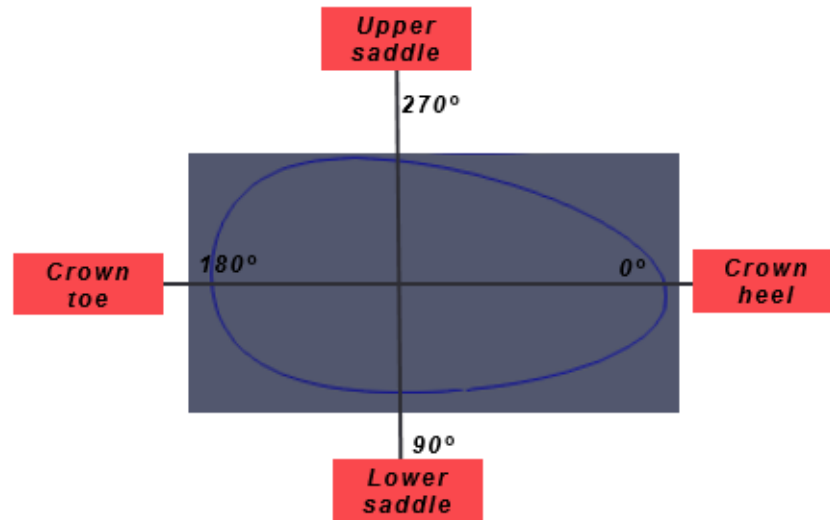


Gambar 4. 35 Pembagian Lokasi Tinjauan Distribusi Tegangan Pada Brace 4

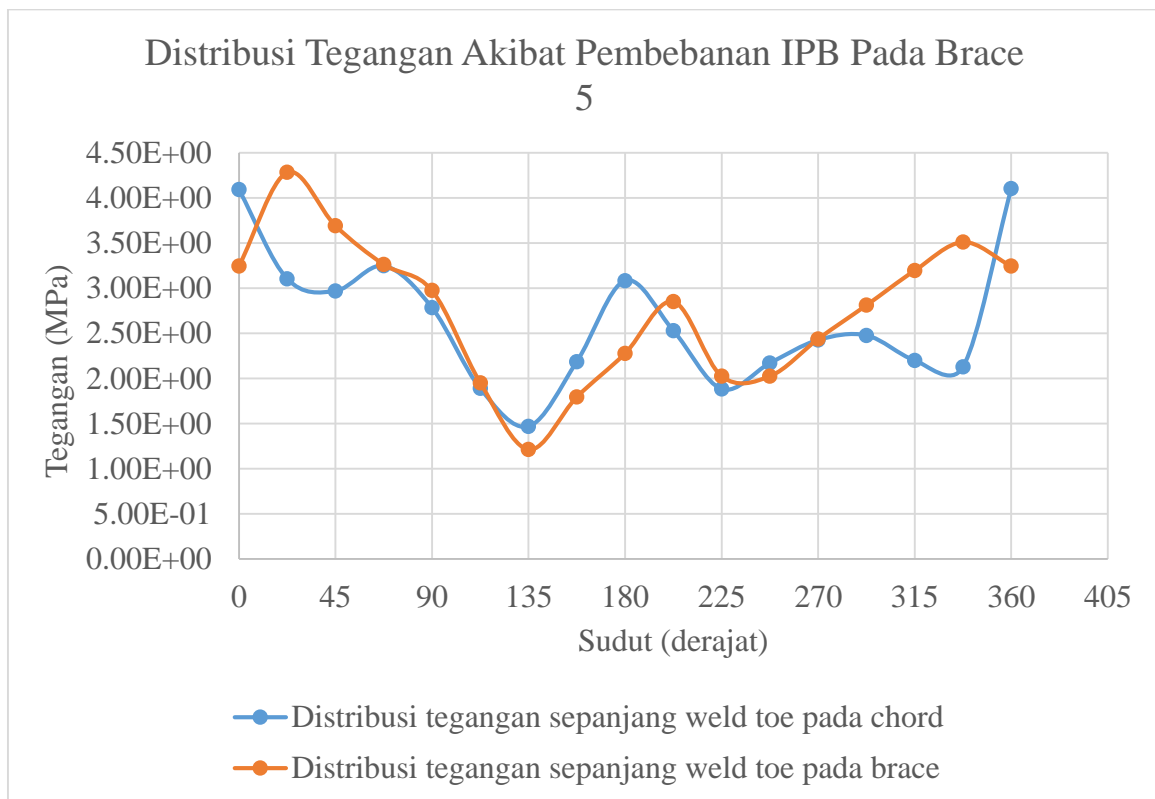


Gambar 4. 36 Grafik Distribusi Tegangan Akibat Pembebanan Inplane Bending Moment Pada Brace 4

Berikut merupakan pembagian area lokasi titik tinjau dari distribusi tegangan pada Brace 5. Dari hasil analisis disimpulkan bahwa tegangan maksimum di sepanjang weld toe baik yang menempel pada brace maupun chord terjadi pada area crown toe dan crown heel.

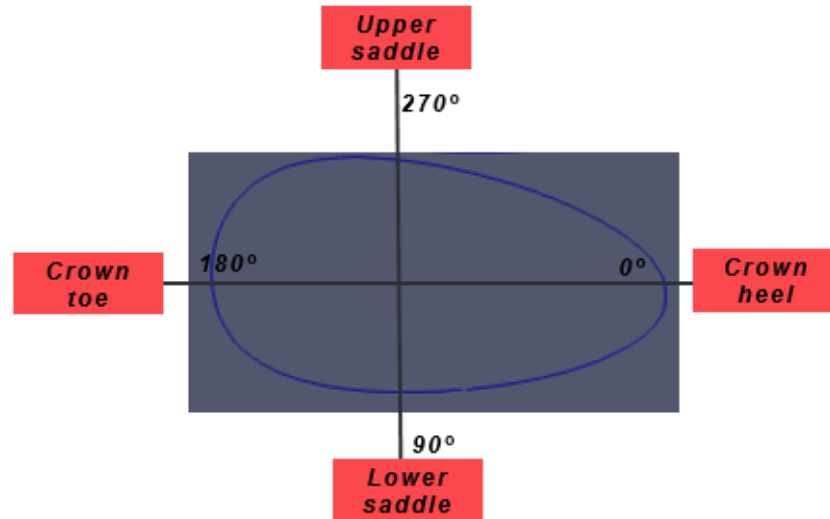


Gambar 4. 37 Pembagian Lokasi Tinjauan Distribusi Tegangan Pada Brace 5

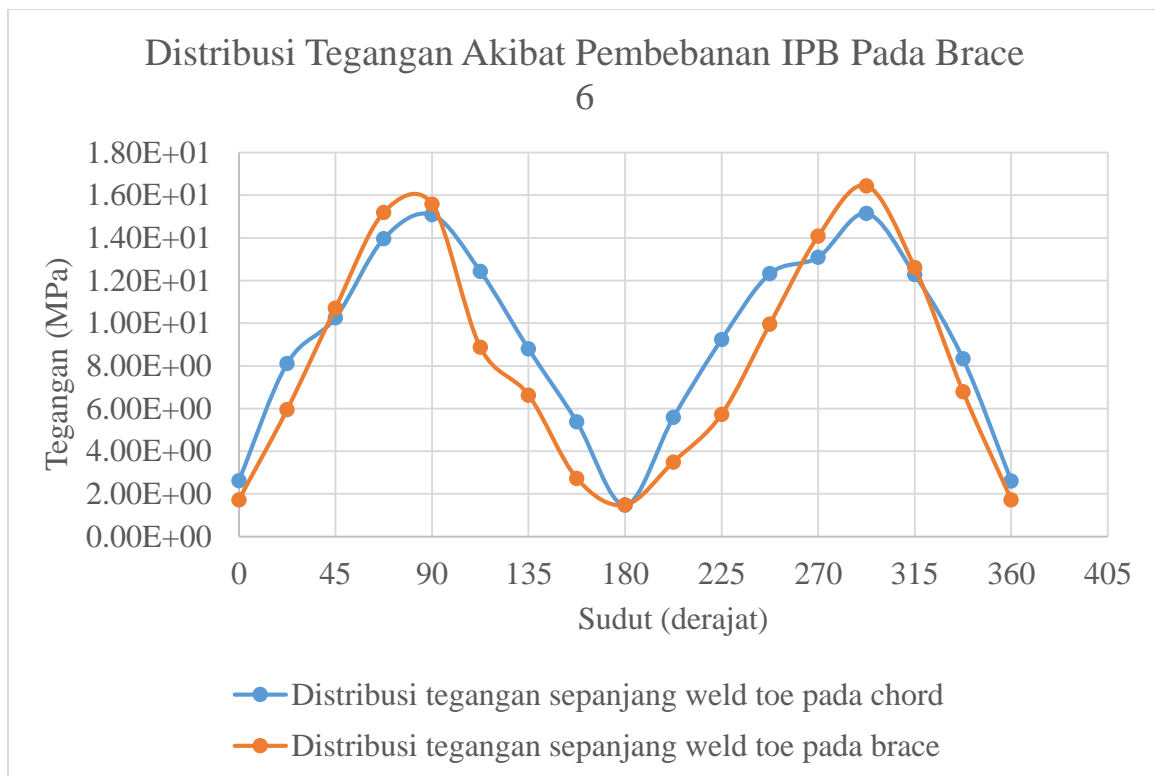


Gambar 4. 38 Grafik Distribusi Tegangan Akibat Pembebanan Inplane Bending Moment Pada Brace 5

Berikut merupakan pembagian area lokasi titik tinjau dari distribusi tegangan pada Brace 6. Dari hasil analisis disimpulkan bahwa tegangan maksimum yang terjadi di sepanjang weld toe baik yang menempel pada chord maupun brace terjadi pada area lower saddle dan upper saddle.



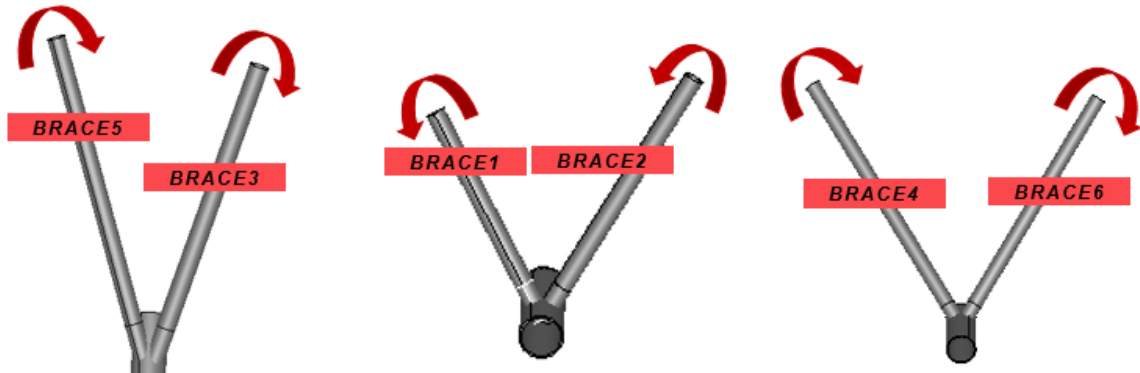
Gambar 4. 39 Pembagian Lokasi Tinjauan Distribusi Tegangan Pada Brace 6



Gambar 4. 40 Grafik Distribusi Tegangan Akibat Pembebanan Inplane Bending Moment Pada Brace 6

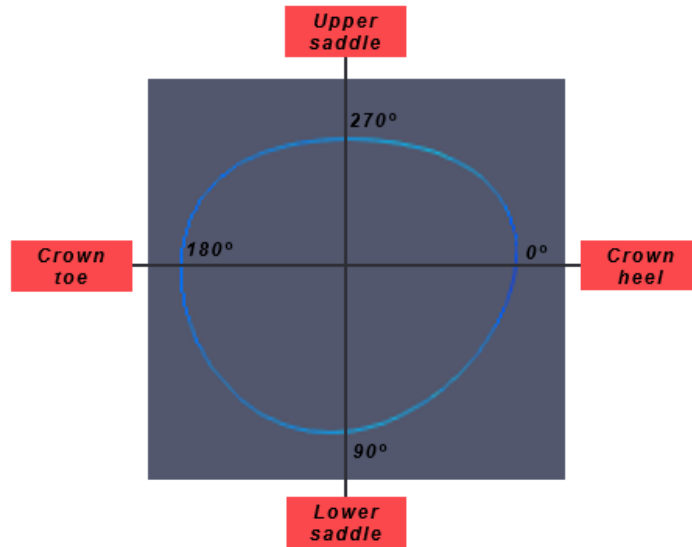
### 4.8.3. Analisis Distribusi Tegangan Akibat Pembebanan Outplane Bending Moment (OPB)

Variasi kondisi pembebanan yang terakhir merupakan pembebanan tipe outplane bending moment. Boundary condition tumpuan pada tiap ujung chord berupa tumpuan jepit. Sedangkan visualisasi pembebanan outplane bending moment adalah sebagai berikut.

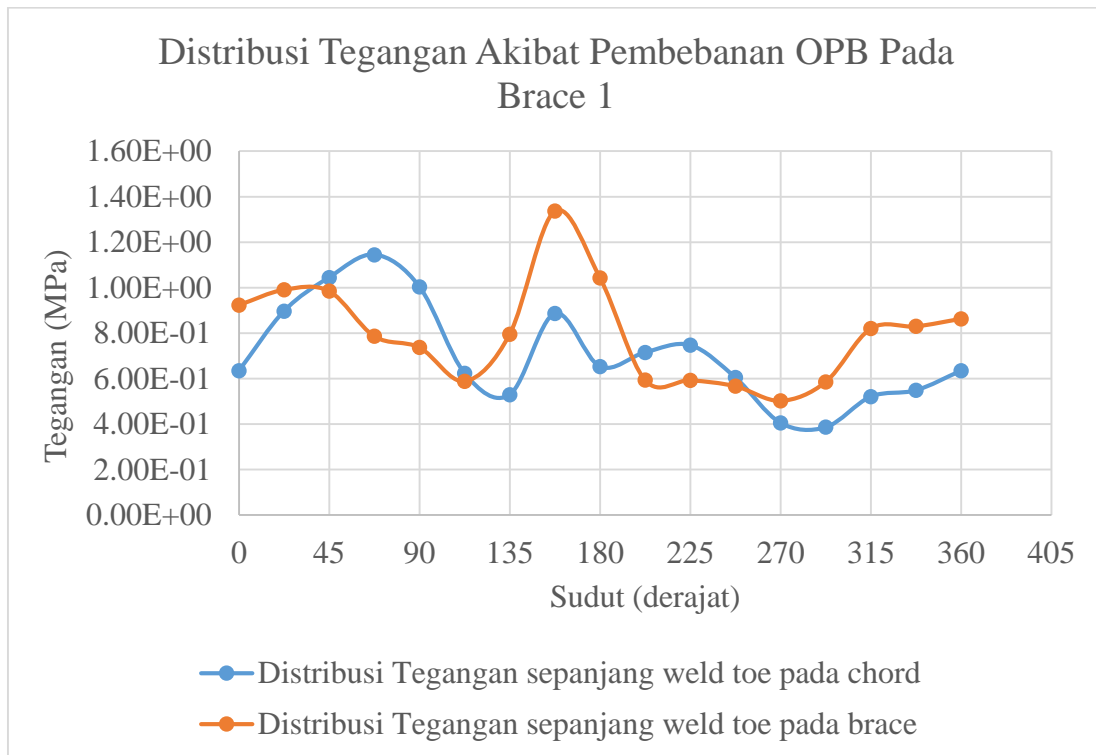


Gambar 4. 41 Boundary Condition Analisis Distribusi Tegangan Akibat Pembebanan Outplane Bending Moment

Berikut merupakan pembagian area lokasi titik tinjau dari distribusi tegangan pada Brace 1. Dari hasil analisis disimpulkan bahwa tegangan maksimum di sepanjang weld toe baik yang menempel pada brace maupun chord terjadi pada dua lokasi, yang pertama ada diantara crown heel dan lower saddle, dan yang kedua antara lower saddle dan crown toe.

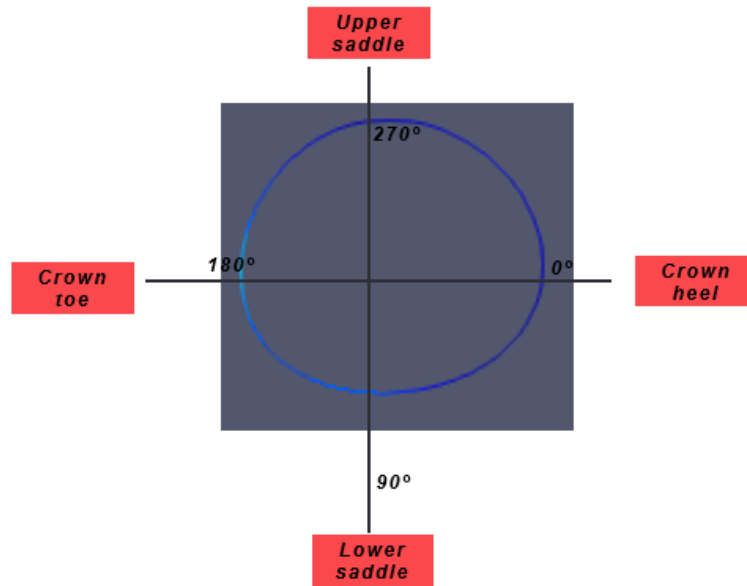


Gambar 4. 42 Pembagian Lokasi Tinjauan Distribusi Tegangan Pada Brace 1

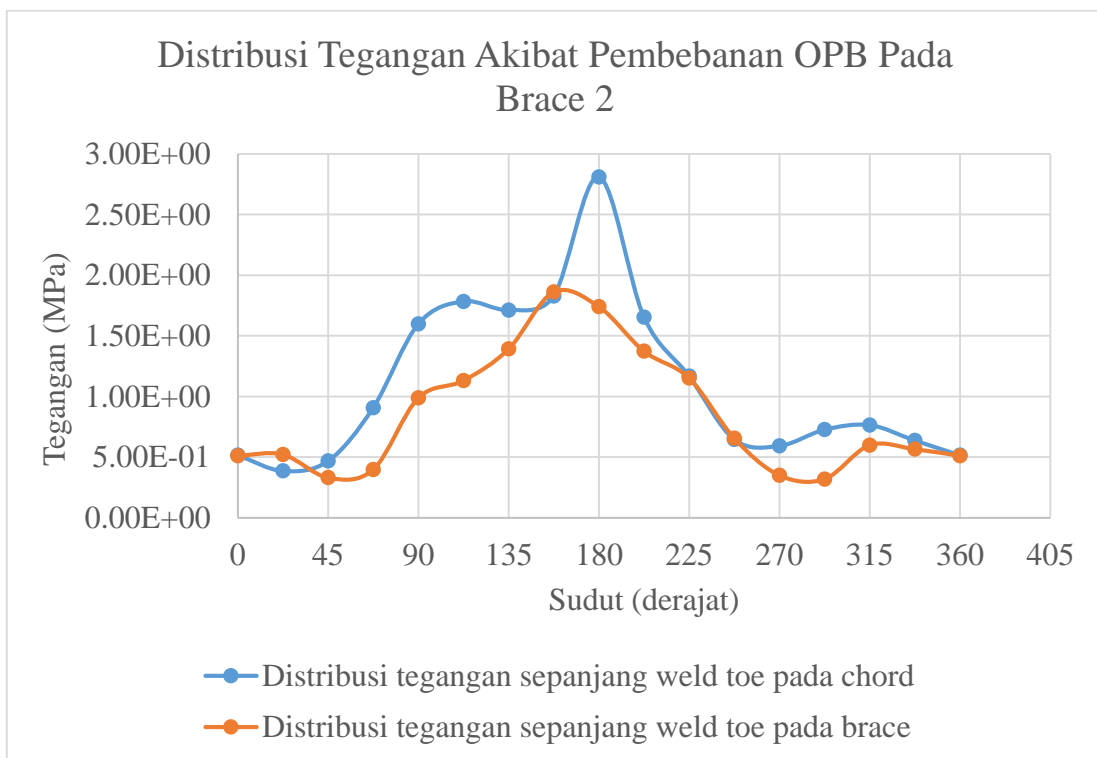


Gambar 4. 43 Grafik Distribusi Tegangan Akibat Pembebanan Outplane Bending Moment Pada Brace 1

Berikut merupakan pembagian area lokasi titik tinjau dari distribusi tegangan pada Brace 2. Dari hasil analisis disimpulkan bahwa tegangan maksimum di sepanjang weld toe baik yang menempel pada brace maupun chord terjadi pada area crown toe.

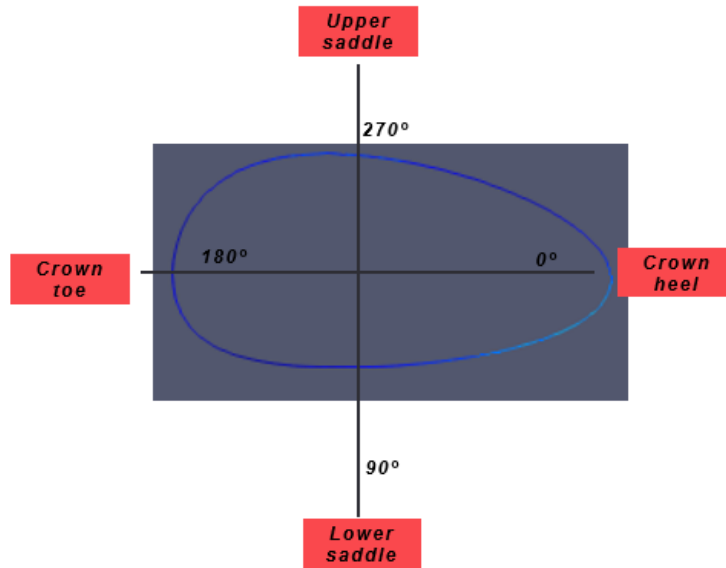


Gambar 4. 44 Pembagian Lokasi Tinjauan Distribusi Tegangan Pada Brace 2

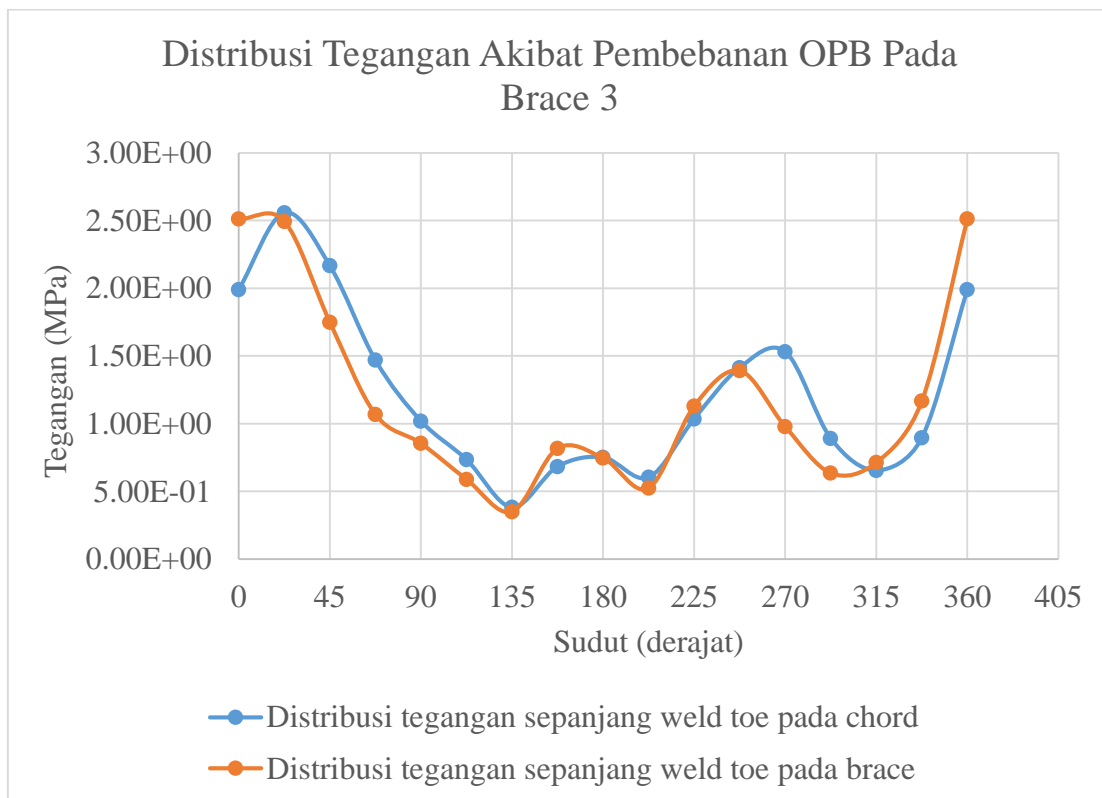


Gambar 4. 45 Grafik Distribusi Tegangan Akibat Pembebanan Outplane Bending Moment Pada Brace 2

Berikut merupakan pembagian area lokasi titik tinjau dari distribusi tegangan pada Brace 3. Dari hasil analisis disimpulkan bahwa tegangan maksimum di sepanjang weld toe baik yang menempel pada brace maupun chord terjadi pada area crown heel.



Gambar 4. 46 Pembagian Lokasi Tinjauan Distribusi Tegangan Pada Brace 3

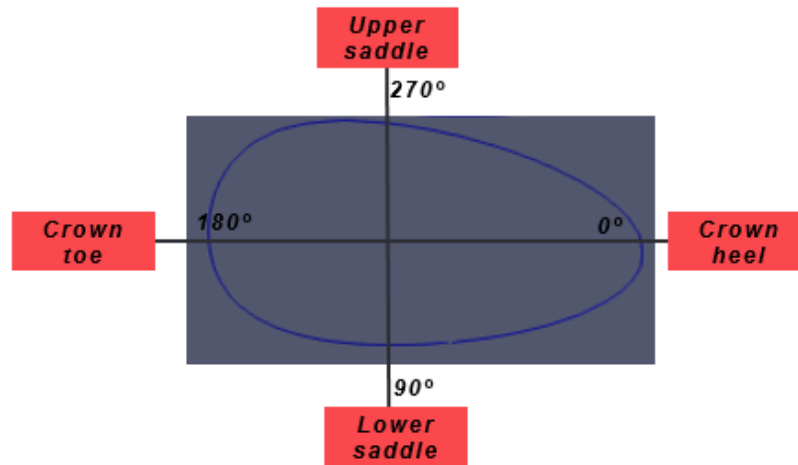


Gambar 4. 47 Grafik Distribusi Tegangan Akibat Pembebanan Outplane Bending Moment Pada Brace 3

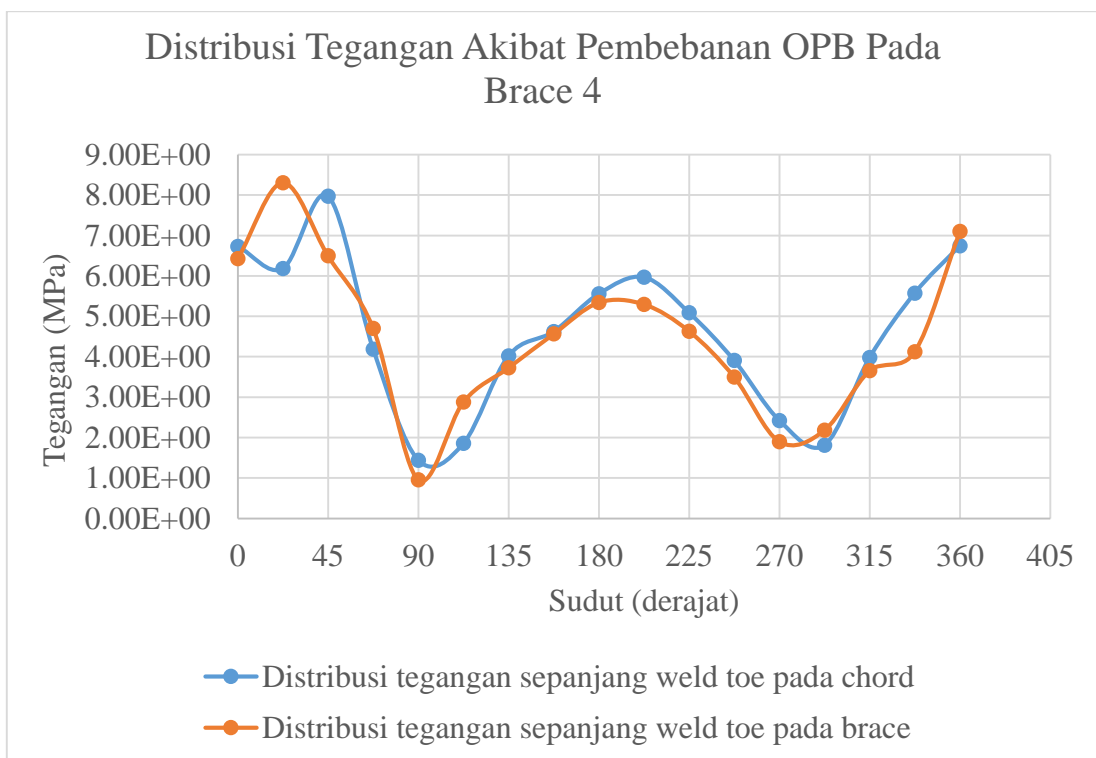
Berikut merupakan pembagian area lokasi titik tinjau dari distribusi tegangan pada Brace 4. Dari hasil analisis disimpulkan bahwa tegangan maksimum di sepanjang weld toe



baik yang menempel pada brace maupun chord terjadi pada dua titik, titik yang pertama yaitu pada area antara crown heel, dan yang kedua ada pada crown toe.

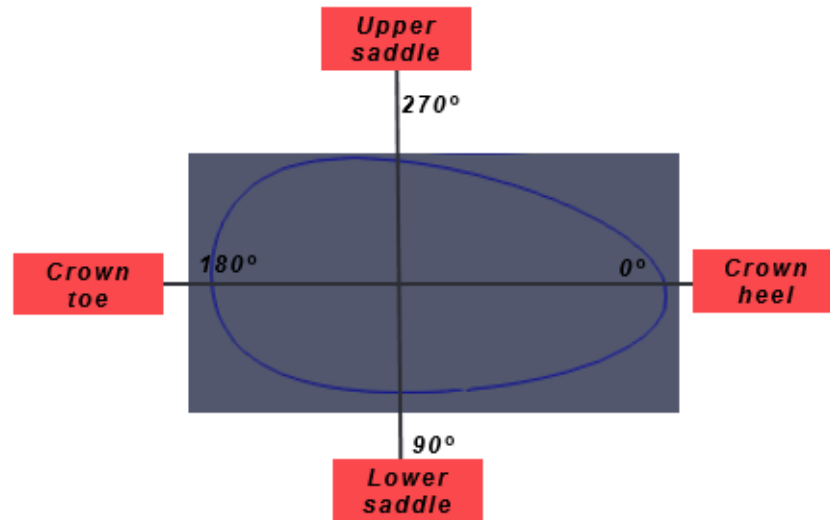


Gambar 4. 48 Pembagian Lokasi Tinjauan Distribusi Tegangan Pada Brace 4

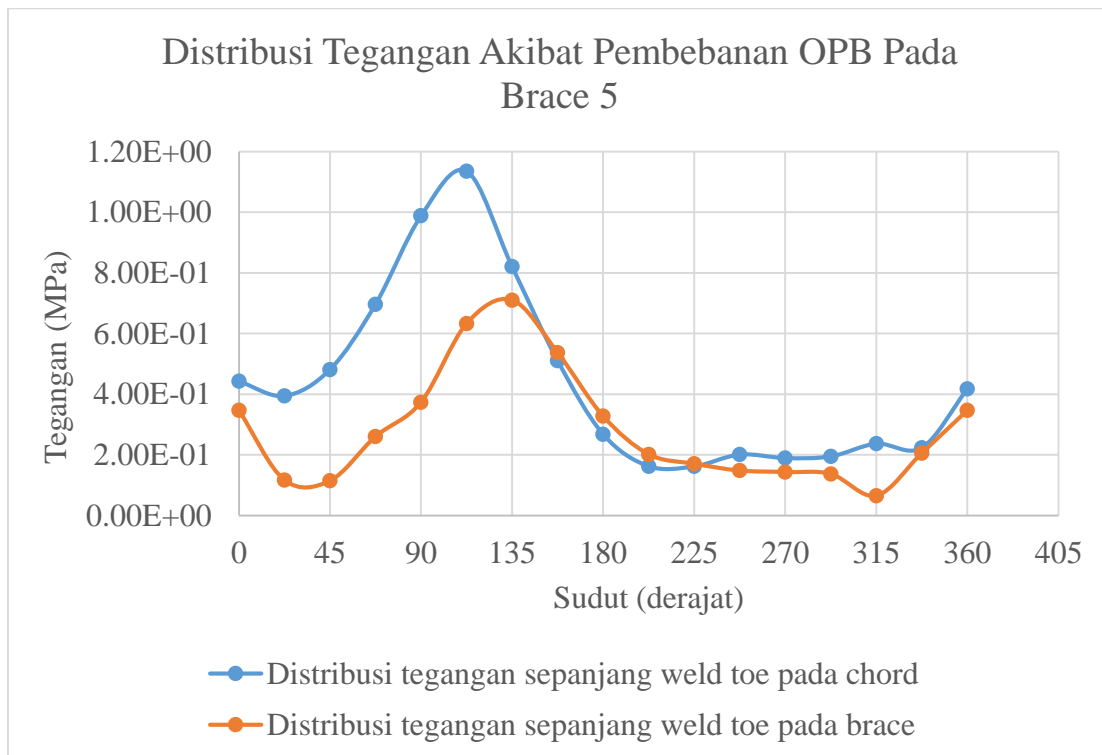


Gambar 4. 49 Grafik Distribusi Tegangan Akibat Pembebanan Outplane Bending Moment Pada Brace 4

Berikut merupakan pembagian area lokasi titik tinjau dari distribusi tegangan pada Brace 5. Dari hasil analisis disimpulkan bahwa tegangan maksimum di sepanjang weld toe baik yang menempel pada brace maupun chord terjadi pada lower saddle.

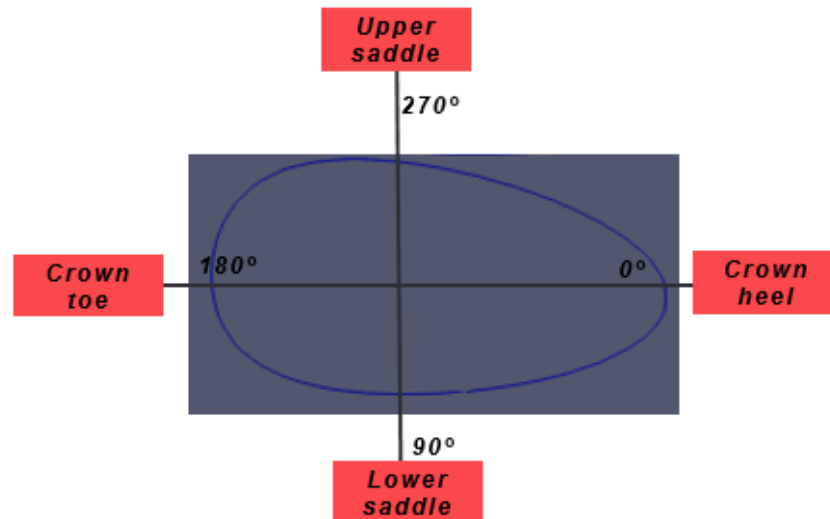


Gambar 4. 50 Pembagian Lokasi Tinjauan Distribusi Tegangan Pada Brace 5

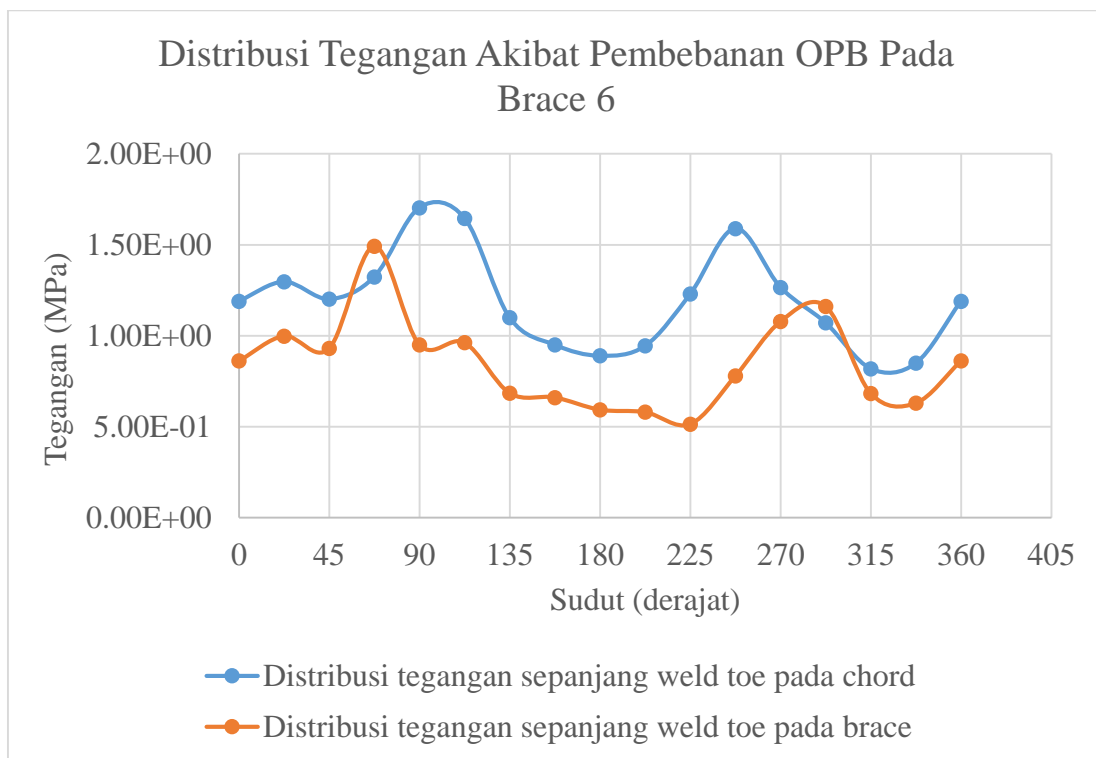


Gambar 4. 51 Grafik Distribusi Tegangan Akibat Pembebanan Outplane Bending Moment Pada Brace 5

Berikut merupakan pembagian area lokasi titik tinjau dari distribusi tegangan pada Brace 6. Dari hasil analisis disimpulkan bahwa tegangan maksimum yang terjadi di sepanjang weld toe baik yang menempel pada chord maupun brace terjadi pada area lower saddle dan upper saddle.



Gambar 4. 52 Pembagian Lokasi Tinjauan Distribusi Tegangan Pada Brace 6



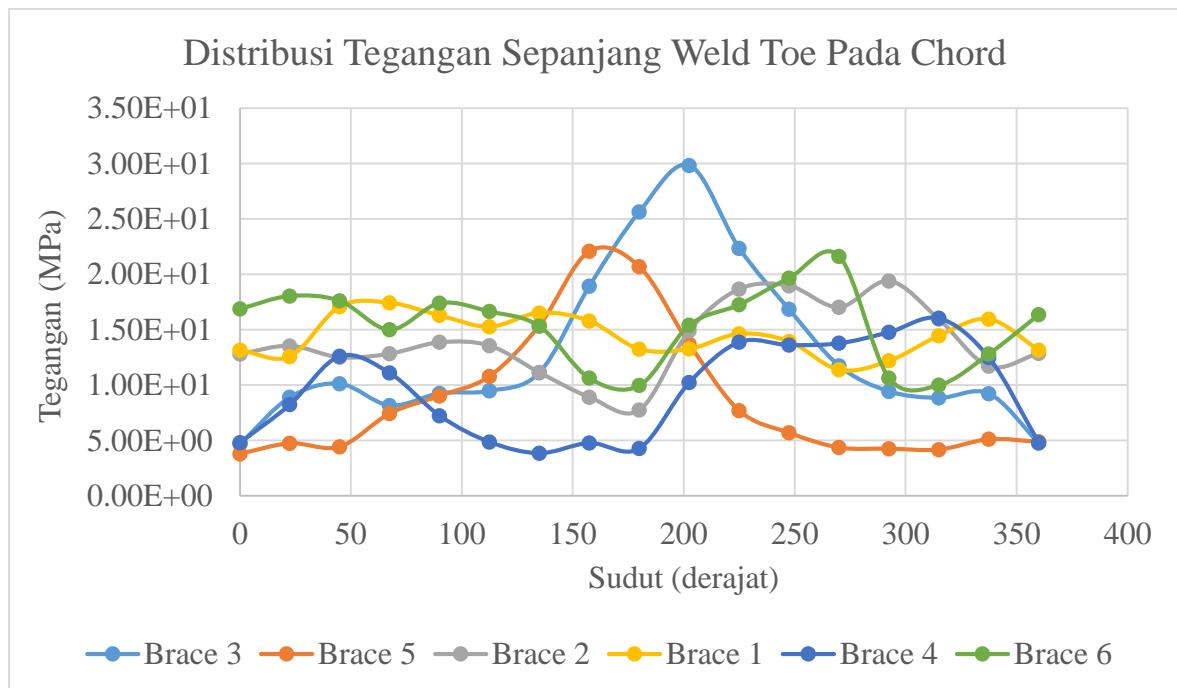
Gambar 4. 53 Grafik Distribusi Tegangan Akibat Pembebanan Outplane Bending Moment Pada Brace 6

#### 4.9 Penentuan SCF

Dari analisis distribusi tegangan yang telah dilakukan sebelumnya, tegangan maksimum yang terjadi dapat dianggap sebagai hotspot stress pada sambungan. Selanjutnya diambil tegangan nominal pada titik yang jauh dari area diskontinuitas yang jaraknya setengah dari panjang brace. Kemudian untuk mendapatkan SCF, maka dapat dilakukan dengan membagi hotspot stress dengan nominal stress.

##### 4.9.1. SCF Akibat Pembebanan Aksial

Berikut merupakan diagram distribusi tegangan pada weld toe yang menempel pada chord sebagai rujukan dalam menentukan hotspot stress di tiap brace.



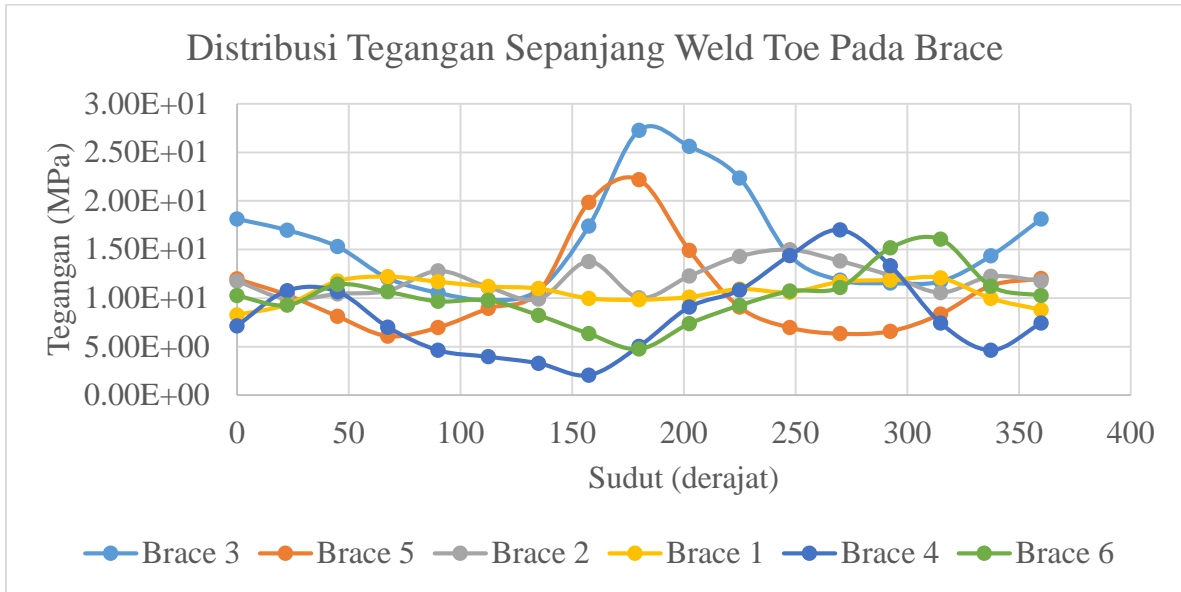
Gambar 4. 54 Grafik Distribusi Tegangan Sepanjang Weld Toe Pada Chord Akibat Pembebanan Gaya Aksial

Sehingga dari data hotspot stress diatas, maka dapat ditentukan SCF seperti pada tabel berikut.

Tabel 4. 12 Tabel SCF Tiap Brace

Hotspot Stress (MPa)	29.8357	22.0877	19.4016	17.4275	16.036	21.6257
Nominal Stress (MPa)	1.41E+01	9.64E+00	9.61E+00	6.38E+00	3.34E+00	1.61E+00
SCF	2.12	2.29	2.02	2.73	4.80	13.46

Selanjutnya, SCF untuk daerah distribusi tegangan pada weld toe yang menempel pada brace juga ditinjau dengan grafik distribusi tegangan terlampir pada grafik dibawah.



Gambar 4. 55 Grafik Distribusi Tegangan Sepanjang Weld Toe Pada Brace Akibat Pembebanan Gaya Aksial

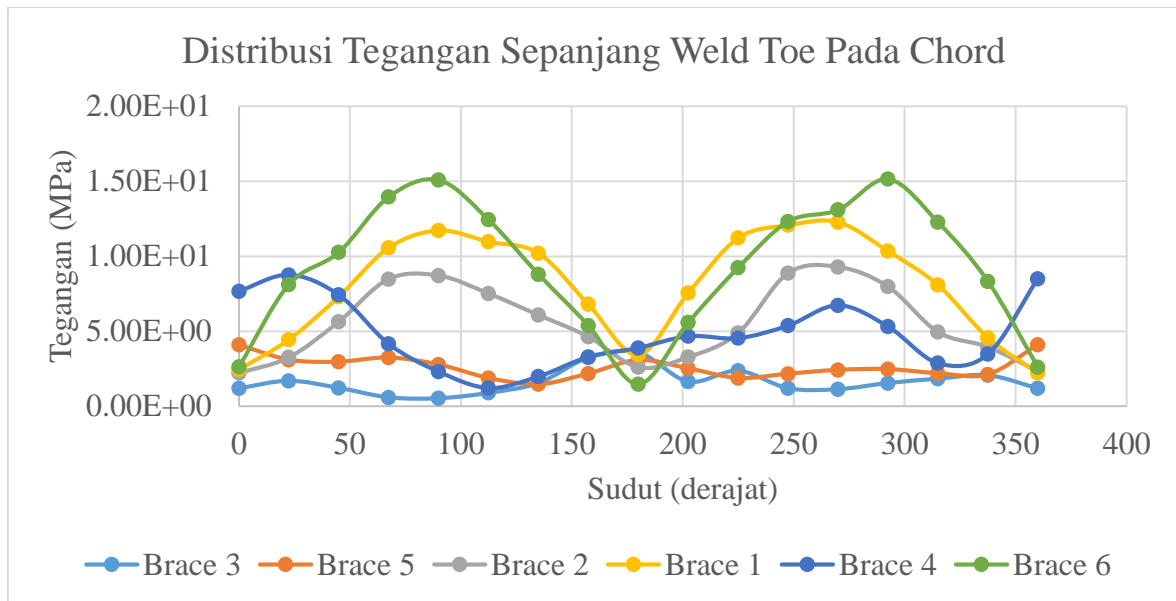
Sehingga dari data hotspot stress diatas, maka dapat ditentukan SCF seperti pada tabel berikut.

Tabel 4. 13 Tabel SCF Tiap Brace

Hotspot Stress (MPa)	27.2452	22.1862	14.9673	12.2064	17.0069	16.0525
Nominal Stress (MPa)	1.41E+01	9.64E+00	9.61E+00	6.38E+00	3.34E+00	1.61E+00
SCF	1.93	2.30	1.56	1.91	5.09	9.99

#### 4.9.2. SCF Akibat Pembebanan Inplane Bending Moment

Berikut merupakan diagram distribusi tegangan pada weld toe yang menempel pada chord sebagai rujukan dalam menentukan hotspot stress di tiap brace.



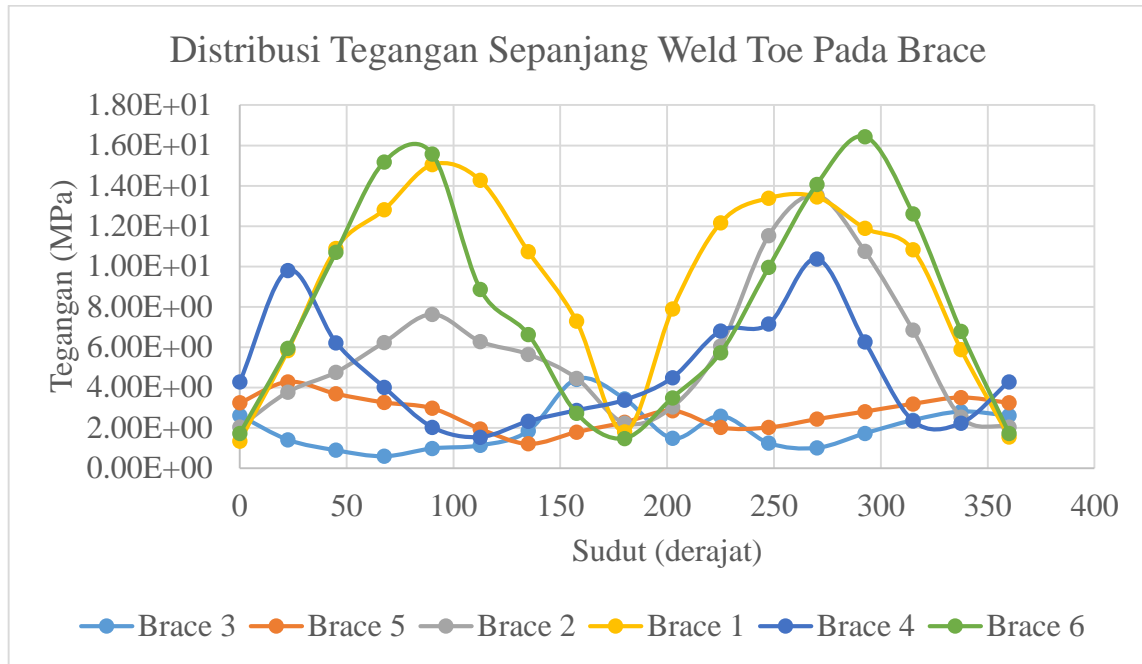
Gambar 4. 56 Grafik Distribusi Tegangan Sepanjang Weld Toe Pada Chord Akibat Pembebanan Inplane Bending Moment

Sehingga dari data hotspot stress diatas, maka dapat ditentukan SCF seperti pada tabel berikut.

Tabel 4. 14 Tabel SCF Tiap Brace

Hotspot Stress (MPa)	3.5917	4.10318	9.28468	12.2829	8.76337	15.1502
Nominal Stress (MPa)	8.63E-01	1.70E+00	4.39E+00	5.98E+00	1.84E+00	4.23E+00
SCF	4.16	2.42	2.11	2.05	4.76	3.58

Selanjutnya, SCF untuk daerah distribusi tegangan pada weld toe yang menempel pada brace juga ditinjau dengan grafik distribusi tegangan terlampir pada grafik dibawah.



Gambar 4. 57 Grafik Distribusi Tegangan Sepanjang Weld Toe Pada Brace Akibat Pembebanan Inplane Bending Moment

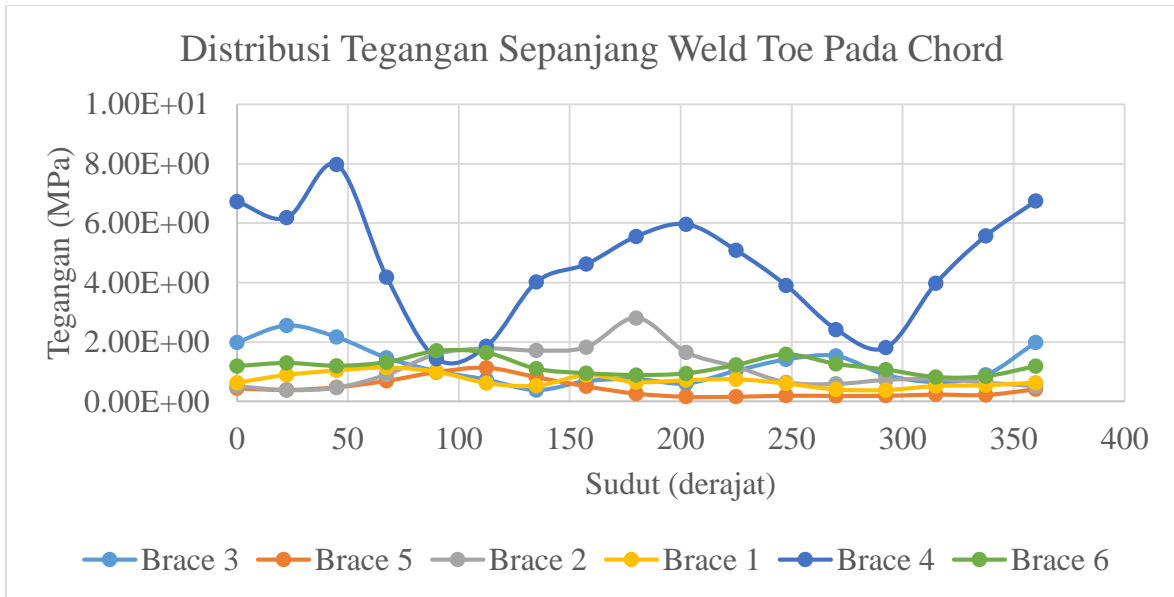
Sehingga dari data hotspot stress diatas, maka dapat ditentukan SCF seperti pada tabel berikut.

Tabel 4. 15 Tabel SCF Tiap Brace

Hotspot Stress (MPa)	4.41283	4.28183	13.5266	15.0502	10.3769	16.438
Nominal Stress (MPa)	8.63E-01	1.70E+00	4.39E+00	5.98E+00	1.84E+00	4.23E+00
SCF	5.12	2.52	3.08	2.52	5.64	3.88

### 4.9.3. SCF Akibat Pembebanan Outplane Bending Moment

Berikut merupakan diagram distribusi tegangan pada weld toe yang menempel pada chord sebagai rujukan dalam menentukan hotspot stress di tiap brace.



Gambar 4. 58 Grafik Distribusi Tegangan Sepanjang Weld Toe Pada Chord Akibat Pembebanan Outplane Bending Moment

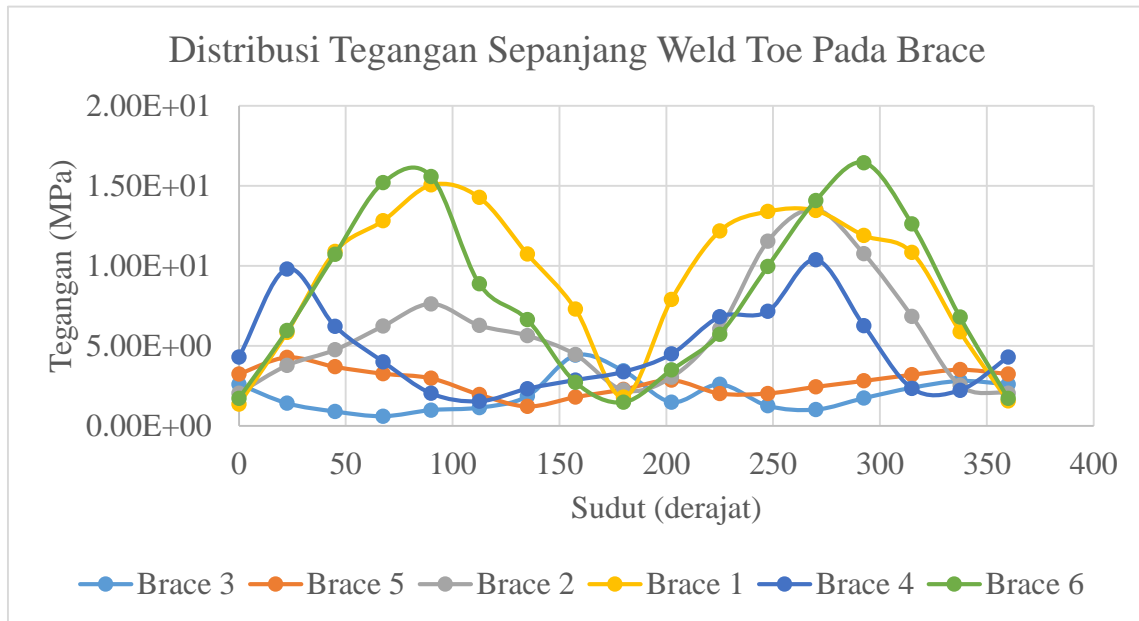
Sehingga dari data hotspot stress diatas, maka dapat ditentukan SCF seperti pada tabel berikut.

Tabel 4. 16 Tabel SCF Tiap Brace

Hotspot Stress (MPa)	2.55707	1.13558	2.80969	1.14484	7.97305	1.70406
Nominal Stress (MPa)	7.09E-01	8.29E-02	1.11E+00	4.29E-01	2.10E+00	1.30E+00
SCF	3.61	13.69	2.54	2.67	3.79	1.31



Selanjutnya, SCF untuk daerah distribusi tegangan pada weld toe yang menempel pada brace juga ditinjau dengan grafik distribusi tegangan terlampir pada grafik dibawah.



Gambar 4. 59 Grafik Distribusi Tegangan Sepanjang Weld Toe Pada Brace Akibat Pembebanan Outplane Bending Moment

Sehingga dari data hotspot stress diatas, maka dapat ditentukan SCF seperti pada tabel berikut.

Tabel 4. 17 Tabel SCF Tiap Brace

Hotspot Stress (MPa)	2.51211	0.710335	1.86143	1.33672	8.30578	1.49155
Nominal Stress (MPa)	7.09E-01	8.29E-02	1.11E+00	4.29E-01	2.10E+00	1.30E+00
SCF	3.54	8.56	1.68	3.12	3.95	1.15

#### 4.10 Komparasi SCF Dari Hasil Analisis Global dan Analisis Lokal

SCF dari hasil analisis global yang digunakan dalam komparasi ini merujuk pada hasil yang diperoleh pada tugas akhir Giffary (2020) karena objek struktur yang dianalisis sama. Selanjutnya, untuk SCF hasil analisis lokal dipilih dari SCF paling maksimum di tiap variasi pembebanan. Berikut merupakan hasil komparasi SCF berdasarkan analisis global dengan lokal.

Tabel 4. 18 Tabel Komparasi SCF Hasil Analisis Global dan Lokal

Tipe Pembebanan	SCF		Kenaikan SCF (%)
	Hasil Analisis Global	Hasil Analisis Lokal	
Gaya Aksial	4.2	13.46	320.4
IPB	1.75	4.76	272.0
OPB	3.6	13.69	380.3

Dari hasil komparasi diatas, maka dapat disimpulkan bahwa SCF dari hasil analisis lokal lebih besar apabila dibandingkan dengan SCF yang didapat dari hasil analisis global dengan kenaikan rata-rata sebesar 3 kali lipat. Hal ini disebabkan karena SCF yang didapatkan dari analisis global dihitung berdasarkan pendekatan Efthymiou. Formula pendekatan pada metode Efthymiou yang paling kompleks terbatas pada tipe sambungan KT uniplanar. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa analisis global penting untuk dilakukan agar SCF yang didapat lebih presisi.

#### 4.11 Studi Parametrik

Sebelum melakukan studi parametrik, dilakukan perbandingan antara hotspot stress yang terjadi dengan tegangan yang diijinkan. Menurut AWS D1.1, tegangan ijin di daerah sambungan besarnya sama dengan base plate yang merupakan tubular member. Untuk tegangan ijin dari member tubular dapat merujuk pada codes API RP 2A WSD yang nilainya 0.8 kali kekuatan yield. Berikut merupakan hasil perbandingan antara hotspot stress dengan tegangan ijin.

Tabel 4. 19 Tabel Rasio Hotspot Stress Pada Weld Toe Chord dengan Allowable Stress Akibat Pembebanan Gaya Aksial

Brace	Hotspot Stress	Yield Strength	Allowable Stress	Keterangan	Rasio (%)
	(MPa)	(MPa)	(MPa)		
Brace 3	29.8357	250	200	OK	14.91785
Brace 5	22.0877	250	200	OK	11.04385
Brace 2	19.4016	250	200	OK	9.7008
Brace 1	17.4275	250	200	OK	8.71375
Brace 4	16.036	250	200	OK	8.018
Brace 6	21.6257	250	200	OK	10.81285

Tabel 4. 20 Tabel Rasio Hotspot Stress Pada Weld Toe Brace dengan Allowable Stress Akibat Pembebanan Gaya Aksial

Brace	Hotspot Stress	Yield Strength	Allowable Stress	Keterangan	Rasio (%)
	(MPa)	(MPa)	(MPa)		
Brace 3	27.2452	250	200	OK	13.6226
Brace 5	22.1862	250	200	OK	11.0931
Brace 2	14.9673	250	200	OK	7.48365
Brace 1	12.2064	250	200	OK	6.1032
Brace 4	17.0069	250	200	OK	8.50345
Brace 6	16.0525	250	200	OK	8.02625

Tabel 4. 21 Tabel Rasio Hotspot Stress Pada Weld Toe Chord dengan Allowable Stress Akibat Pembebanan Inplane Bending Moment

Brace	Hotspot Stress	Yield Strength	Allowable Stress	Keterangan	Rasio (%)
	(MPa)	(MPa)	(MPa)		
Brace 3	3.5917	250	200	OK	1.79585
Brace 5	4.10318	250	200	OK	2.05159
Brace 2	9.28468	250	200	OK	4.64234
Brace 1	12.2829	250	200	OK	6.14145
Brace 4	8.76337	250	200	OK	4.381685
Brace 6	15.1502	250	200	OK	7.5751

Tabel 4. 22 Tabel Rasio Hotspot Stress Pada Weld Toe Brace dengan Allowable Stress Akibat Pembebanan Inplane Bending Moment

Brace	Hotspot Stress	Yield Strength	Allowable Stress	Keterangan	Rasio (%)
	(MPa)	(MPa)	(MPa)		
Brace 3	4.41283	250	200	OK	2.206415
Brace 5	4.28183	250	200	OK	2.140915
Brace 2	13.5266	250	200	OK	6.7633
Brace 1	15.0502	250	200	OK	7.5251
Brace 4	10.3769	250	200	OK	5.18845
Brace 6	16.438	250	200	OK	8.219

Tabel 4. 23 Tabel Rasio Hotspot Stress Pada Weld Toe Chord dengan Allowable Stress Akibat Pembebanan Outplane Bending Moment

Brace	Hotspot Stress	Yield Strength	Allowable Stress	Keterangan	Rasio (%)
	(MPa)	(MPa)	(MPa)		
Brace 3	2.55707	250	200	OK	1.278535
Brace 5	1.13558	250	200	OK	0.56779
Brace 2	2.80969	250	200	OK	1.404845
Brace 1	1.14484	250	200	OK	0.57242
Brace 4	7.97305	250	200	OK	3.986525
Brace 6	1.70406	250	200	OK	0.85203

Tabel 4. 24 Tabel Rasio Hotspot Stress Pada Weld Toe Brace dengan Allowable Stress Akibat Pembebanan Outplane Bending Moment

Brace	Hotspot Stress	Yield Strength	Allowable Stress	Keterangan	Rasio (%)
	(MPa)	(MPa)	(MPa)		
Brace 3	2.51211	250	200	OK	1.256055
Brace 5	0.710335	250	200	OK	0.3551675
Brace 2	1.86143	250	200	OK	0.930715
Brace 1	1.33672	250	200	OK	0.66836
Brace 4	8.30578	250	200	OK	4.15289
Brace 6	1.49155	250	200	OK	0.745775

Dari seluruh perbandingan di tiap variasi kondisi pembebanan diatas, dapat disimpulkan bahwa rasio antara hotspot stress yang terjadi dengan tegangan ijin relatif kecil. Oleh sebab itu, studi parametrik dapat dilakukan dalam rangka untuk mengetahui adanya kemungkinan untuk mengoptimalkan geometri struktur. Studi parametrik ini akan memvariasikan parameter no dimensional sambungan tubular seperti  $\tau$ ,  $\gamma$ , dan  $\beta$ . Variasi parameter yang digunakan mengacu pada API RP 2A WSD dengan validity range sebagai berikut.

$$0.3 \leq \beta \leq 0.5$$

$$0.3 \leq \tau \leq 0.6$$

$$10 \leq \gamma \leq 14$$

#### 4.11.1. Studi Parametrik Dengan Variasi $\gamma$

Parameter non-dimensional  $\gamma$  merupakan rasio antara diameter dan ketebalan chord yang dirumuskan dengan  $\gamma = D/2T$ . Analisis ini diawali dengan menghitung parameter  $\gamma$  dari properti geometri awal. Hasil perhitungan adalah sebagai berikut.

Tabel 4. 25 Tabel Perhitungan Parameter Non-Dimensional  $\gamma$

Variasi Parameter $\gamma$						
OD (m)	ID (m)	T (m)	od (m)	id (m)	t (m)	$\gamma$ (D/2T)
1.355	1.228	0.0635	0.686	0.616	0.035	10.66927

Dari hasil perhitungan tersebut dan dicocokkan dengan validity range yang telah ditetapkan oleh API, maka disimpulkan bahwa pada parameter  $\gamma$  sudah menempati batas minimum, sehingga sudah tidak dapat dioptimalkan lagi.

#### 4.11.2. Studi Parametrik Dengan Variasi $\beta$

Parameter non dimensional sambungan tubular  $\beta$  merupakan rasio perbandingan antara diameter brace dan diameter chord dengan  $\beta = \text{od}/\text{OD}$ . Analisis ini diawali dengan menghitung parameter  $\beta$  dari properti geometri awal. Hasil perhitungan adalah sebagai berikut.

Tabel 4. 26 Tabel Perhitungan Parameter  $\beta$

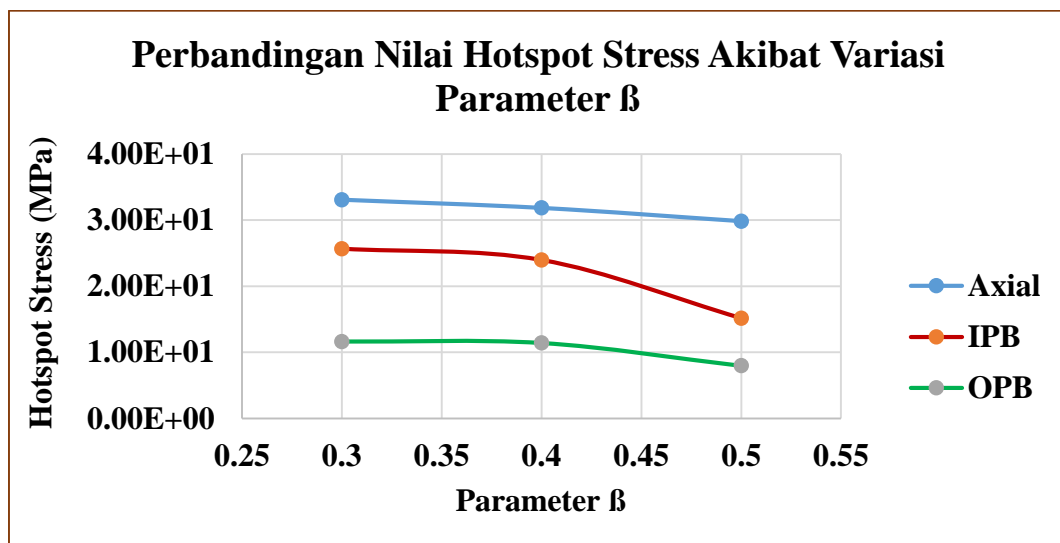
Variasi Parameter $\beta$						
OD (m)	ID (m)	T (m)	od (m)	id (m)	t (m)	$\beta$ (od/OD)
1.355	1.228	0.064	0.686	0.616	0.035	0.506273

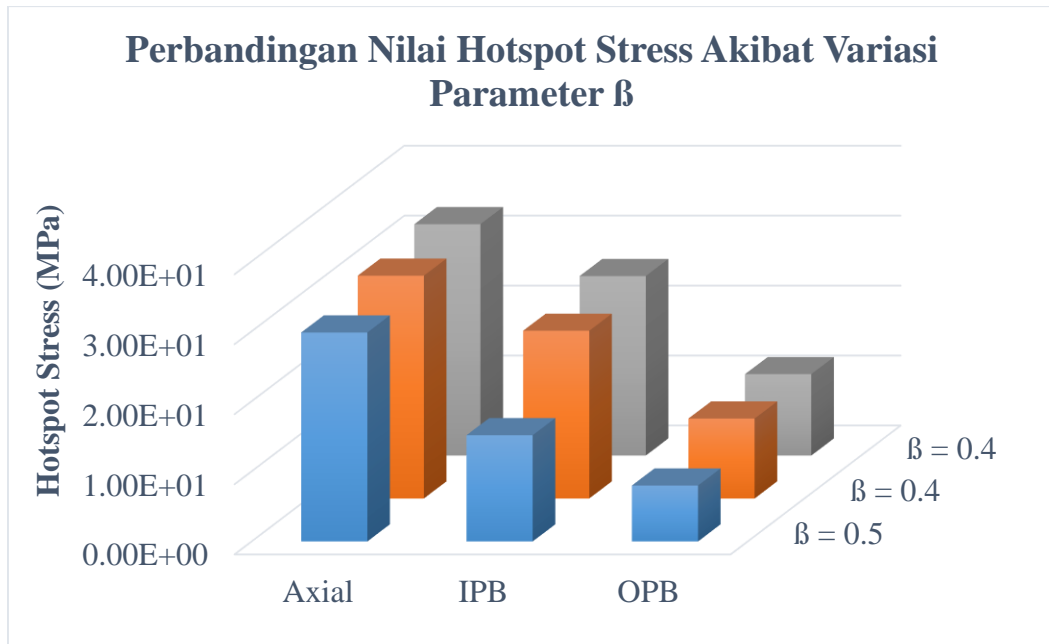
Dari hasil perhitungan, didapatkan nilai  $\beta$  adalah 0.5 yang masih masuk dalam validity range oleh API dan ada pada batas maksimum, sehingga parameter tersebut masih dapat dioptimalkan. Parameter  $\beta$  kemudian divariasikan pada nilai 0.4 dan 0.3 seperti yang tersaji pada tabel dibawah.

Tabel 4. 27 Tabel Perhitungan Variasi Parameter  $\beta$

Variasi Parameter $\beta$						
OD (m)	ID (m)	T (m)	od (m)	id (m)	t (m)	$\beta$ (od/OD)
1.355	1.228	0.064	0.686	0.616	0.035	0.506273
1.355	1.228	0.064	0.546	0.476	0.035	0.402952
1.355	1.228	0.064	0.406	0.336	0.035	0.299631

Dengan variasi parameter  $\beta$  diatas, kemudian analisis dilanjutkan dengan memberikan variasi pembebanan pada tiap brace berupa gaya aksial, inplane bending moment, dan outplane bending moment. Hasil dari analisis kemudian divisualisasikan dalam diagram berikut.





Gambar 4. 60 Grafik Hotspot Stress Dengan Variasi Parameter  $\beta$

Dalam diagram diatas dapat disimpulkan bahwa semakin besar parameter  $\beta$ , maka hotspot stress yang dihasilkan semakin kecil, baik dalam kondisi pembebanan gaya aksial, inplane bending moment, ataupun outplane bending moment. Selain itu, tipe pembebanan inplane bending moment merupakan tipe pembebanan yang paling dominan menyebabkan perubahan hotspot stress pada variasi parameter. Hal ini dapat dilihat dari gradient pada grafik yang terlihat lebih curam dibandingkan pada tipe pembebanan lainnya.

#### 4.11.3. Studi Parametrik Dengan Variasi $\tau$

Parameter non dimensional sambungan tubular  $\tau$  merupakan rasio perbandingan antara ketebalan brace dan chord dengan  $\tau = t/T$ . Analisis ini diawali dengan menghitung parameter  $\tau$  dari properti geometri awal. Hasil perhitungan adalah sebagai berikut.

Tabel 4. 28 Tabel Perhitungan Parameter  $\tau$

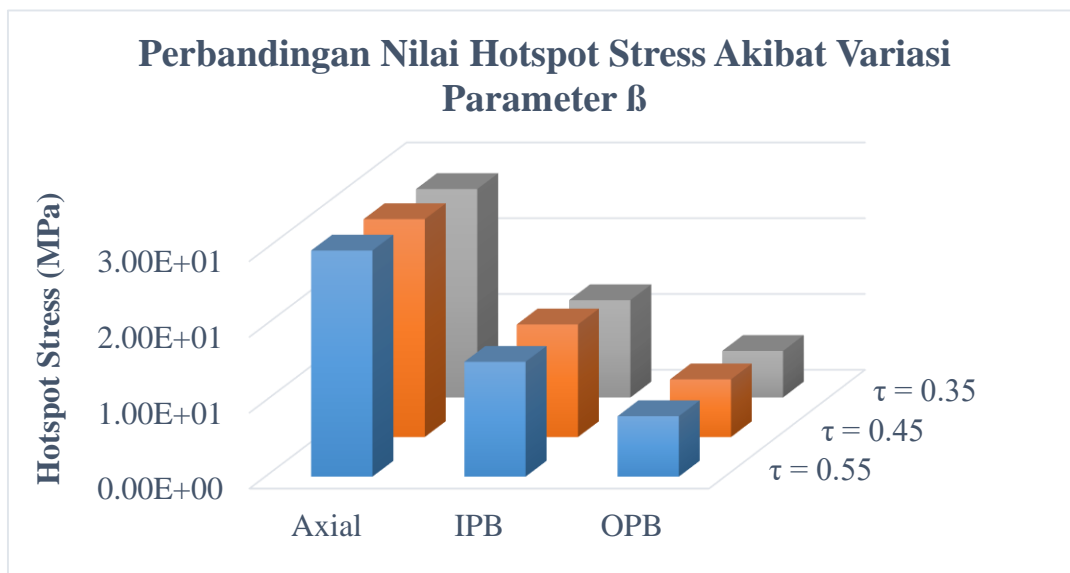
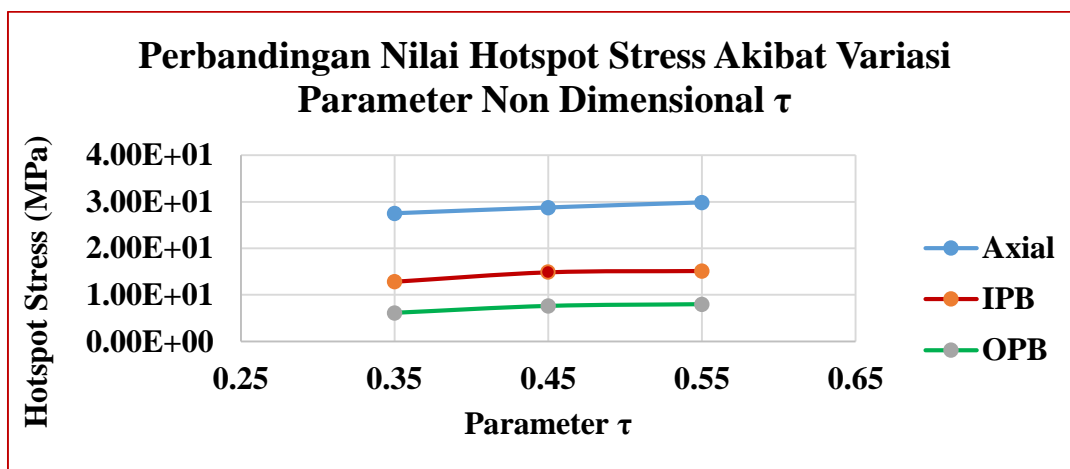
Variasi Parameter $\tau$						
OD (m)	ID (m)	T (m)	od (m)	id (m)	t (m)	$\tau (t/T)$
1.355	1.228	0.064	0.686	0.616	0.035	0.546875

Dari hasil perhitungan, didapatkan parameter  $\tau$  adalah sebesar 0.55 yang masih masuk dalam validity range oleh API dan ada pada batas hamper maksimum, sehingga parameter tersebut masih dapat dioptimalkan. Parameter  $\tau$  kemudian divariasikan pada nilai 0.45 dan 0.35 seperti yang tersaji pada tabel dibawah.

Tabel 4. 29 Tabel Perhitungan Variasi Parameter  $\tau$

Variasi Parameter $\tau$						
OD (m)	ID (m)	T (m)	od (m)	id (m)	t (m)	$\tau$ (t/T)
1.355	1.228	0.064	0.686	0.616	0.035	0.546875
1.355	1.228	0.064	0.686	0.626	0.03	0.46875
1.355	1.228	0.064	0.686	0.64	0.023	0.359375

Dengan variasi parameter  $\tau$  diatas, kemudian analisis dilanjutkan dengan memberikan variasi pembebanan pada tiap brace berupa gaya aksial, inplane bending moment, dan outplane bending moment. Hasil dari analisis tersebut kemudian dibuat dalam bentuk diagram berikut.



Gambar 4. 61 Grafik Hotspot Stress Dengan Variasi Parameter  $\tau$

Dari grafik tersebut, dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi parameter  $\tau$ , maka hotspot stress yang terjadi juga akan naik.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari seluruh proses analisis yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

1. Berdasarkan perbandingan antara SCF untuk tipe kondisi pembebanan gaya aksial, inplane bending moment, dan outplane bending moment yang didapat dari analisis global oleh Giffary (2020) dengan analisis lokal pada tugas akhir ini, didapat SCF hasil analisis lokal bernilai rata-rata 320% lebih tinggi.
2. Pada analisis lokal dengan tipe pembebanan gaya aksial di setiap brace, tegangan terbesar terjadi pada Brace 3, yaitu sebesar 29.8 MPa yang terletak pada crown toe. Untuk tipe pembebanan inplane bending moment, tegangan terbesar terjadi pada Brace 6, yaitu sebesar 16.4 MPa yang terletak pada crown toe. Sedangkan pada tipe pembebanan outplane bending moment, tegangan terbesar terjadi pada Brace 4, yaitu sebesar 8.3 MPa yang terletak pada crown heel.
3. Variasi parameter tubular  $\beta$  menyebabkan meningkatnya hotspot stress yang terjadi apabila  $\beta$  diturunkan. Sebaliknya, pada parameter tubular  $\tau$ , semakin tinggi parameter akan mengakibatkan hotspot stress yang terjadi semakin tinggi.

#### **5.2 Saran**

Berikut merupakan saran dari penulis yang dapat digunakan dalam studi selanjutnya.

1. Dari hasil analisis dengan kondisi eksisting, didapatkan nilai UC yang relatif kecil, oleh karena itu struktur masih dapat dioptimasi dari segi geometri atau konfigurasi.
2. Dapat dilakukan studi parametrik dengan meninjau parameter non dimensional sambungan tubular lain seperti local joint flexibility (LJF), degree of bending (DOB), dan lain sebagainya.
3. Dapat dilakukan analisis lokal dengan memperhitungkan beban kombinasi.





## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmadi, H. & Nejad, A. Z., 2017. Geometrical effects on the local joint flexibility of two-planar tubular DK-joints in jacket substructure of offshore wind turbines under OPB loading. *Elsevier*, pp. 122-133.
- Anon., 2019. *Laporan Tahunan 2019*, Jakarta: SKK Migas.
- API, 2000. *Recommended Practice for Planning, Designing and Constructing Fixed Offshore Platform - Working Stress Design*. 21st ed. Washington DC: American Petroleum Institute.
- Chakrabarti, S. K., 2005. *Handbook of Offshore Engineering*. Amsteram, Elsevier.
- Chandran, A. & S., A., 2016. Static Strength Analysis of Tubular K-Joint in Offshore Jacket Structure. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 5(7), pp. 708-713.
- Devold, H., 2008. *Oil and Gas Produktion Handbook*. Oslo: ABB Oil and Gas.
- DNV, 2017. *DNVGL-RP-C204*, Norway: Det Norske Veritas.
- Efthymiou, M., 1988. *Development of SCF formulae and generalized influence functions for use in fatigue analysis*. Surrey, UK: OTJ 88.
- El-Reedy, M. A., 2015. *Marine Structural Design Calculations*. Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Giffary, M. N., 2020. *Perbandingan Umur Kelelahan Struktur Jacket 3 Kaki Modifikasi dan Konvensional*. Surabaya: Tugas Akhir Departemen Teknik Kelautan FTK ITS.
- Helle, Y. & Nicholson, G., 2012. *Modular Design for Low Cost Minimum Facilities Platforms*. Singapore, 2H Offshore Engineering Limited.
- Hongwei, R., 2018. *Strength Analysis of Jacket Platform Based on ANSYS*. s.l., 7th International Conference on energy and Environmental Protection (ICEEP).
- Logan, D. L., 2007. *A First Course in the Finite Element Method*. 2nd ed. United States: Nelson.
- Mirtaheri, M., Zakeri, H. A., Alanjari, P. & Assareh, M. A., 2009. Effect of Joint Flexibility on Overall Behavior of Jacket Type Offshore Platform. *American Journal of Engineering and Applied Science*, 2(1), pp. 25-30.
- Prastianto, R. W. e. a., 2018. *Stress Concentration Factor Distribution of Inclined Brace In Multiplanar Offshore Tubular Double KT Joints*. s.l., IOP COnference Series : Earth and Environment Science.
- Prastianto, R. W. e. a., 2018. Stress Distribution along the Weld Toe of Tubular KT and KDT Joints under Balance Axial Loads and In-Plane-Bending Moments. *ISOCEEN*, pp. 170-175.
- Riyanto, R. D., 2015. *Modul Perancangan Bangunan Lepas Pantai Statis*. Surabaya: s.n.

Zhang, M., Li, H., Li, Y. & Hu, S. J., 2011. *Structural Modification by Reassigning Natural Frequencies of Offshore Jacket Platform*. Hawaii, International Offshore and Polar Engineering Conference.

**LAMPIRAN A**  
**SEASTATE INPUT MODEL**  
**SACS**

```

LDOPT          NF+Z64.20000490.0000-261.629 261.609GLOBEN
LCSEL          BE   BN   BS   BW   OE   ON   OS   OW
BNE  BNW  BSE  BSW
LCSEL          ONE  ONW  OSE  OSW BENE BESE BNNE BNNW
BSSE BSSW BBNW BBSW
LCSEL          OENE OESE ONNE ONNW OSSE OSSW OOWNW OOSW
AMOD
AMOD  TOPS 1.000
FILE B
CDM
CDM  22.00 0.500          2.000          0.800
CDM  24.00 0.500          2.000          0.800
CDM  26.00 0.500          2.000          0.800          2.000
CDM  28.00 0.500          2.000          0.800          2.000
CDM  30.00 0.500          2.000          0.800          2.000
CDM  32.00 0.500          2.000          0.800          2.000
CDM  42.00 0.500          2.000          0.800          2.000
CDM  43.00 0.500          2.000          0.800          2.000
CDM  53.00 0.500          2.000          0.800          2.000
CDM  54.00 0.500          2.000          0.800          2.000
LOAD
LOADCN 1E
WAVE
WAVE.950STOK  1.31          5.31          315.00          L
MM10 1  5
CURR
CURR  20.013  1.463 315.000          0.900          US
CN FPS
CURR  40.059  1.615 315.000
CURR  60.072  1.709 315.000
CURR  80.118  1.782 315.000
CURR 100.131  1.907 315.000
CURR 120.177  1.890 315.000
CURR 140.190  1.932 315.000
CURR 160.236  1.969 315.000
CURR 180.249  2.001 315.000
CURR 200.295  2.030 315.000
LOADCN 1N
WAVE
WAVE.950STOK  1.12          3.07          225.00          L
MM10 1  5
CURR
CURR  20.013  0.439 225.000          0.900          US
CN FPS
CURR  40.059  0.486 225.000
CURR  60.072  0.515 225.000
CURR  80.118  0.539 225.000
CURR 100.131  0.554 225.000
CURR 120.177  0.571 225.000
CURR 140.190  0.581 225.000
CURR 160.236  0.594 225.000

```

CURR	180.249	0.603	225.000		
CURR	200.295	0.613	225.000		
LOADCN	1S				
WAVE					
WAVE.950STOK	1.31		3.31	45.00	L
MM10	1 5				
CURR					
CURR	20.013	0.236	45.000	0.900	US
CN FPS					
CURR	40.059	0.262	45.000		
CURR	60.072	0.279	45.000		
CURR	80.118	0.289	45.000		
CURR	100.131	0.299	45.000		
CURR	120.177	0.306	45.000		
CURR	140.190	0.312	45.000		
CURR	160.236	0.318	45.000		
CURR	180.249	0.324	45.000		
CURR	200.295	0.328	45.000		
LOADCN	1W				
WAVE					
WAVE.950STOK	5.09		5.84	135.00	L
MM10	1 5				
CURR					
CURR	20.013	1.062	135.000	0.900	US
CN FPS					
CURR	40.059	1.172	135.000		
CURR	60.072	1.243	135.000		
CURR	80.118	1.292	135.000		
CURR	100.131	1.336	135.000		
CURR	120.177	1.371	135.000		
CURR	140.190	1.400	135.000		
CURR	160.236	1.430	135.000		
CURR	180.249	1.454	135.000		
CURR	200.295	1.476	135.000		
LOADCN	2E				
WAVE					
WAVE.950STOK	4.43		8.63	315.00	L
MM10	1 5				
CURR					
CURR	20.013	2.592	315.000	0.900	US
CN FPS					
CURR	40.059	2.861	315.000		
CURR	60.072	3.032	315.000		
CURR	80.118	3.226	315.000		
CURR	100.131	3.261	315.000		
CURR	120.177	3.346	315.000		
CURR	140.190	3.422	315.000		
CURR	160.236	3.488	315.000		
CURR	180.249	3.547	315.000		
CURR	200.295	3.602	315.000		
LOADCN	2N				

WAVE						
WAVE.950STOK	4.27		4.65	225.00	L	
MM10 1 5						
CURR						
CURR	20.013	0.725	225.000	0.900		US
CN FPS						
CURR	40.059	0.801	225.000			
CURR	60.072	0.850	225.000			
CURR	80.118	0.887	225.000			
CURR	100.131	0.915	225.000			
CURR	120.177	0.939	225.000			
CURR	140.190	0.958	225.000			
CURR	160.236	0.978	225.000			
CURR	180.249	0.995	225.000			
CURR	200.295	1.010	225.000			
LOADCN 2S						
WAVE						
WAVE.950STOK	4.62		5.25	45.00	L	
MM10 1 5						
CURR						
CURR	20.013	0.696	45.000	0.900		US
CN FPS						
CURR	40.059	0.768	45.000			
CURR	60.072	0.814	45.000			
CURR	80.118	0.846	45.000			
CURR	100.131	0.873	45.000			
CURR	120.177	0.895	45.000			
CURR	140.190	0.915	45.000			
CURR	160.236	0.936	45.000			
CURR	180.249	0.951	45.000			
CURR	200.295	0.964	45.000			
LOADCN 2W						
WAVE						
WAVE.950STOK	10.07		7.95	135.00	L	
MM10 1 5						
CURR						
CURR	20.013	1.424	135.000	0.900		US
CN FPS						
CURR	40.059	1.572	135.000			
CURR	60.072	1.667	135.000			
CURR	80.118	1.736	135.000			
CURR	100.131	1.792	135.000			
CURR	120.177	1.841	135.000			
CURR	140.190	1.880	135.000			
CURR	160.236	1.915	135.000			
CURR	180.249	1.949	135.000			
CURR	200.295	1.978	135.000			
LOADCN 1NE						
WAVE						
WAVE.950STOK	0.85		2.98	270.00	L	
MM10 1 5						

CURR						
CURR	20.013	0.466	270.000		0.900	US
CN FPS						
CURR	40.059	0.515	270.000			
CURR	60.072	0.544	270.000			
CURR	80.118	0.567	270.000			
CURR	100.131	0.588	270.000			
CURR	120.177	0.603	270.000			
CURR	140.190	0.616	270.000			
CURR	160.236	0.627	270.000			
CURR	180.249	0.640	270.000			
CURR	200.295	0.650	270.000			
LOADCN 1NW						
WAVE						
WAVE.950STOK	1.74		3.28	180.00		L
MM10 1 5						
CURR						
CURR	20.013	0.821	180.000		0.900	US
CN FPS						
CURR	40.059	0.905	180.000			
CURR	60.072	0.958	180.000			
CURR	80.118	0.998	180.000			
CURR	100.131	1.030	180.000			
CURR	120.177	1.057	180.000			
CURR	140.190	1.083	180.000			
CURR	160.236	1.103	180.000			
CURR	180.249	1.121	180.000			
CURR	200.295	1.138	180.000			
LOADCN 1SE						
WAVE						
WAVE.950STOK	2.13		4.70	0.00		L
MM10 1 5						
CURR						
CURR	20.013	0.502	0.000		0.900	US
CN FPS						
CURR	40.059	0.554				
CURR	60.072	0.588				
CURR	80.118	0.610				
CURR	100.131	0.630				
CURR	120.177	0.650				
CURR	140.190	0.662				
CURR	160.236	0.676				
CURR	180.249	0.686				
CURR	200.295	0.696				
LOADCN 1SW						
WAVE						
WAVE.950STOK	1.31		3.23	90.00		L
MM10 1 5						
CURR						
CURR	20.013	0.247	90.000		0.900	US
CN FPS						



CURR	40.059	0.272	90.000		
CURR	60.072	0.289	90.000		
CURR	80.118	0.299	90.000		
CURR	100.131	0.309	90.000		
CURR	120.177	0.318	90.000		
CURR	140.190	0.324	90.000		
CURR	160.236	0.331	90.000		
CURR	180.249	0.334	90.000		
CURR	200.295	0.341	90.000		
LOADCN 2NE					
WAVE					
WAVE.950STOK	5.74		5.55	270.00	L
MM10 1 5					
CURR					
CURR	20.013	0.902	270.000	0.900	US
CN FPS					
CURR	40.059	0.995	270.000		
CURR	60.072	1.054	270.000		
CURR	80.118	1.099	270.000		
CURR	100.131	1.132	270.000		
CURR	120.177	1.165	270.000		
CURR	140.190	1.191	270.000		
CURR	160.236	1.211	270.000		
CURR	180.249	1.233	270.000		
CURR	200.295	1.250	270.000		
LOADCN 2NW					
WAVE					
WAVE.950STOK	4.79		5.66	180.00	L
MM10 1 5					
CURR					
CURR	20.013	1.224	180.000	0.900	US
CN FPS					
CURR	40.059	1.351	180.000		
CURR	60.072	1.430	180.000		
CURR	80.118	1.490	180.000		
CURR	100.131	1.539	180.000		
CURR	120.177	1.581	180.000		
CURR	140.190	1.615	180.000		
CURR	160.236	1.647	180.000		
CURR	180.249	1.674	180.000		
CURR	200.295	1.699	180.000		
LOADCN 2SE					
WAVE					
WAVE.950STOK	12.66		10.05	0.00	L
MM10 1 5					
CURR					
CURR	20.013	1.371	0.000	0.900	US
CN FPS					
CURR	40.059	1.513			
CURR	60.072	1.604			
CURR	80.118	1.670			

CURR	100.131	1.726			
CURR	120.177	1.772			
CURR	140.190	1.810			
CURR	160.236	1.844			
CURR	180.249	1.876			
CURR	200.295	1.907			
LOADCN 2SW					
WAVE					
WAVE.950STOK	4.43		5.53	90.00	L
MM10 1 5					
CURR					
CURR	20.013	0.828	90.000	0.900	US
CN FPS					
CURR	40.059	0.912	90.000		
CURR	60.072	0.964	90.000		
CURR	80.118	1.007	90.000		
CURR	100.131	1.040	90.000		
CURR	120.177	1.066	90.000		
CURR	140.190	1.089	90.000		
CURR	160.236	1.113	90.000		
CURR	180.249	1.132	90.000		
CURR	200.295	1.148	90.000		
LOADCN1ENE					
WAVE					
WAVE.950STOK	1.64		3.48	292.50	L
MM10 1 5					
CURR					
CURR	20.013	0.804	292.500	0.900	US
CN FPS					
CURR	40.059	0.887	292.500		
CURR	60.072	0.939	292.500		
CURR	80.118	0.978	292.500		
CURR	100.131	1.010	292.500		
CURR	120.177	1.037	292.500		
CURR	140.190	1.059	292.500		
CURR	160.236	1.079	292.500		
CURR	180.249	1.099	292.500		
CURR	200.295	1.115	292.500		
LOADCN1ESE					
WAVE					
WAVE.950STOK	6.36		6.54	337.50	L
MM10 1 5					
CURR					
CURR	20.013	1.458	337.500	0.900	US
CN FPS					
CURR	40.059	1.608	337.500		
CURR	60.072	1.706	337.500		
CURR	80.118	1.778	337.500		
CURR	100.131	1.834	337.500		
CURR	120.177	1.883	337.500		
CURR	140.190	1.925	337.500		

CURR	160.236	1.962	337.500		
CURR	180.249	1.995	337.500		
CURR	200.295	2.025	337.500		
LOADCN1NNE					
WAVE					
WAVE.950STOK	1.05		2.97	247.50	L
MM10 1 5					
CURR					
CURR	20.013	0.400	247.500	0.900	US
CN FPS					
CURR	40.059	0.439	247.500		
CURR	60.072	0.466	247.500		
CURR	80.118	0.486	247.500		
CURR	100.131	0.470	247.500		
CURR	120.177	0.515	247.500		
CURR	140.190	0.529	247.500		
CURR	160.236	0.539	247.500		
CURR	180.249	0.547	247.500		
CURR	200.295	0.554	247.500		
LOADCN1NNW					
WAVE					
WAVE.950STOK	1.21		3.17	202.50	L
MM10 1 5					
CURR					
CURR	20.013	0.554	202.500	0.900	US
CN FPS					
CURR	40.059	0.613	202.500		
CURR	60.072	0.650	202.500		
CURR	80.118	0.679	202.500		
CURR	100.131	0.699	202.500		
CURR	120.177	0.718	202.500		
CURR	140.190	0.735	202.500		
CURR	160.236	0.748	202.500		
CURR	180.249	0.762	202.500		
CURR	200.295	0.774	202.500		
LOADCN1SSE					
WAVE					
WAVE.950STOK	1.28		3.25	22.50	L
MM10 1 5					
CURR					
CURR	20.013	0.309	22.500	0.900	US
CN FPS					
CURR	40.059	0.341	22.500		
CURR	60.072	0.361	22.500		
CURR	80.118	0.377	22.500		
CURR	100.131	0.390	22.500		
CURR	120.177	0.400	22.500		
CURR	140.190	0.407	22.500		
CURR	160.236	0.417	22.500		
CURR	180.249	0.424	22.500		
CURR	200.295	0.429	22.500		

LOADCN1SSW						
WAVE						
WAVE.950STOK	1.08		3.25	67.50	L	
MM10 1 5						
CURR						
CURR	20.013	0.240	67.500	0.900		US
CN FPS						
CURR	40.059	0.262	67.500			
CURR	60.072	0.279	67.500			
CURR	80.118	0.292	67.500			
CURR	100.131	0.302	67.500			
CURR	120.177	0.309	67.500			
CURR	140.190	0.314	67.500			
CURR	160.236	0.321	67.500			
CURR	180.249	0.328	67.500			
CURR	200.295	0.331	67.500			
LOADCN1WNW						
WAVE						
WAVE.950STOK	4.23		5.20	157.50	L	
MM10 1 5						
CURR						
CURR	20.013	1.451	157.500	0.900		US
CN FPS						
CURR	40.059	1.601	157.500			
CURR	60.072	1.696	157.500			
CURR	80.118	1.768	157.500			
CURR	100.131	1.824	157.500			
CURR	120.177	1.873	157.500			
CURR	140.190	1.914	157.500			
CURR	160.236	1.952	157.500			
CURR	180.249	1.984	157.500			
CURR	200.295	2.015	157.500			
LOADCN1WSW						
WAVE						
WAVE.950STOK	1.97		3.53	112.50	L	
MM10 1 5						
CURR						
CURR	20.013	0.417	112.500	0.900		US
CN FPS						
CURR	40.059	0.459	112.500			
CURR	60.072	0.488	112.500			
CURR	80.118	0.508	112.500			
CURR	100.131	0.525	112.500			
CURR	120.177	0.539	112.500			
CURR	140.190	0.551	112.500			
CURR	160.236	0.561	112.500			
CURR	180.249	0.571	112.500			
CURR	200.295	0.581	112.500			
LOADCN2ENE						
WAVE						

WAVE.950STOK	5.94		6.28	292.50	L
MM10 1 5					
CURR					
CURR	20.013	1.106	292.500	0.900	US
CN FPS					
CURR	40.059	1.221	292.500		
CURR	60.072	1.292	292.500		
CURR	80.118	1.344	292.500		
CURR	100.131	1.392	292.500		
CURR	120.177	1.427	292.500		
CURR	140.190	1.459	292.500		
CURR	160.236	1.486	292.500		
CURR	180.249	1.513	292.500		
CURR	200.295	1.535	292.500		
LOADCN2ESE					
WAVE					
WAVE.950STOK	15.55		10.12	337.50	L
MM10 1 5					
CURR					
CURR	20.013	2.812	337.500	0.900	US
CN FPS					
CURR	40.059	3.104	337.500		
CURR	60.072	3.290	337.500		
CURR	80.118	3.428	337.500		
CURR	100.131	3.540	337.500		
CURR	120.177	3.631	337.500		
CURR	140.190	3.714	337.500		
CURR	160.236	3.786	337.500		
CURR	180.249	3.849	337.500		
CURR	200.295	3.908	337.500		
LOADCN2NNE					
WAVE					
WAVE.950STOK	5.09		5.61	247.50	L
MM10 1 5					
CURR					
CURR	20.013	0.745	247.500	0.900	US
CN FPS					
CURR	40.059	0.821	247.500		
CURR	60.072	0.870	247.500		
CURR	80.118	0.905	247.500		
CURR	100.131	0.936	247.500		
CURR	120.177	0.985	247.500		
CURR	140.190	0.981	247.500		
CURR	160.236	1.000	247.500		
CURR	180.249	1.017	247.500		
CURR	200.295	1.034	247.500		
LOADCN2NNW					
WAVE					
WAVE.950STOK	4.04		4.41	202.50	L
MM10 1 5					
CURR					

CURR	20.013	0.944	202.500	0.900	US
CN FPS					
CURR	40.059	1.044	202.500		
CURR	60.072	1.106	202.500		
CURR	80.118	1.152	202.500		
CURR	100.131	1.187	202.500		
CURR	120.177	1.221	202.500		
CURR	140.190	1.246	202.500		
CURR	160.236	1.270	202.500		
CURR	180.249	1.292	202.500		
CURR	200.295	1.312	202.500		
LOADCN2SSE					
WAVE					
WAVE.950STOK	4.10		6.22	22.50	L
MM10 1	5				
CURR					
CURR	20.013	0.942	22.500	0.900	US
CN FPS					
CURR	40.059	1.040	22.500		
CURR	60.072	1.103	22.500		
CURR	80.118	1.148	22.500		
CURR	100.131	1.187	22.500		
CURR	120.177	1.218	22.500		
CURR	140.190	1.243	22.500		
CURR	160.236	1.270	22.500		
CURR	180.249	1.289	22.500		
CURR	200.295	1.309	22.500		
LOADCN2SSW					
WAVE					
WAVE.950STOK	4.59		5.24	67.50	L
MM10 1	5				
CURR					
CURR	20.013	0.706	67.500	0.900	US
CN FPS					
CURR	40.059	0.777	67.500		
CURR	60.072	0.824	67.500		
CURR	80.118	0.860	67.500		
CURR	100.131	0.887	67.500		
CURR	120.177	0.909	67.500		
CURR	140.190	0.929	67.500		
CURR	160.236	0.947	67.500		
CURR	180.249	0.964	67.500		
CURR	200.295	0.978	67.500		
LOADCN2WNW					
WAVE					
WAVE.950STOK	7.09		6.97	157.50	L
MM10 1	5				
CURR					
CURR	20.013	1.792	157.500	0.900	US
CN FPS					
CURR	40.059	1.978	157.500		

CURR	60.072	2.096	157.500		
CURR	80.118	2.185	157.500		
CURR	100.131	2.255	157.500		
CURR	120.177	2.314	157.500		
CURR	140.190	2.366	157.500		
CURR	160.236	2.412	157.500		
CURR	180.249	2.454	157.500		
CURR	200.295	2.489	157.500		
LOADCN2WSW					
WAVE					
WAVE.950STOK	7.81		7.97	112.50	L
MM10	1	5			
CURR					
CURR	20.013	1.030	112.500	0.900	US
CN FPS					
CURR	40.059	1.138	112.500		
CURR	60.072	1.208	112.500		
CURR	80.118	1.257	112.500		
CURR	100.131	1.299	112.500		
CURR	120.177	1.333	112.500		
CURR	140.190	1.361	112.500		
CURR	160.236	1.388	112.500		
CURR	180.249	1.410	112.500		
CURR	200.295	1.434	112.500		
LCOMB					
LCOMB BE	2E1.3500	DL1.1000	TOPS1.1000	ABL	1.1
LCOMB BN	2N1.3500	DL1.1000	TOPS1.1000	ABL	1.1
LCOMB BS	2S1.3500	TOPS1.1000	DL1.1000	ABL	1.1
LCOMB BW	DL1.1000	TOPS1.1000	2W1.3500	ABL	1.1
LCOMB OE	1E 1.2000	DL 1.3000	TOPS1.3000	ABL	1.3
LCOMB ON	1N 1.2000	DL 1.3000	TOPS1.3000	ABL	1.3
LCOMB OS	1S 1.2000	DL 1.3000	TOPS1.3000	ABL	1.3
LCOMB OW	1W 1.2000	DL 1.3000	TOPS1.3000	ABL	1.3
LCOMB BNE	2NE 1.3500	DL 1.1000	TOPS1.1000	ABL	1.1
LCOMB BNW	DL 1.1000	TOPS1.1000	2NW 1.3500	ABL	1.1
LCOMB BSE	2SE 1.3500	DL 1.1000	TOPS1.1000	ABL	1.1
LCOMB BSW	TOPS1.1000	DL 1.1000	2SW 1.3500	ABL	1.1
LCOMB ONE	1NE 1.2000	DL 1.3000	TOPS1.3000	ABL	1.3
LCOMB ONW	1NW 1.2000	DL 1.3000	TOPS1.3000	ABL	1.3
LCOMB OSE	1SE 1.2000	DL 1.3000	TOPS1.3000	ABL	1.3
LCOMB OSW	1SW 1.2000	DL 1.3000	TOPS1.3000	ABL	1.3
LCOMB BENE	2ENE1.3500	DL 1.1000	TOPS1.1000	ABL	1.1
LCOMB BESE	2ESE1.3500	DL 1.1000	TOPS1.1000	ABL	1.1
LCOMB BNNE	2NNE1.3500	DL 1.1000	TOPS1.1000	ABL	1.1
LCOMB BNNW	2NNW1.3500	DL 1.1000	TOPS1.1000	ABL	1.1
LCOMB BSSE	DL 1.1000	TOPS1.1000	2SSE1.3500	ABL	1.1
LCOMB BSSW	DL 1.1000	TOPS1.1000	2SSW1.3500	ABL	1.1
LCOMB BWNW	DL 1.1000	TOPS1.1000	2WNW1.3500	ABL	1.1
LCOMB BWSW	DL 1.1000	TOPS1.1000	2WSW1.3500	ABL	1.1
LCOMB OENE	1ENE1.2000	DL 1.3000	TOPS1.3000	ABL	1.3
LCOMB OESE	1ESE1.2000	DL 1.3000	TOPS1.3000	ABL	1.3

```
LCOB ONNE DL 1.3000TOPS1.30001NNE1.2000 ABL 1.3
LCOB ONNW 1NNW1.2000DL 1.3000TOPS1.3000 ABL 1.3
LCOB OSSE 1SSE1.2000DL 1.3000TOPS1.3000 ABL 1.3
LCOB OSSW 1SSW1.0000DL 1.3000TOPS1.3000 ABL 1.3
LCOB ONNW 1WNW1.2000DL 1.3000TOPS1.3000 ABL 1.3
LCOB OWSW 1WSW1.2000DL 1.3000TOPS1.3000 ABL 1.3
END
END
```





**LAMPIRAN B**  
**INPLACE ANALYSIS**  
**OUTPUT**

MEMBER	GROUP	UC	AXIAL STRESS (ksi)	BENDING Y-Y (ksi)	BENDING Z-Z (ksi)	SHEAR Y (ksi)	SHEAR Z (ksi)
0175-0140	B81	0.249	0.59	-5.99	0.2	0.53	0.14
0176-0173	B81	0.249	0.59	-5.99	-0.21	0.53	-0.14
0050-012A	B61	0.228	1.4	-4.4	0.29	0.34	0.09
0055-012C	B61	0.222	1.34	-4.29	-0.41	0.34	-0.08
011Z-0049	B61	0.219	1.42	-4.14	-0.14	0.33	-0.11
0055-012D	B61	0.217	0.85	-4.73	-0.72	0.38	0.08
012B-0049	B61	0.216	1.37	-4.11	0.07	0.33	0.12
0022-0025	JB7	0.216	-3.4	-0.11	1.57	2.34	-0.07
0023-0026	JB7	0.212	-3.36	-0.1	-1.52	2.3	0.09
0120-0023	D62	0.195	-1.63	-2.27	-1.06	0.19	0.02
0068-0022	D63	0.194	-1.65	-2.24	0.96	0.19	-0.02
0153-0230	LB7	0.184	-3.14	-0.74	0.06	0.07	-0.02
0154-0222	LB7	0.182	-3.11	-0.7	-0.05	0.07	0.03
0230-0022	JB7	0.181	-3.1	-0.97	0.08	0.08	-0.02
0222-0023	JB7	0.178	-3.08	-0.92	-0.08	0.08	0.03
0026-0052	D72	0.169	1.88	-2.22	-0.08	0.19	-0.04
0025-0033	D73	0.168	1.86	-2.22	0.08	0.19	0.04
0024-0052	D72	0.163	1.96	-1.95	-0.19	0.19	0.01
0005-011X	B51	0.162	-1.9	-1.81	-0.47	0.22	0.06
0024-0033	D73	0.16	1.93	-1.92	0.16	0.18	-0.02
0055-0154	JB6	0.15	-2.85	-0.41	0.18	0.05	0.03
0025-0038	D71	0.149	1.44	-2.22	0.17	0.19	-0.1
0050-0153	JB6	0.148	-2.88	-0.31	-0.21	0.04	-0.02
012W- 0026	B71	0.147	1.12	-2.58	0.1	0.23	0.15
0030-0035	B81	0.145	0.44	-3.36	-0.08	0.43	0.08
0026-0038	D71	0.145	1.39	-2.16	-0.2	0.19	0.1
0096-012F	B62	0.144	0.69	3.01	0.36	0.09	-0.06
012G-0096	B62	0.144	0.69	3	0.37	0.09	0.06
012A-0104	B62	0.143	1.06	2.54	0.03	0.07	0.07
0177-0142	B81	0.143	0.68	-3.03	-0.12	0.19	0.07
0178-0170	B81	0.143	0.68	-3.01	0.12	0.19	-0.07
012C-0101	B62	0.14	1.02	2.51	0.07	0.07	-0.07
0018-0024	JA7	0.14	-1.54	1.86	-0.02	1.06	-0.02
0025-012Q	B71	0.139	-0.29	-3.3	-0.03	0.26	0.07
0026-012S	B71	0.139	-0.27	-3.34	0.02	0.26	-0.08
011Y-0004	B51	0.138	-1.9	-1.18	-0.34	0.18	-0.09
0104-011Z	B62	0.138	1.08	2.38	0.1	0.06	-0.09
0056-0050	D55	0.137	-2.02	-0.72	-0.02	0.11	-0.01
0101-012B	B62	0.135	1.04	2.35	-0.01	0.06	0.09

MEMBER	GROUP	UC	AXIAL STRESS (ksi)	BENDING Y-Y (ksi)	BENDING Z-Z (ksi)	SHEAR Y (ksi)	SHEAR Z (ksi)
0049-0120	D62	0.133	-1.18	-0.58	-1.76	0.14	-0.09
0051-0052	V72	0.133	-1.39	1.1	-0.94	0.05	-0.02
0217-0126	B83	0.132	0.52	-2.9	0.35	0.63	0.31
0218-0169	B83	0.132	0.53	-2.89	-0.33	0.63	-0.3
0060-0055	D53	0.132	-1.93	-0.69	-0.08	0.11	0
0207-0033	B83	0.131	-0.07	-3.45	-0.02	0.38	-0.08
0213-0052	B83	0.13	-0.08	-3.4	0.02	0.38	0.08
0022-0072	D61	0.13	-0.6	-2.44	0	0.2	0.01
0049-0068	D63	0.13	-1.14	-0.58	1.74	0.14	0.09
0033-0045	V73	0.128	-1.37	1.01	-0.89	0.05	0.02
0033-0168	B83	0.127	0.29	-3.02	-0.6	0.68	0.58
0052-0158	B83	0.127	0.29	-3.03	0.59	0.68	-0.58
0023-0072	D61	0.127	-0.59	-2.41	0.04	0.2	-0.01
0041-0075	LB2	0.126	-2.2	-0.23	-0.5	0.09	-0.01
0202-0033	B83	0.125	-0.21	-3.08	-0.05	0.34	0.12
0203-0052	B83	0.123	-0.22	-3.04	0.06	0.33	-0.12
012V-0025	B71	0.122	1.09	-1.93	-0.12	0.19	-0.15
0224-0211	D71	0.122	0.66	-2.44	-0.31	0.19	0.04
0216-0018	JA7	0.122	-1.64	-1.22	0	0.25	0
0224-0206	D71	0.12	0.66	-2.39	0.38	0.19	-0.04
0015-0060	D53	0.119	-1.66	-0.3	-0.93	0.1	-0.01
0061-0076	LB2	0.115	-2.11	-0.17	-0.32	0.03	-0.02
012D- 012G	B62	0.113	0.69	2.19	0.17	0.14	0.06
012F-012E	B62	0.113	0.69	2.18	0.17	0.14	-0.06
0015-0056	D55	0.113	-1.68	-0.31	0.73	0.09	0.03
0227-0046	LB8	0.111	-1.64	0.66	0.65	0.28	-0.02
0182-0183	LA4	0.11	-1.83	0.6	0	0.08	0.01
0122-0130	LB6	0.11	-2.02	0.27	-0.02	0.03	0.05
0226-0047	LB8	0.11	-1.63	0.68	-0.62	0.28	0.04
019G-0178	B84	0.109	0.42	2.38	0.35	0.36	0.35
0038-0039	V71	0.109	-0.64	-0.39	1.92	0.1	0
013H-0177	B84	0.108	0.44	2.35	-0.33	0.36	-0.35
0046-0040	D73	0.108	0.79	-1.18	-1.53	0.18	-0.17
0049-0198	JA6	0.108	-1.22	-1.38	0.05	0.16	0
0047-0053	D72	0.107	0.78	-1.15	1.53	0.18	0.17
0124-0146	LB6	0.107	-1.85	0.41	0.05	0.03	-0.04
019A-0037	B84	0.106	0.45	-2.3	0.02	0.38	-0.08
0066-0050	D51	0.106	-1.37	-0.75	-0.05	0.12	0.03
013C-013B	B82	0.105	0.61	-2.07	-0.03	0.49	0.11

<b>MEMBER</b>	<b>GROUP</b>	<b>UC</b>	<b>AXIAL STRESS (ksi)</b>	<b>BENDING Y-Y (ksi)</b>	<b>BENDING Z-Z (ksi)</b>	<b>SHEAR Y (ksi)</b>	<b>SHEAR Z (ksi)</b>
013B-0054	B84	0.105	0.45	-2.26	-0.01	0.38	0.08
0011-0095	JB4	0.105	-1.68	-0.26	-0.67	0.06	0
0066-0055	D51	0.104	-1.27	-0.86	0.05	0.13	-0.03
0198-0224	LA7	0.104	-1.26	-1.09	0.03	0.15	0
0095-0118	LB5	0.104	-1.74	-0.21	-0.52	0.06	0
0046-0231	LB8	0.104	-1.46	0.66	0.68	0.03	-0.05
0047-0229	LB8	0.104	-1.45	0.68	-0.65	0.03	0.07
019B-019A	B82	0.103	0.61	-2.03	0.04	0.49	-0.11
0005-0017	JB5	0.103	-1.84	0.05	0.47	0.66	-0.04
0130-0050	JB6	0.102	-1.98	0.26	-0.02	0.03	0.05
0224-0216	LA7	0.102	-1.61	0.71	-0.03	0.2	0
0090-0093	LB4	0.102	-1.87	-0.22	-0.25	0.07	0.01
0239-0237	PIL	0.102	-1.35	-0.26	-1.01	0.34	0
0120-0018	D62	0.101	0.17	-2.43	0.64	0.22	-0.03
0158-0112	B81	0.099	-0.19	-2.4	-0.1	0.24	0.1
0168-0196	B81	0.099	-0.19	-2.41	0.1	0.24	-0.1
0030-0038	B84	0.099	0.16	-2.47	-0.08	0.53	0.8
0018-0068	D63	0.099	0.15	-2.43	0.57	0.22	0.03
0017-0124	JB5	0.099	-1.81	0.39	0.05	0.03	-0.04
0146-0055	JB6	0.099	-1.94	0.21	-0.02	0.05	-0.04
0038-0219	B83	0.098	-0.02	-2.6	0.08	0.31	-0.06
0003-0015	JA5	0.098	-1.87	0.28	-0.11	0.32	0.02
0004-0016	JB5	0.098	-1.79	0.13	0.38	0.64	0.06
011X-0079	B52	0.097	-1.44	0.76	0.24	0.06	0.04
0038-0221	B83	0.097	-0.01	-2.59	-0.13	0.31	0.06
0175-013I	B84	0.097	0.44	-2.03	0.49	0.43	-0.35
0041-0001	JB1	0.097	-1.55	-0.1	-0.66	0.07	0
0118-0005	JB5	0.097	-1.81	0.08	0.33	0.06	0
0245-0243	PIL	0.097	-1.31	-0.21	0.94	0.3	0
0039-012U	B72	0.096	0.89	-1.48	0.04	0.16	-0.12
0014-0092	JB4	0.096	-1.6	-0.57	-0.11	0.05	0.04
0092-0117	LB5	0.096	-1.65	-0.46	-0.07	0.05	0.04
0079-011Y	B52	0.095	-1.44	0.73	0.22	0.04	-0.07
0110-0038	B84	0.095	0.18	-2.35	0.07	0.32	-0.07
0176-019H	B84	0.095	0.42	-1.98	-0.5	0.43	0.35
0160-012I	B83	0.094	-0.16	-2.32	-0.09	0.26	0.07
0161-0159	B83	0.094	-0.14	-2.35	0.11	0.26	-0.07
0156-0105	PIL	0.094	-1.24	0.29	-0.93	0.3	0
0005-011W	B51	0.093	-0.47	-1.75	-0.72	0.22	-0.07

MEMBER	GROUP	UC	AXIAL STRESS (ksi)	BENDING Y-Y (ksi)	BENDING Z-Z (ksi)	SHEAR Y (ksi)	SHEAR Z (ksi)
0017-0066	D51	0.093	-1.1	-1	-0.09	0.11	0.03
0007-0182	JA3	0.093	-1.45	0.68	-0.02	0.06	0
0091-0094	LB4	0.093	-1.79	-0.01	-0.19	0.03	0
0165-013C	B84	0.092	0.45	1.92	-0.09	0.29	0.08
0074-0078	LB3	0.092	-1.53	-0.26	-0.43	0.06	0
0206-0164	B83	0.091	0.08	-2.34	-0.04	0.39	-0.32
0211-0123	B83	0.091	0.08	-2.36	0.04	0.39	0.33
0166-019B	B84	0.091	0.45	1.89	0.09	0.29	-0.08
0231-0025	JB7	0.091	-1.4	0.47	0.51	0.03	-0.05
0042-0054	D72	0.09	0.76	-1.43	-0.35	0.14	0
0016-0122	JB5	0.09	-1.85	0.1	-0.01	0.04	0.05
0229-0026	JB7	0.09	-1.39	0.48	-0.47	0.03	0.07
0028-0227	LB8	0.09	-1.78	-0.06	-0.18	0.13	-0.02
0029-0226	LB8	0.09	-1.77	-0.02	0.2	0.13	0.04
0152-0097	PIL	0.09	-1.22	0.33	0.85	0.28	0
0219-0212	B83	0.089	-0.02	2.37	-0.13	0.16	-0.06
0221-0208	B83	0.089	-0.02	2.37	0.14	0.16	0.06
0040-0176	B84	0.089	0.53	-1.26	-0.37	0.69	-0.59
0053-0175	B84	0.089	0.51	-1.34	0.33	0.68	0.59
0183-0008	JA4	0.089	-1.56	-0.45	-0.01	0.07	0
0117-0004	JB5	0.089	-1.68	0.24	0.13	0.05	0.03
0042-0037	D73	0.088	0.76	-1.38	0.35	0.14	0
0112-0123	B81	0.087	-0.26	1.98	0.14	0.09	0.11
0093-0014	JB4	0.087	-1.51	-0.29	-0.34	0.06	0.01
0184-0189	LA5	0.087	-1.61	-0.28	-0.01	0.02	0.01
0073-0077	LB3	0.087	-1.55	0.34	-0.01	0.06	0.01
0169-0163	B81	0.086	-0.08	-2.19	-0.19	0.25	0.26
0196-0164	B81	0.086	-0.26	1.98	-0.14	0.09	-0.11
0008-0184	JA4	0.086	-1.58	-0.33	-0.01	0.02	0.01
0002-0061	JB1	0.086	-1.54	-0.18	-0.32	0.03	-0.01
0125-0123	B81	0.085	-0.18	2.06	0.11	0.14	-0.01
0126-0125	B81	0.085	-0.08	-2.18	0.19	0.25	-0.26
0163-0164	B81	0.085	-0.18	2.05	-0.11	0.14	0.01
0055-0120	D62	0.085	0.48	-1.38	-0.98	0.16	0.11
0126-0128	B83	0.084	0.22	-1.98	0.17	0.22	0.2
0189-0003	JA5	0.084	-1.71	-0.04	-0.1	0.02	0.01
0004-011T	B51	0.083	-0.37	-1.69	0.44	0.21	0.02
0051-0045	B74	0.083	0.4	-1.73	0.06	0.18	0.01
0169-0171	B83	0.083	0.22	-1.97	-0.16	0.22	-0.2
0011-0004	D41	0.083	-0.63	-1.25	-0.09	0.14	-0.01

MEMBER	GROUP	UC	AXIAL STRESS (ksi)	BENDING Y-Y (ksi)	BENDING Z-Z (ksi)	SHEAR Y (ksi)	SHEAR Z (ksi)
0068-0050	D63	0.083	0.47	-1.44	-0.82	0.17	-0.09
0013-0090	JB3	0.083	-1.4	0.33	0.35	0.05	0.01
0197-0049	JA6	0.082	-1.48	-0.34	0.03	0.08	0.02
0065-0157	LA2	0.082	-1.32	0.5	-0.01	0.07	0
0179-0181	LA3	0.082	-1.49	-0.28	-0.01	0.02	0
011L-0013	B31	0.081	0.44	-1.63	-0.05	0.21	0.02
0051-0217	D61	0.081	0.38	-1.63	0.51	0.14	-0.08
0165-0147	B81	0.08	0.12	-2.01	0	0.24	-0.19
0166-0162	B81	0.08	0.12	-2.01	0	0.24	0.19
0155-0213	B85	0.08	-0.05	2.09	0.06	0.11	0.05
0180-0207	B85	0.08	-0.04	2.12	-0.06	0.11	-0.05
0045-0218	D61	0.08	0.38	-1.61	-0.47	0.14	0.07
0042-0225	LA8	0.08	-1.09	-0.78	-0.02	0.23	-0.02
0186-0111	B84	0.079	0.18	1.91	-0.08	0.15	-0.2
0024-0220	JA7	0.079	-0.79	1.12	-0.02	0.16	-0.02
0086-0106	B82	0.078	0.3	1.72	0.11	0.2	0.14
0200-0190	B82	0.078	0.3	1.74	-0.1	0.2	-0.14
013F-0052	B84	0.078	0.13	-1.94	0.11	0.23	-0.08
0111-0134	B82	0.077	0.24	1.77	-0.07	0.24	-0.26
019H- 019G	B82	0.077	0.57	-1.29	-0.43	0.56	0.46
0016-0066	D51	0.077	-1.13	-0.52	-0.11	0.09	-0.02
0078-0010	JB3	0.077	-1.31	0.23	0.38	0.07	0
0051-012R	B72	0.076	-0.21	-1.79	0.18	0.17	0.03
0173-0170	B81	0.076	-0.22	1.75	0.19	0.18	0.37
013G-013F	B82	0.076	0.2	1.79	-0.12	0.12	-0.11
013I-013H	B82	0.076	0.59	-1.26	0.4	0.56	-0.46
019F-019E	B82	0.076	0.2	1.8	0.13	0.13	0.1
0148-0202	B85	0.076	-0.13	1.9	0.01	0.08	0.07
0148-0203	B85	0.076	-0.13	1.89	-0.01	0.08	-0.07
0075-0067	CON	0.076	-1.51	-0.17	-0.36	0.06	0
0094-0011	JB4	0.076	-1.44	-0.03	-0.22	0.03	0
0007-011J	B31	0.075	0.45	-1.46	-0.08	0.21	-0.02
0045-012P	B72	0.075	-0.22	-1.75	-0.18	0.16	-0.03
0140-0142	B81	0.075	-0.21	1.75	-0.18	0.17	-0.37
0109-0030	B84	0.075	0.13	-1.87	0	0.3	0.01
0009-0074	JB2	0.075	-1.2	-0.27	-0.46	0.05	0
0191-0197	LA6	0.075	-1.48	-0.04	0.02	0.07	0.03
0010-011P	B31	0.074	0.23	-1.7	-0.11	0.21	0.05
011O-0010	B31	0.074	0.23	-1.72	0.02	0.21	-0.04

MEMBER	GROUP	UC	AXIAL STRESS (ksi)	BENDING Y-Y (ksi)	BENDING Z-Z (ksi)	SHEAR Y (ksi)	SHEAR Z (ksi)
0167-0107	B84	0.074	0.15	1.8	0.08	0.14	0.14
0190-0186	B84	0.074	0.22	1.72	-0.13	0.13	-0.1
0077-0013	JB3	0.074	-1.26	0.41	0.03	0.06	0.01
0106-0167	B84	0.073	0.22	1.7	0.14	0.12	0.11
0009-0013	D21	0.073	-0.42	-1.28	0.08	0.14	0
0010-0091	JB3	0.073	-1.33	0.15	0.24	0.03	0
012R-0024	B71	0.072	-0.26	-1.52	0.19	0.17	0.04
012Z-0039	B73	0.072	-0.02	-1.92	0.02	0.22	-0.17
0158-0147	B81	0.072	-0.03	-1.9	-0.15	0.22	0.12
0168-0162	B81	0.072	-0.03	-1.89	0.15	0.22	-0.12
0107-0108	B82	0.072	0.21	1.68	0.08	0.22	0.19
0121-0211	B83	0.072	-0.29	1.54	0.12	0.05	0.1
012P-0024	B71	0.071	-0.27	-1.47	-0.19	0.17	-0.04
0159-0206	B83	0.071	-0.29	1.53	-0.11	0.05	-0.1
0013-0011	D31	0.071	-0.42	-1.26	-0.02	0.14	-0.01
0073-0012	JB2	0.071	-1.15	-0.46	0.09	0.05	0.01
0148-0165	B81	0.07	0.12	-1.74	-0.04	0.19	0.08
0148-0166	B81	0.07	0.12	-1.74	0.03	0.19	-0.08
0167-0155	B81	0.07	0.13	-1.71	0.19	0.19	-0.1
0032-0044	B84	0.07	0.34	-1.45	0.25	0.34	-0.13
0043-0034	B84	0.07	0.33	-1.46	0.22	0.33	0.14
0220-0042	LA8	0.07	-0.88	-0.77	-0.02	0.16	-0.02
0225-0027	LA8	0.07	-1.43	-0.11	0	0.11	-0.02
0186-0180	B81	0.069	0.14	-1.68	-0.17	0.18	0.1
0208-0180	B85	0.069	-0.01	1.86	0.12	0.06	0.04
0212-0155	B85	0.069	-0.01	1.84	-0.11	0.06	-0.04
0007-0011	D32	0.069	-0.39	-1.25	0.04	0.14	-0.01
0065-0000	JA1	0.069	-1.03	0.56	0.01	0.05	0
0001-0057	JB1	0.069	-1.48	0	0	0	0
0002-0059	JB1	0.069	-1.48	0	0	0	0
0013-011Q	B31	0.068	0.13	-1.67	-0.01	0.21	-0.04
013E-013D	B82	0.068	-0.11	1.69	0.07	0.07	0.05
0007-0014	D33	0.068	-0.37	-1.25	-0.17	0.14	0.01
0177-0155	D61	0.068	0.12	-1.68	-0.13	0.19	-0.04
0180-0178	D61	0.068	0.12	-1.69	-0.13	0.19	0.04
0046-0043	D71	0.068	0.47	-1.21	0.36	0.13	0.01
0047-0044	D71	0.068	0.47	-1.2	-0.36	0.13	0
0057-0064	LB1	0.068	-1.47	0	0	0	0
0059-0062	LB1	0.068	-1.47	0	0	0	0
0142-0126	B81	0.067	-0.14	-1.58	-0.3	0.2	-0.18



<b>MEMBER</b>	<b>GROUP</b>	<b>UC</b>	<b>AXIAL STRESS (ksi)</b>	<b>BENDING Y-Y (ksi)</b>	<b>BENDING Z-Z (ksi)</b>	<b>SHEAR Y (ksi)</b>	<b>SHEAR Z (ksi)</b>
0170-0169	B81	0.067	-0.14	-1.6	0.29	0.2	0.17
019D-019C	B82	0.067	-0.1	1.68	-0.07	0.07	-0.04
0157-0006	JA2	0.067	-1.14	-0.39	-0.01	0.06	0
0007-011M	B31	0.066	0.16	-1.58	0.03	0.22	0.03
0011-0003	D42	0.066	-0.41	-1.12	-0.11	0.14	0.01
0177-013G	B84	0.065	0.14	1.59	-0.12	0.07	-0.08
0178-019F	B84	0.065	0.15	1.57	0.12	0.07	0.08
0015-0191	JA5	0.065	-1.3	-0.09	0.06	0.08	0.02
0076-0069	CON	0.064	-1.5	0.05	0.06	0.02	-0.01
0072-0055	D61	0.064	-0.26	-1.34	0.1	0.16	0.01
0179-0006	JA2	0.064	-1.16	-0.26	0.01	0.02	0
0067-0012	JB2	0.064	-1.07	-0.1	-0.36	0.04	0
0072-0050	D61	0.063	-0.23	-1.35	-0.06	0.16	0.01
0003-011U	B51	0.061	-0.37	-1.15	0.22	0.19	0
012U- 012V	B72	0.061	0.89	-0.53	0.02	0.11	-0.12
0181-0007	JA3	0.061	-1.27	0.05	0.02	0.02	0
0014-0011	B41	0.06	0.47	-1.03	0.06	0.15	-0.01
0032-0086	B84	0.06	0.22	-1.32	-0.19	0.23	0.11
0034-0200	B84	0.06	0.22	-1.33	0.16	0.23	-0.1
012T- 012W	B72	0.059	0.9	0.45	0.02	0.06	0.12
0012-0009	B21	0.058	0.36	-1.1	-0.05	0.15	0
0039-012T	B72	0.057	0.9	-0.4	0.01	0.13	0.12
013D-0165	B84	0.057	-0.08	1.42	0.09	0.03	0.04
0001-0009	D11	0.057	-0.14	-1.31	0.04	0.16	0.01
0032-0021	B81	0.056	0.1	-1.34	-0.31	0.19	0.01
0134-0110	B82	0.056	0.24	1.2	-0.04	0.32	-0.09
0054-0160	B84	0.056	0.05	-1.45	0.06	0.3	0.06
019C-0166	B84	0.056	-0.07	1.42	-0.08	0.02	-0.03
0014-0003	D43	0.056	-0.27	-1.08	-0.06	0.14	0.02
0003-011R	B51	0.055	-0.33	-1.08	-0.07	0.19	-0.03
0034-0031	B81	0.055	0.1	-1.33	0.27	0.19	-0.01
0000-0012	D13	0.055	-0.16	-1.22	-0.17	0.15	-0.01
0374-0239	PLH	0.055	-0.92	-0.04	-0.31	0.05	0
0051-0133	B73	0.054	-0.04	1.4	0.05	0.03	0.08
0037-0161	B84	0.054	0.05	-1.4	-0.07	0.3	-0.06
0360-0156	PLH	0.054	-0.88	0.13	-0.34	0.09	0
0000-0119	B11	0.053	0.01	-1.43	-0.12	0.2	-0.04
0000-011D	B11	0.053	-0.02	-1.41	-0.12	0.19	0.05

<b>MEMBER</b>	<b>GROUP</b>	<b>UC</b>	<b>AXIAL STRESS (ksi)</b>	<b>BENDING Y-Y (ksi)</b>	<b>BENDING Z-Z (ksi)</b>	<b>SHEAR Y (ksi)</b>	<b>SHEAR Z (ksi)</b>
0069-0009	JB2	0.053	-1.06	0.06	0.09	0.02	-0.01
0395-0152	PLH	0.053	-0.86	0.14	0.31	0.08	0
0402-0245	PLH	0.053	-0.89	-0.03	0.3	0.05	0
0194-0006	B21	0.052	0.21	-1.14	-0.08	0.15	0.01
0099-011L	B32	0.052	0.33	0.98	0.04	0.04	0.02
0214-0008	B41	0.052	0.21	-1.12	-0.17	0.15	0
0135-0039	B73	0.052	-0.04	-1.34	-0.15	0.2	0.08
0108-0109	B82	0.052	0.21	1.15	0.06	0.3	0.01
0000-0009	D12	0.052	-0.1	-1.24	0.02	0.16	0
0009-0007	D22	0.052	-0.23	-1.05	-0.1	0.14	0
0060-0049	D52	0.052	0.08	-1.27	0.31	0.15	-0.04
0056-0049	D54	0.052	0.1	-1.24	-0.33	0.15	0.03
0150-0080	PIL	0.052	-0.7	0.51	-0.07	0.09	0
0151-0087	PIL	0.052	-0.71	0.51	0.1	0.1	0
011I-0001	B12	0.051	-0.01	-1.36	0.08	0.2	0.02
011K-0099	B32	0.051	0.34	0.96	0.04	0.04	-0.02
011W-0081	B52	0.049	-0.36	0.81	0.35	0.06	-0.05
0185-0035	B81	0.049	0.13	-1.17	0.04	0.15	0.08
0012-0007	D23	0.049	-0.19	-1.03	0.09	0.15	0.02
0142-0129	B81	0.048	0.16	-1.06	-0.28	0.14	0.23
0170-0172	B81	0.048	0.16	-1.07	0.28	0.14	-0.23
0158-0217	B83	0.048	0.15	-1.11	0.02	0.12	0.09
0168-0218	B83	0.048	0.15	-1.1	-0.01	0.12	-0.09
0195-0006	B21	0.047	0.14	-1.09	-0.13	0.15	0
011V-0081	B52	0.046	-0.32	0.79	-0.22	0.03	0.01
0129-0128	B81	0.046	-0.02	1.21	0.13	0.03	-0.16
0172-0171	B81	0.046	-0.03	1.21	-0.13	0.03	0.16
0373-0374	PLH	0.046	-0.8	-0.01	-0.25	0.03	0
0009-0193	B21	0.045	0.21	-0.93	0.17	0.14	0.01
011N-0098	B32	0.045	0.19	0.97	0.08	0.04	0.02
0236-0234	PIL	0.045	-0.4	-0.35	-0.61	0.26	0
0401-0402	PLH	0.045	-0.77	-0.01	0.24	0.03	0
0098-011O	B32	0.044	0.17	0.98	0.04	0.04	-0.03
011P-0100	B32	0.044	0.18	0.96	0.09	0.05	0.04
011Q-0100	B32	0.044	0.19	0.95	-0.11	0.04	-0.04
0215-0008	B41	0.044	0.17	-0.97	-0.05	0.14	0
011T-0082	B52	0.044	-0.28	0.8	-0.23	0.05	0.01
0045-012X	B73	0.044	-0.03	1.16	-0.04	0.05	-0.17
0127-0035	B81	0.044	0.1	-1.05	-0.08	0.15	-0.1

MEMBER	GROUP	UC	AXIAL STRESS (ksi)	BENDING Y-Y (ksi)	BENDING Z-Z (ksi)	SHEAR Y (ksi)	SHEAR Z (ksi)
0016-0056	D54	0.044	0.38	-0.59	-0.39	0.1	-0.05
0000-0063	JA1	0.044	-0.95	0	0	0	0
0063-0058	LA1	0.044	-0.96	0	0	0	0
0012-0192	B21	0.043	0.14	-0.97	-0.01	0.14	0
0178-0186	B81	0.043	-0.09	-1.02	0.09	0.13	0.02
0242-0240	PIL	0.043	-0.44	-0.3	0.53	0.22	0
0358-0360	PLH	0.043	-0.72	0.06	-0.24	0.08	0
0133-0136	B74	0.042	-0.03	1.08	0.04	0.02	0.06
0177-0167	B81	0.042	-0.09	-1	-0.08	0.13	-0.02
0160-0161	B83	0.042	0.1	-1	0.06	0.03	0.01
011S-0082	B52	0.041	-0.25	0.77	0.17	0.03	-0.02
0147-0121	B81	0.041	-0.2	0.84	0.08	0.02	-0.08
0162-0159	B81	0.041	-0.2	0.84	-0.08	0.02	0.08
0394-0395	PLH	0.041	-0.7	0.07	0.22	0.07	0
012S-0051	B72	0.04	-0.22	0.78	-0.16	0.06	-0.06
0136-0137	B74	0.04	-0.03	1.04	0.03	0.03	0.06
0028-019I	B82	0.04	0.16	-0.84	0.24	0.07	-0.35
0029-013J	B82	0.04	0.18	-0.83	-0.21	0.07	0.35
0052-013E	B84	0.04	-0.08	-0.97	-0.13	0.18	0.04
0011-0214	B41	0.039	0.19	-0.82	0.06	0.13	0
0014-0215	B41	0.039	0.17	-0.82	0.22	0.14	0
012Q-0045	B72	0.039	-0.23	0.74	0.15	0.07	0.06
0140-0138	B81	0.039	0.04	-0.98	-0.27	0.16	0.26
0173-0174	B81	0.039	0.04	-0.98	0.28	0.16	-0.26
0033-019D	B84	0.039	-0.07	-0.95	0.13	0.18	-0.03
0017-0060	D52	0.039	0.36	-0.6	0.01	0.09	0.03
0372-0373	PLH	0.039	-0.68	-0.01	-0.21	0.06	0
0002-011H	B12	0.038	-0.02	-0.99	-0.04	0.18	0.03
0400-0401	PLH	0.038	-0.66	-0.01	0.2	0.05	0
011A-0292	B11	0.036	0.01	0.95	0.04	0.07	-0.04
0019-011I	B13	0.036	-0.02	0.95	-0.05	0.05	0.01
012O-0096	B64	0.036	0.03	0.93	-0.01	0.02	0.03
0165-0166	B81	0.036	-0.19	-0.71	0	0.09	0
0185-0186	B82	0.036	0.13	-0.81	0.07	0.13	-0.01
1.10E-277	B11	0.035	-0.02	0.91	0	0.07	0.06
011C-0001	B12	0.035	0.01	0.93	0.01	0.05	0.06
011G-0002	B12	0.035	-0.02	-0.91	0.09	0.17	-0.02
011H-0019	B13	0.035	-0.01	0.92	-0.02	0.04	0.02
012I-0096	B64	0.035	0.02	0.92	0.01	0.02	-0.03
0278-011G	B11	0.034	-0.02	0.9	-0.03	0.02	-0.02

<b>MEMBER</b>	<b>GROUP</b>	<b>UC</b>	<b>AXIAL STRESS (ksi)</b>	<b>BENDING Y-Y (ksi)</b>	<b>BENDING Z-Z (ksi)</b>	<b>SHEAR Y (ksi)</b>	<b>SHEAR Z (ksi)</b>
0292-011C	B11	0.034	0.01	0.91	0	0.02	0.05
012X- 012Y	B74	0.034	-0.02	0.9	-0.03	0.04	-0.13
013A-0027	B82	0.034	0.24	-0.61	0.08	0.03	-0.11
0199-0027	B82	0.034	0.24	-0.62	-0.08	0.03	0.11
0149-0048	PIL	0.034	-0.24	0.63	0.01	0.25	0
0238-0368	PLH	0.034	0.5	0.21	0.19	0.38	0
0144-0348	PLH	0.033	0.45	0.22	-0.22	0.39	0
0244-0396	PLH	0.033	0.49	0.21	-0.18	0.37	0
011J-011K	B32	0.032	0.34	0.44	-0.01	0.09	-0.02
0137-0135	B74	0.032	-0.03	0.81	0.01	0.06	0.06
0112-0125	B81	0.032	-0.09	0.74	-0.13	0.07	0.07
0196-0163	B81	0.032	-0.09	0.74	0.13	0.07	-0.07
0139-0389	PLH	0.032	0.45	0.22	0.22	0.39	0
0356-0358	PLH	0.032	-0.56	0	-0.15	0.1	0
0371-0372	PLH	0.032	-0.58	0.02	-0.14	0.14	0
012Y-0132	B74	0.031	-0.02	0.81	-0.03	0.05	-0.13
0127-0167	B82	0.031	0.1	-0.73	-0.06	0.11	-0.01
0393-0394	PLH	0.031	-0.55	0.01	0.14	0.1	0
0399-0400	PLH	0.031	-0.57	0.03	0.13	0.13	0
011U- 011V	B52	0.03	-0.32	0.4	-0.11	0.08	0.01
0354-0356	PLH	0.03	-0.42	-0.24	0.14	0.17	0
0370-0371	PLH	0.03	-0.41	0.25	0.17	0.13	0
0398-0399	PLH	0.03	-0.4	0.25	-0.16	0.13	0
0104-012L	B64	0.029	0.03	0.75	-0.06	0.06	0.03
0108-0223	B81	0.029	0	-0.79	0.02	0.1	0
0028-0201	B82	0.029	0.11	-0.65	0	0.04	0.07
0029-0085	B82	0.029	0.12	-0.64	-0.01	0.05	-0.06
0085-0044	B84	0.029	0.09	-0.67	-0.09	0.06	-0.05
0160-013A	B84	0.029	0.18	-0.53	0.1	0.04	-0.08
0161-0199	B84	0.029	0.18	-0.54	-0.09	0.04	0.08
0201-0043	B84	0.029	0.08	-0.68	0.06	0.06	0.05
0238-0239	PIL	0.029	-0.43	0.01	-0.23	0.03	0
0392-0393	PLH	0.029	-0.41	-0.23	-0.15	0.16	0
0101-012H	B64	0.028	0.02	0.74	0.06	0.06	-0.03
012J-012K	B65	0.028	0.02	0.73	0.01	0	-0.02
012K-012I	B65	0.028	0.02	0.73	0.01	0	-0.02
012M- 012N	B65	0.028	0.02	0.74	-0.02	0	0.02

<b>MEMBER</b>	<b>GROUP</b>	<b>UC</b>	<b>AXIAL STRESS (ksi)</b>	<b>BENDING Y-Y (ksi)</b>	<b>BENDING Z-Z (ksi)</b>	<b>SHEAR Y (ksi)</b>	<b>SHEAR Z (ksi)</b>
012N-012O	B65	0.028	0.02	0.74	-0.02	0	0.02
0134-0228	B81	0.028	0	-0.77	0.03	0.1	0
0244-0245	PIL	0.028	-0.42	0.02	0.22	0.03	0
011R-011S	B52	0.027	-0.25	0.41	0.11	0.08	-0.02
0101-0104	B63	0.027	-0.05	-0.64	0.05	0.12	0
0339-0150	PLH	0.027	-0.45	0.15	-0.05	0.02	0
0346-0151	PLH	0.027	-0.42	0.21	0.04	0.02	0
0352-0354	PLH	0.027	-0.24	-0.34	0.27	0.12	0
0391-0392	PLH	0.027	-0.24	-0.34	-0.27	0.11	0
012L-012M	B65	0.026	0.02	0.67	-0.03	0.03	0.02
0147-0112	B81	0.026	-0.32	0.27	0.02	0.05	0.11
0162-0196	B81	0.026	-0.31	0.27	-0.02	0.05	-0.11
012H-012J	B65	0.025	0.02	0.66	0.03	0.03	-0.02
0138-0129	B81	0.025	-0.12	0.49	-0.15	0.04	-0.25
0174-0172	B81	0.025	-0.12	0.49	0.15	0.04	0.25
013J-0053	B84	0.025	0.13	-0.51	0.04	0.03	0.26
019I-0040	B84	0.025	0.12	-0.51	-0.05	0.03	-0.27
0338-0339	PLH	0.024	-0.4	0.13	-0.02	0.01	0
0345-0346	PLH	0.024	-0.38	0.18	0.02	0.02	0
011M-011N	B32	0.023	0.19	0.4	-0.01	0.1	0.02
0144-0156	PIL	0.023	-0.34	-0.01	-0.18	0.03	0
0348-0350	PLH	0.023	0.16	-0.32	0.27	0.13	0
0389-0390	PLH	0.023	0.16	-0.31	-0.27	0.12	0
0139-0152	PIL	0.022	-0.33	0	0.16	0.03	0
0241-0376	PLH	0.022	0.29	-0.15	0.16	0.25	0
0132-012Z	B74	0.021	-0.02	0.55	-0.02	0.08	-0.13
0155-0180	D61	0.021	-0.13	0.39	0.07	0.09	0
0235-0361	PLH	0.021	0.29	-0.15	-0.16	0.25	0
0337-0338	PLH	0.021	-0.32	0.15	0	0.02	0
0344-0345	PLH	0.021	-0.33	0.15	0.01	0.02	0
0369-0370	PLH	0.021	-0.19	0.26	0.21	0.03	0
0397-0398	PLH	0.021	-0.18	0.26	-0.2	0.03	0
0193-0194	B21	0.019	0.21	-0.23	-0.1	0.1	0.01
0116-0150	PIL	0.019	-0.24	0.19	0.01	0.02	0
0131-0151	PIL	0.019	-0.25	0.18	0	0.02	0
0350-0352	PLH	0.019	-0.05	-0.34	0.27	0.02	0
0388-0242	PLH	0.019	-0.27	-0.03	0.16	0.06	0

MEMBER	GROUP	UC	AXIAL STRESS (ksi)	BENDING Y-Y (ksi)	BENDING Z-Z (ksi)	SHEAR Y (ksi)	SHEAR Z (ksi)
0390-0391	PLH	0.019	-0.05	-0.34	-0.27	0.01	0
0021-0127	B81	0.018	-0.06	0.4	0.05	0.04	0.12
0336-0337	PLH	0.018	-0.3	0.08	0.09	0.06	0
0343-0344	PLH	0.018	-0.29	0.13	-0.01	0.06	0
0363-0364	PLH	0.018	-0.21	-0.14	-0.18	0.04	0
0367-0236	PLH	0.018	-0.27	-0.03	-0.16	0.06	0
0380-0382	PLH	0.018	-0.21	-0.15	0.18	0.04	0
0382-0384	PLH	0.018	-0.23	-0.1	0.15	0.04	0
0031-0185	B81	0.017	-0.07	0.36	-0.05	0.04	-0.12
0335-0336	PLH	0.017	-0.23	0.06	0.17	0.06	0
0342-0343	PLH	0.017	-0.22	0.07	-0.16	0.05	0
0364-0365	PLH	0.017	-0.23	-0.1	-0.15	0.04	0
0368-0369	PLH	0.017	0.1	0.26	0.21	0.04	0
0396-0397	PLH	0.017	0.09	0.26	-0.2	0.03	0
0188-0422	B14	0.016	0	0.42	0	0	0.01
0422-0423	B14	0.016	0	0.42	0	0	0.01
0148-0155	B81	0.016	-0.09	0.3	0.05	0.08	0
0148-0180	B81	0.016	-0.08	0.31	-0.05	0.07	0
0116-0333	PLH	0.016	0.22	0.02	0.14	0.18	0
0384-0386	PLH	0.016	-0.24	-0.05	0.12	0.04	0
0019-0188	B14	0.015	0	0.41	0	0.01	0.01
0192-0195	B21	0.015	0.14	0.23	0.01	0.06	0
0131-0340	PLH	0.015	0.2	0.02	-0.14	0.18	0
0362-0363	PLH	0.015	-0.13	-0.14	-0.18	0.01	0
0365-0366	PLH	0.015	-0.24	-0.05	-0.11	0.04	0
0366-0367	PLH	0.015	-0.25	0.02	-0.09	0.02	0
0378-0380	PLH	0.015	-0.13	-0.15	0.18	0.01	0
0386-0388	PLH	0.015	-0.26	0.02	0.09	0.01	0
0119-011A	B11	0.014	0	-0.34	-0.07	0.15	-0.04
011D-011E	B11	0.014	-0.02	-0.32	-0.02	0.15	0.06
0019-0187	B14	0.014	-0.01	0.36	0	0.01	-0.03
0187-0420	B14	0.014	-0.01	0.38	0	0	-0.03
0420-0421	B14	0.014	-0.01	0.38	0	0	-0.03
0088-0079	B53	0.014	0.03	-0.32	-0.11	0.08	0.01
0235-0236	PIL	0.014	-0.17	-0.02	-0.15	0.01	0
0241-0242	PIL	0.014	-0.18	-0.02	0.13	0.01	0
0083-0081	B53	0.013	-0.09	-0.2	-0.14	0.07	-0.01
0326-0328	PLH	0.013	-0.11	0.2	0	0.04	0
0334-0335	PLH	0.013	-0.13	0.06	0.17	0.01	0
0341-0342	PLH	0.013	-0.13	0.07	-0.16	0.02	0

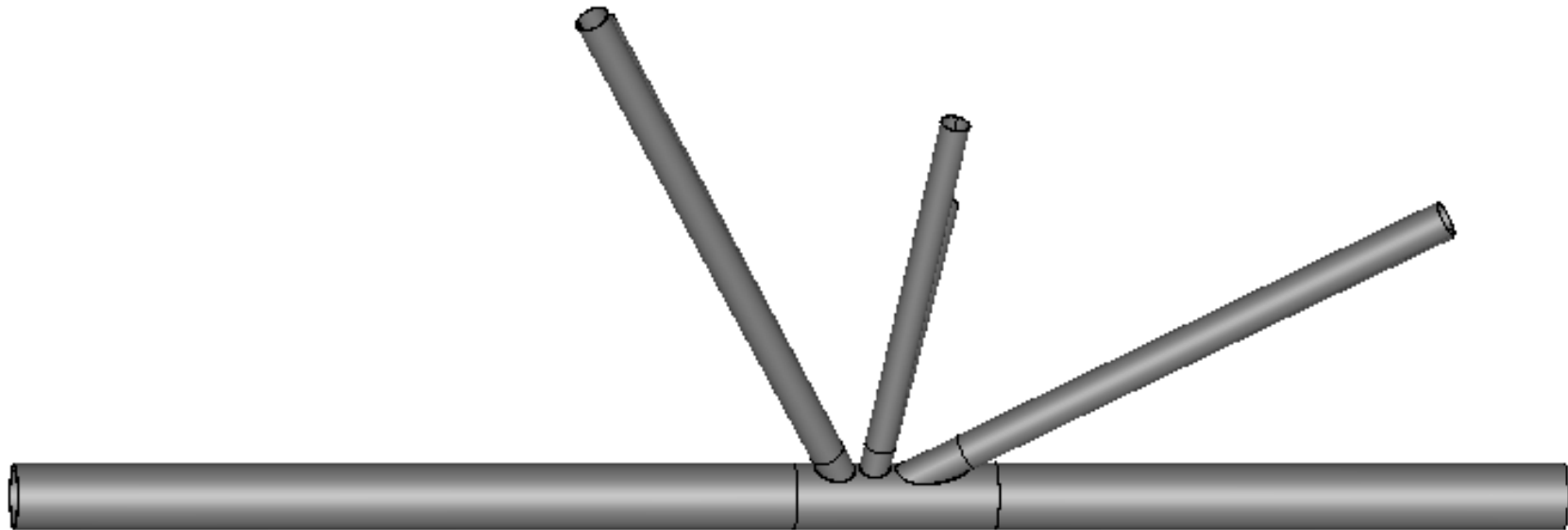
MEMBER	GROUP	UC	AXIAL STRESS (ksi)	BENDING Y-Y (ksi)	BENDING Z-Z (ksi)	SHEAR Y (ksi)	SHEAR Z (ksi)
0423-0278	B14	0.012	0	0.31	-0.02	0.03	0.01
0098-0209	B33	0.012	-0.02	0.31	0.02	0.02	0.01
0099-0210	B33	0.012	0.02	0.29	0.01	0.02	-0.01
0209-0100	B33	0.012	-0.02	0.31	0.02	0.02	0.01
0210-0100	B33	0.012	0.02	0.29	0.01	0.02	-0.01
0324-0326	PLH	0.012	-0.09	0.2	0	0.01	0
0328-0330	PLH	0.012	-0.14	0.14	-0.01	0.04	0
0332-0149	PLH	0.012	-0.22	0.03	-0.02	0.01	0
0421-0292	B14	0.011	-0.01	0.27	-0.02	0.03	-0.03
0081-0088	B53	0.011	0.03	-0.11	0.22	0.06	0.01
0083-0084	B53	0.011	-0.09	0.16	0.06	0.03	-0.01
0089-0079	B53	0.011	0.04	-0.25	0.03	0.07	0.01
0115-0320	PLH	0.011	0.13	-0.12	0	0.16	0
0330-0332	PLH	0.011	-0.17	0.08	-0.01	0.03	0
0361-0362	PLH	0.011	0.04	-0.16	-0.18	0.02	0
0376-0378	PLH	0.011	0.04	-0.16	0.18	0.02	0
0082-0089	B53	0.01	0.04	0.23	-0.02	0.02	0.01
0084-0082	B53	0.01	-0.09	0.16	0.06	0.03	-0.01
0115-0149	PIL	0.01	-0.14	0.1	-0.02	0	0
0322-0324	PLH	0.01	-0.04	0.22	0	0.02	0
0320-0322	PLH	0.009	0.03	0.19	0	0.06	0
0071-0292	B14	0.008	0	-0.2	-0.04	0.06	0.01
0333-0334	PLH	0.008	0.02	0.04	0.17	0.02	0
0204-0098	B33	0.007	-0.01	-0.15	-0.06	0.07	0
0340-0341	PLH	0.007	0.02	0.04	-0.16	0.02	0
0205-0099	B33	0.006	-0.01	0.16	-0.01	0.03	0
0205-0204	B33	0.006	-0.01	0.16	0.01	0.03	0
0070-0071	B14	0.005	0	0.14	0.01	0.03	0
0070-0278	B14	0.005	0	0.14	-0.01	0.03	0
0020-0115	PIL	0.002	-0.04	0	0	0	0
0036-0116	PIL	0.002	-0.04	0	0	0	0
0102-0131	PIL	0.002	-0.04	0	0	0	0
0103-0139	PIL	0.002	-0.04	0	0	0	0
0113-0144	PIL	0.002	-0.04	0	0	0	0
0114-0235	PIL	0.002	-0.04	0	0	0	0
0141-0238	PIL	0.002	-0.04	0	0	0	0
0143-0241	PIL	0.002	-0.04	0	0	0	0
0145-0244	PIL	0.002	-0.04	0	0	0	0
0027-0246	LA8	0.001	0.02	0	0	0	0
0028-0247	LB8	0.001	0.02	0	0	0	0

<b>MEMBER</b>	<b>GROUP</b>	<b>UC</b>	<b>AXIAL STRESS (ksi)</b>	<b>BENDING Y-Y (ksi)</b>	<b>BENDING Z-Z (ksi)</b>	<b>SHEAR Y (ksi)</b>	<b>SHEAR Z (ksi)</b>
0029-0248	LB8	0.001	0.02	0	0	0	0

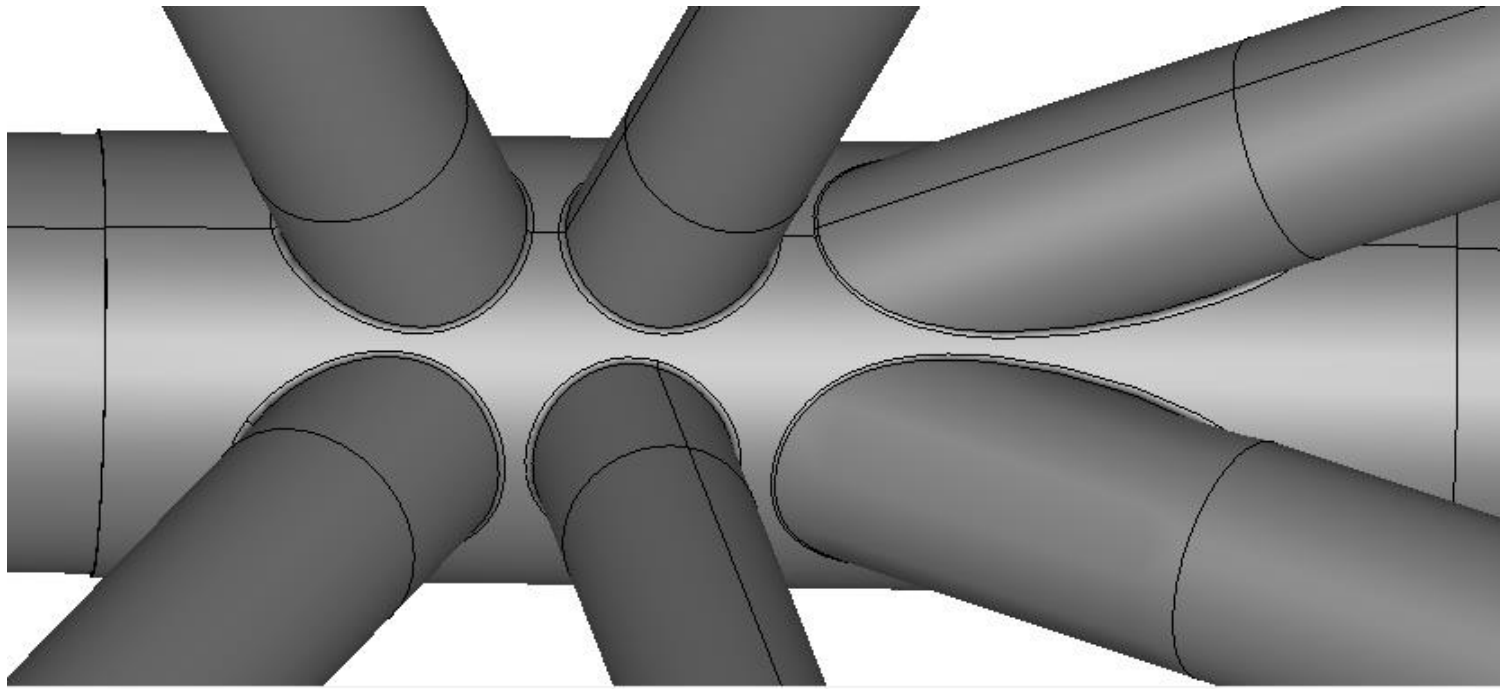




**LAMPIRAN C**  
**PEMODELAN SAMBUNGAN**  
**KRITIS**



**(Pemodelan Lokal Sambungan Kritis)**



**(Detail Sambungan Brace)**

# **LAMPIRAN D**

## **INPUT SALOME MECA**

## INPUT MESHING SENSITIVITY ANALYSIS

```
mesh = LIRE_MALLAGE(FORMAT='MED',  
UNITE=2)
```

```
model = AFFE_MODELE(AFFE=_F(MODELISATION=('3D', ),  
PHENOMENE='MECANIQUE',  
TOUT='OUI'),  
MAILLAGE=mesh)
```

```
mater = DEFI_MATERIAU(ELAS=_F(E=199955000000.0,  
NU=0.3))
```

```
materfl = AFFE_MATERIAU(AFFE=_F(MATER=(mater, ),  
TOUT='OUI'),  
MODELE=model)
```

```
mecabc = AFFE_CHAR_MECA(DDL_IMPO=( _F(DX=0.0,  
DY=0.0,  
DZ=0.0,  
GROUP_MA=('FACE_CHORD1', )),  
_F(DX=0.0,  
DY=0.0,  
DZ=0.0,  
GROUP_MA=('FACE_CHORD2', )),  
MODELE=model)
```

```
mecach = AFFE_CHAR_MECA(FORCE_NODALE=( _F(ANGL_NAUT=(45.0, -38.0, -  
20.0),  
FY=-173.055,  
GROUP_NO=('FACE_BRACE3', )),  
_F(ANGL_NAUT=(-3.0, -48.0, 0.0),  
FY=282.518,  
GROUP_NO=('FACE_BRACE5', )),  
_F(ANGL_NAUT=(-35.0, -90.0, -90.0),  
FY=714.195,  
GROUP_NO=('FACE_BRACE2', )),  
_F(ANGL_NAUT=(0.0, 0.0, 0.0),  
FY=-793.395,  
GROUP_NO=('FACE_BRACE1', )),  
_F(ANGL_NAUT=(-120.0, -110.0, 20.0),  
FY=-990.396,  
GROUP_NO=('FACE_BRACE4', )),  
_F(ANGL_NAUT=(-15.0, 70.0, 30.0),  
FY=76.389,  
GROUP_NO=('FACE_BRACE6', )),  
MODELE=model)
```

```
forcefac = AFFE_CHAR_MECA(FORCE_FACE=( _F(FY=-37167.3,  
GROUP_MA=('FACE_BRACE3', )),  
_F(FY=-57517.0,
```

```
GROUP_MA=('FACE_BRACE5', ),
_F(FY=321469.7,
GROUP_MA=('FACE_BRACE2', ),
_F(FY=332758.4,
GROUP_MA=('FACE_BRACE1', ),
_F(FY=-122636.0,
GROUP_MA=('FACE_BRACE4', ),
_F(FY=-123490.0,
GROUP_MA=('FACE_BRACE6', )),
MODELE=model)
```

```
fz = AFFE_CHAR_MECA(FORCE_FACE=(_F(FZ=-42584.61,
GROUP_MA=('FACE_BRACE3', ),
_F(FZ=-3458.39,
GROUP_MA=('FACE_BRACE5', ),
_F(FZ=4242.82,
GROUP_MA=('FACE_BRACE2', ),
_F(FZ=20761.62,
GROUP_MA=('FACE_BRACE1', ),
_F(FZ=-69920.13,
GROUP_MA=('FACE_BRACE4', ),
_F(FZ=-5629.527,
GROUP_MA=('FACE_BRACE6', )),
MODELE=model)
```

```
AXIAL = AFFE_CHAR_MECA(FORCE_FACE=(_F(FY=-13927900,
GROUP_MA=('FACE_BRACE3', ),
_F(FY=-9446150,
GROUP_MA=('FACE_BRACE5', ),
_F(FY=9653000,
GROUP_MA=('FACE_BRACE2', ),
_F(FY=6343400,
GROUP_MA=('FACE_BRACE1', ),
_F(FY=3240650,
GROUP_MA=('FACE_BRACE4', ),
_F(FY=-1585850,
GROUP_MA=('FACE_BRACE6', )),
MODELE=model)
```

```
result = MECA_STATIQUE(CHAM_MATER=materfl,
EXCIT=(_F(CHARGE=mecabc),
_F(CHARGE=forcefac),
_F(CHARGE=fz),
_F(CHARGE=AXIAL)),
MODELE=model,
SOLVEUR=_F(RESI_RELA=1e-05))
```

```
result = CALC_CHAMP(reuse=result,
CONTRAINTE=('SIGM_ELNO', 'SIGM_NOEU'),
CRITERES=('SIEQ_ELNO', 'SIEQ_NOEU'),
```

RESULTAT=result)

IMPR\_RESU(FORMAT='MED',  
RESU=\_F(NOM\_CHAM=('DEPL', 'SIGM\_NOEU', 'SIEQ\_NOEU'),  
RESULTAT=result),  
UNITE=3)



## INPUT KONDISI TIPE PEMBEBANAN GAYA AKSIAL

```
mesh = LIRE_MALLAGE(FORMAT='MED',  
UNITE=2)
```

```
model = AFFE_MODELE(AFFE=_F(MODELISATION=('3D', ),  
PHENOMENE='MECANIQUE',  
TOUT='OUI'),  
MAILLAGE=mesh)
```

```
mater = DEFI_MATERIAU(ELAS=_F(E=199955000000.0,  
NU=0.3))
```

```
materfl = AFFE_MATERIAU(AFFE=_F(MATER=(mater, ),  
TOUT='OUI'),  
MODELE=model)
```

```
mecabc = AFFE_CHAR_MECA(DDL_IMPO=( _F(DX=0.0,  
DY=0.0,  
DZ=0.0,  
GROUP_MA=('FACE_CHORD1', )),  
_F(DX=0.0,  
DY=0.0,  
DZ=0.0,  
GROUP_MA=('FACE_CHORD2', )),  
MODELE=model)
```

```
mecach = AFFE_CHAR_MECA(MODELE=model,  
PRES_REP=( _F(GROUP_MA=('FACE_BRACE3', ),  
PRES=-13927900.0),  
_F(GROUP_MA=('FACE_BRACE5', ),  
PRES=-9446150.0),  
_F(GROUP_MA=('FACE_BRACE2', ),  
PRES=9653000.0),  
_F(GROUP_MA=('FACE_BRACE1', ),  
PRES=6343400.0),  
_F(GROUP_MA=('FACE_BRACE4', ),  
PRES=3240650.0),  
_F(GROUP_MA=('FACE_BRACE6', ),  
PRES=-1585850.0)))
```

```
result = MECA_STATIQUE(CHAM_MATER=materfl,  
EXCIT=( _F(CHARGE=mecabc),  
_F(CHARGE=mecach)),  
MODELE=model,  
SOLVEUR=_F(RESI_RELA=1e-05))
```

```
result = CALC_CHAMP(reuse=result,  
CONTRAINTE=('SIGM_ELNO', 'SIGM_NOEU'),  
CRITERES=('SIEQ_ELNO', 'SIEQ_NOEU'),
```

RESULTAT=result)

IMPR\_RESU(FORMAT='MED',  
RESU=\_F(NOM\_CHAM=('DEPL', 'SIGM\_NOEU', 'SIEQ\_NOEU'),  
RESULTAT=result),  
UNITE=3)

## INPUT PEMBEBANAN INPLANE BENDING MOMENT

```
mesh = LIRE_MAILLAGE(FORMAT='MED',  
UNITE=2)
```

```
model = AFFE_MODELE(AFFE=_F(MODELISATION=('3D', ),  
PHENOMENE='MECANIQUE',  
TOUT='OUI'),  
MAILLAGE=mesh)
```

```
mater = DEFI_MATERIAU(ELAS=_F(E=199955000000.0,  
NU=0.3))
```

```
materfl = AFFE_MATERIAU(AFFE=_F(MATER=(mater, ),  
TOUT='OUI'),  
MODELE=model)
```

```
mecabc = AFFE_CHAR_MECA(DDL_IMPO=( _F(DX=0.0,  
DY=0.0,  
DZ=0.0,  
GROUP_MA=('FACE_CHORD1', )),  
_F(DX=0.0,  
DY=0.0,  
DZ=0.0,  
GROUP_MA=('FACE_CHORD2', )),  
MODELE=model)
```

```
mecach = AFFE_CHAR_MECA(FORCE_NODALE=( _F(ANGL_NAUT=(45.0, -38.0, -  
20.0),  
FY=-173.055,  
GROUP_NO=('FACE_BRACE3', )),  
_F(ANGL_NAUT=(-3.0, -48.0, 0.0),  
FY=282.518,  
GROUP_NO=('FACE_BRACE5', )),  
_F(ANGL_NAUT=(-35.0, -90.0, -90.0),  
FY=714.195,  
GROUP_NO=('FACE_BRACE2', )),  
_F(ANGL_NAUT=(0.0, 0.0, 0.0),  
FY=-793.395,  
GROUP_NO=('FACE_BRACE1', )),  
_F(ANGL_NAUT=(-120.0, -110.0, 20.0),  
FY=-990.396,  
GROUP_NO=('FACE_BRACE4', )),  
_F(ANGL_NAUT=(-15.0, 70.0, 30.0),  
FY=76.389,  
GROUP_NO=('FACE_BRACE6', )),  
MODELE=model)
```

```
forcefac = AFFE_CHAR_MECA(FORCE_FACE=( _F(FY=-37167.3,  
GROUP_MA=('FACE_BRACE3', )),
```

```
_F(FY=-57517.0,  
GROUP_MA=('FACE_BRACE5', )),  
_F(FY=321469.7,  
GROUP_MA=('FACE_BRACE2', )),  
_F(FY=332758.4,  
GROUP_MA=('FACE_BRACE1', )),  
_F(FY=-122636.0,  
GROUP_MA=('FACE_BRACE4', )),  
_F(FY=-123490.0,  
GROUP_MA=('FACE_BRACE6', )),  
MODELE=model)
```

```
result = MECA_STATIQUE(CHAM_MATER=materfl,  
EXCIT=(_F(CHARGE=mecabc),  
_F(CHARGE=forcefac)),  
MODELE=model,  
SOLVEUR=_F(RESI_RELA=1e-05))
```

```
result = CALC_CHAMP(reuse=result,  
CONTRAINTE=('SIGM_ELNO', 'SIGM_NOEU'),  
CRITERES=('SIEQ_ELNO', 'SIEQ_NOEU'),  
RESULTAT=result)
```

```
IMPR_RESU(FORMAT='MED',  
RESU=_F(NOM_CHAM=('DEPL', 'SIGM_NOEU', 'SIEQ_NOEU'),  
RESULTAT=result),  
UNITE=80)
```

## INPUT FILE TIPE PEMBEBANAN OUTPLANE BENDING MOMENT

```
mesh = LIRE_MALLAGE(FORMAT='MED',  
UNITE=2)
```

```
model = AFFE_MODELE(AFFE=_F(MODELISATION=('3D', ),  
PHENOMENE='MECANIQUE',  
TOUT='OUI'),  
MAILLAGE=mesh)
```

```
mater = DEFI_MATERIAU(ELAS=_F(E=199955000000.0,  
NU=0.3))
```

```
materfl = AFFE_MATERIAU(AFFE=_F(MATER=(mater, ),  
TOUT='OUI'),  
MODELE=model)
```

```
mecabc = AFFE_CHAR_MECA(DDL_IMPO=( _F(DX=0.0,  
DY=0.0,  
DZ=0.0,  
GROUP_MA=('FACE_CHORD1', )),  
_F(DX=0.0,  
DY=0.0,  
DZ=0.0,  
GROUP_MA=('FACE_CHORD2', )),  
MODELE=model)
```

```
mecach = AFFE_CHAR_MECA(FORCE_NODALE=( _F(ANGL_NAUT=(45.0, -38.0, -  
20.0),  
FY=-173.055,  
GROUP_NO=('FACE_BRACE3', )),  
_F(ANGL_NAUT=(-3.0, -48.0, 0.0),  
FY=282.518,  
GROUP_NO=('FACE_BRACE5', )),  
_F(ANGL_NAUT=(-35.0, -90.0, -90.0),  
FY=714.195,  
GROUP_NO=('FACE_BRACE2', )),  
_F(ANGL_NAUT=(0.0, 0.0, 0.0),  
FY=-793.395,  
GROUP_NO=('FACE_BRACE1', )),  
_F(ANGL_NAUT=(-120.0, -110.0, 20.0),  
FY=-990.396,  
GROUP_NO=('FACE_BRACE4', )),  
_F(ANGL_NAUT=(-15.0, 70.0, 30.0),  
FY=76.389,  
GROUP_NO=('FACE_BRACE6', )),  
MODELE=model)
```

```
forcefac = AFFE_CHAR_MECA(FORCE_FACE=( _F(FZ=-42584.61,  
GROUP_MA=('FACE_BRACE3', )),
```

```
_F(FZ=-3458.393,  
GROUP_MA=('FACE_BRACE5', )),  
_F(FZ=4242.827,  
GROUP_MA=('FACE_BRACE2', )),  
_F(FZ=20761.623,  
GROUP_MA=('FACE_BRACE1', )),  
_F(FZ=-69920.14,  
GROUP_MA=('FACE_BRACE4', )),  
_F(FZ=-5629.53,  
GROUP_MA=('FACE_BRACE6', )),  
MODELE=model)
```

```
result = MECA_STATIQUE(CHAM_MATER=materfl,  
EXCIT=(_F(CHARGE=mecabc),  
_F(CHARGE=forcefac)),  
MODELE=model,  
SOLVEUR=_F(RESI_RELA=1e-05))
```

```
result = CALC_CHAMP(reuse=result,  
CONTRAINTE=('SIGM_ELNO', 'SIGM_NOEU'),  
CRITERES=('SIEQ_ELNO', 'SIEQ_NOEU'),  
RESULTAT=result)
```

```
IMPR_RESU(FORMAT='MED',  
RESU=_F(NOM_CHAM=('DEPL', 'SIGM_NOEU', 'SIEQ_NOEU'),  
RESULTAT=result),  
UNITE=3)
```



**LAMPIRAN E**  
**TABEL DISTRIBUSI**  
**TEGANGAN LOKAL**



## DISTRIBUSI TEGANGAN PADA TIPE PEMBEBANAN GAYA AKSIAL

Brace3

Sudut	Tegangan Sepanjang Weld Toe Pada Chord		Tegangan Sepanjang Weld Toe Pada Brace	
	(Pa)	(MPa)	(Pa)	(MPa)
0	4.68E+06	4.68E+00	1.81E+07	1.81E+01
22.5	8.90E+06	8.90E+00	1.70E+07	1.70E+01
45	1.01E+07	1.01E+01	1.53E+07	1.53E+01
67.5	8.17E+06	8.17E+00	1.21E+07	1.21E+01
90	9.26E+06	9.26E+00	1.06E+07	1.06E+01
112.5	9.48E+06	9.48E+00	9.79E+06	9.79E+00
135	1.11E+07	1.11E+01	1.09E+07	1.09E+01
157.5	1.89E+07	1.89E+01	1.74E+07	1.74E+01
180	2.56E+07	2.56E+01	2.72E+07	2.72E+01
202.5	2.98E+07	2.98E+01	2.56E+07	2.56E+01
225	2.24E+07	2.24E+01	2.24E+07	2.24E+01
247.5	1.68E+07	1.68E+01	1.44E+07	1.44E+01
270	1.17E+07	1.17E+01	1.18E+07	1.18E+01
292.5	9.44E+06	9.44E+00	1.15E+07	1.15E+01
315	8.85E+06	8.85E+00	1.17E+07	1.17E+01
337.5	9.24E+06	9.24E+00	1.43E+07	1.43E+01
360	4.78E+06	4.78E+00	1.81E+07	1.81E+01

Brace 5

Sudut	Tegangan Sepanjang Weld Toe Pada Chord		Tegangan Sepanjang Weld Toe Pada Brace	
	(Pa)	(MPa)	(Pa)	(MPa)
0	3.80E+06	3.80E+00	1.20E+07	1.20E+01
22.5	4.74E+06	4.74E+00	1.03E+07	1.03E+01
45	4.44E+06	4.44E+00	8.12E+06	8.12E+00
67.5	7.44E+06	7.44E+00	6.09E+06	6.09E+00
90	9.03E+06	9.03E+00	6.97E+06	6.97E+00
112.5	1.08E+07	1.08E+01	8.93E+06	8.93E+00
135	1.54E+07	1.54E+01	1.06E+07	1.06E+01
157.5	2.21E+07	2.21E+01	1.98E+07	1.98E+01
180	2.07E+07	2.07E+01	2.22E+07	2.22E+01
202.5	1.37E+07	1.37E+01	1.49E+07	1.49E+01
225	7.70E+06	7.70E+00	9.07E+06	9.07E+00
247.5	5.69E+06	5.69E+00	6.95E+06	6.95E+00
270	4.36E+06	4.36E+00	6.33E+06	6.33E+00
292.5	4.26E+06	4.26E+00	6.58E+06	6.58E+00
315	4.18E+06	4.18E+00	8.35E+06	8.35E+00

337.5	5.11E+06	5.11E+00	1.13E+07	1.13E+01
360	4.88E+06	4.88E+00	1.20E+07	1.20E+01

### Brace 2

Sudut	Tegangan Sepanjang Weld Toe Pada Chord		Tegangan Sepanjang Weld Toe Pada Brace	
	(Pa)	(MPa)	(Pa)	(MPa)
0	1.28E+07	1.28E+01	1.18E+07	1.18E+01
22.5	1.35E+07	1.35E+01	9.89E+06	9.89E+00
45	1.25E+07	1.25E+01	1.04E+07	1.04E+01
67.5	1.28E+07	1.28E+01	1.07E+07	1.07E+01
90	1.39E+07	1.39E+01	1.28E+07	1.28E+01
112.5	1.36E+07	1.36E+01	1.11E+07	1.11E+01
135	1.11E+07	1.11E+01	9.88E+06	9.88E+00
157.5	8.92E+06	8.92E+00	1.37E+07	1.37E+01
180	7.76E+06	7.76E+00	1.00E+07	1.00E+01
202.5	1.49E+07	1.49E+01	1.23E+07	1.23E+01
225	1.87E+07	1.87E+01	1.43E+07	1.43E+01
247.5	1.90E+07	1.90E+01	1.50E+07	1.50E+01
270	1.70E+07	1.70E+01	1.38E+07	1.38E+01
292.5	1.94E+07	1.94E+01	1.23E+07	1.23E+01
315	1.59E+07	1.59E+01	1.06E+07	1.06E+01
337.5	1.17E+07	1.17E+01	1.22E+07	1.22E+01
360	1.29E+07	1.29E+01	1.18E+07	1.18E+01

### Brace 1

Sudut	Tegangan Sepanjang Weld Toe Pada Chord		Tegangan Sepanjang Weld Toe Pada Brace	
	(Pa)	(MPa)	(Pa)	(MPa)
0	1.32E+07	1.32E+01	8.26E+06	8.26E+00
22.5	1.26E+07	1.26E+01	9.33E+06	9.33E+00
45	1.71E+07	1.71E+01	1.17E+07	1.17E+01
67.5	1.74E+07	1.74E+01	1.22E+07	1.22E+01
90	1.63E+07	1.63E+01	1.17E+07	1.17E+01
112.5	1.53E+07	1.53E+01	1.12E+07	1.12E+01
135	1.65E+07	1.65E+01	1.10E+07	1.10E+01
157.5	1.58E+07	1.58E+01	9.97E+06	9.97E+00
180	1.33E+07	1.33E+01	9.82E+06	9.82E+00
202.5	1.33E+07	1.33E+01	1.01E+07	1.01E+01
225	1.46E+07	1.46E+01	1.09E+07	1.09E+01
247.5	1.39E+07	1.39E+01	1.06E+07	1.06E+01
270	1.14E+07	1.14E+01	1.17E+07	1.17E+01

292.5	1.22E+07	1.22E+01	1.19E+07	1.19E+01
315	1.45E+07	1.45E+01	1.21E+07	1.21E+01
337.5	1.60E+07	1.60E+01	9.96E+06	9.96E+00
360	1.32E+07	1.32E+01	8.79E+06	8.79E+00

#### Brace 4

Sudut	Tegangan Sepanjang Weld Toe Pada Chord		Tegangan Sepanjang Weld Toe Pada Brace	
	(Pa)	(MPa)	(Pa)	(MPa)
0	4.79E+06	4.79E+00	7.13E+06	7.13E+00
22.5	8.24E+06	8.24E+00	1.08E+07	1.08E+01
45	1.26E+07	1.26E+01	1.07E+07	1.07E+01
67.5	1.11E+07	1.11E+01	7.01E+06	7.01E+00
90	7.24E+06	7.24E+00	4.63E+06	4.63E+00
112.5	4.86E+06	4.86E+00	3.95E+06	3.95E+00
135	3.85E+06	3.85E+00	3.28E+06	3.28E+00
157.5	4.77E+06	4.77E+00	2.07E+06	2.07E+00
180	4.28E+06	4.28E+00	5.03E+06	5.03E+00
202.5	1.02E+07	1.02E+01	9.07E+06	9.07E+00
225	1.39E+07	1.39E+01	1.08E+07	1.08E+01
247.5	1.36E+07	1.36E+01	1.44E+07	1.44E+01
270	1.38E+07	1.38E+01	1.70E+07	1.70E+01
292.5	1.48E+07	1.48E+01	1.33E+07	1.33E+01
315	1.60E+07	1.60E+01	7.41E+06	7.41E+00
337.5	1.25E+07	1.25E+01	4.64E+06	4.64E+00
360	4.79E+06	4.79E+00	7.42E+06	7.42E+00

#### Brace 6

Sudut	Tegangan Sepanjang Weld Toe Pada Chord		Tegangan Sepanjang Weld Toe Pada Brace	
	(Pa)	(MPa)	(Pa)	(MPa)
0	1.69E+07	1.69E+01	1.03E+07	1.03E+01
22.5	1.80E+07	1.80E+01	9.26E+06	9.26E+00
45	1.76E+07	1.76E+01	1.14E+07	1.14E+01
67.5	1.50E+07	1.50E+01	1.06E+07	1.06E+01
90	1.74E+07	1.74E+01	9.67E+06	9.67E+00
112.5	1.66E+07	1.66E+01	9.78E+06	9.78E+00
135	1.53E+07	1.53E+01	8.23E+06	8.23E+00
157.5	1.06E+07	1.06E+01	6.33E+06	6.33E+00
180	9.97E+06	9.97E+00	4.74E+06	4.74E+00
202.5	1.54E+07	1.54E+01	7.36E+06	7.36E+00
225	1.73E+07	1.73E+01	9.24E+06	9.24E+00

247.5	1.97E+07	1.97E+01	1.07E+07	1.07E+01
270	2.16E+07	2.16E+01	1.11E+07	1.11E+01
292.5	1.06E+07	1.06E+01	1.52E+07	1.52E+01
315	1.00E+07	1.00E+01	1.61E+07	1.61E+01
337.5	1.28E+07	1.28E+01	1.12E+07	1.12E+01
360	1.64E+07	1.64E+01	1.03E+07	1.03E+01

**DISTRIBUSI TEGANGAN PADA TIPE PEMBEBANAN INPLANE BENDING  
MOMENT**

Brace3

Sudut	Tegangan Sepanjang Weld Toe Pada Chord		Tegangan Sepanjang Weld Toe Pada Brace	
	(Pa)	(MPa)	(Pa)	(MPa)
0	1.19E+06	1.19E+00	2.61E+06	2.61E+00
22.5	1.70E+06	1.70E+00	1.41E+06	1.41E+00
45	1.22E+06	1.22E+00	894120	8.94E-01
67.5	591524	5.92E-01	598970	5.99E-01
90	529596	5.30E-01	985366	9.85E-01
112.5	890710	8.91E-01	1.14E+06	1.14E+00
135	1.55E+06	1.55E+00	1.85E+06	1.85E+00
157.5	3.24E+06	3.24E+00	4.41E+06	4.41E+00
180	3.59E+06	3.59E+00	3.44E+06	3.44E+00
202.5	1.65E+06	1.65E+00	1.49E+06	1.49E+00
225	2.37E+06	2.37E+00	2.59E+06	2.59E+00
247.5	1.19E+06	1.19E+00	1.25E+06	1.25E+00
270	1.14E+06	1.14E+00	1.01E+06	1.01E+00
292.5	1.55E+06	1.55E+00	1.73E+06	1.73E+00
315	1.84E+06	1.84E+00	2.38E+06	2.38E+00
337.5	2.07E+06	2.07E+00	2.81E+06	2.81E+00
360	1.19E+06	1.19E+00	2.61E+06	2.61E+00

Brace 5

Sudut	Tegangan Sepanjang Weld Toe Pada Chord		Tegangan Sepanjang Weld Toe Pada Brace	
	(Pa)	(MPa)	(Pa)	(MPa)
0	4.09E+06	4.09E+00	3.24E+06	3.24E+00
22.5	3.10E+06	3.10E+00	4.28E+06	4.28E+00
45	2.97E+06	2.97E+00	3.69E+06	3.69E+00
67.5	3.25E+06	3.25E+00	3.26E+06	3.26E+00
90	2.78E+06	2.78E+00	2.97E+06	2.97E+00
112.5	1.89E+06	1.89E+00	1.95E+06	1.95E+00
135	1.47E+06	1.47E+00	1.21E+06	1.21E+00
157.5	2.18E+06	2.18E+00	1.79E+06	1.79E+00
180	3.08E+06	3.08E+00	2.28E+06	2.28E+00
202.5	2.53E+06	2.53E+00	2.85E+06	2.85E+00
225	1.88E+06	1.88E+00	2.02E+06	2.02E+00
247.5	2.17E+06	2.17E+00	2.02E+06	2.02E+00
270	2.42E+06	2.42E+00	2.44E+06	2.44E+00
292.5	2.48E+06	2.48E+00	2.81E+06	2.81E+00

315	2.20E+06	2.20E+00	3.19E+06	3.19E+00
337.5	2.13E+06	2.13E+00	3.51E+06	3.51E+00
360	4.10E+06	4.10E+00	3.24E+06	3.24E+00

### Brace 2

Sudut	Tegangan Sepanjang Weld Toe Pada Chord		Tegangan Sepanjang Weld Toe Pada Brace	
	(Pa)	(MPa)	(Pa)	(MPa)
0	2.22E+06	2.22E+00	2.05E+06	2.05E+00
22.5	3.26E+06	3.26E+00	3.77E+06	3.77E+00
45	5.64E+06	5.64E+00	4.76E+06	4.76E+00
67.5	8.48E+06	8.48E+00	6.24E+06	6.24E+00
90	8.71E+06	8.71E+00	7.63E+06	7.63E+00
112.5	7.52E+06	7.52E+00	6.28E+06	6.28E+00
135	6.08E+06	6.08E+00	5.64E+06	5.64E+00
157.5	4.63E+06	4.63E+00	4.46E+06	4.46E+00
180	2.61E+06	2.61E+00	2.23E+06	2.23E+00
202.5	3.28E+06	3.28E+00	3.04E+06	3.04E+00
225	4.90E+06	4.90E+00	6.05E+06	6.05E+00
247.5	8.88E+06	8.88E+00	1.15E+07	1.15E+01
270	9.28E+06	9.28E+00	1.35E+07	1.35E+01
292.5	7.98E+06	7.98E+00	1.08E+07	1.08E+01
315	4.95E+06	4.95E+00	6.85E+06	6.85E+00
337.5	3.95E+06	3.95E+00	2.53E+06	2.53E+00
360	2.34E+06	2.34E+00	2.05E+06	2.05E+00

### Brace 1

Sudut	Tegangan Sepanjang Weld Toe Pada Chord		Tegangan Sepanjang Weld Toe Pada Brace	
	(Pa)	(MPa)	(Pa)	(MPa)
0	2.45E+06	2.45E+00	1.35E+06	1.35E+00
22.5	4.45E+06	4.45E+00	5.84E+06	5.84E+00
45	7.31E+06	7.31E+00	1.09E+07	1.09E+01
67.5	1.06E+07	1.06E+01	1.28E+07	1.28E+01
90	1.17E+07	1.17E+01	1.51E+07	1.51E+01
112.5	1.10E+07	1.10E+01	1.43E+07	1.43E+01
135	1.02E+07	1.02E+01	1.07E+07	1.07E+01
157.5	6.80E+06	6.80E+00	7.30E+06	7.30E+00
180	3.45E+06	3.45E+00	1.80E+06	1.80E+00
202.5	7.56E+06	7.56E+00	7.91E+06	7.91E+00
225	1.12E+07	1.12E+01	1.22E+07	1.22E+01
247.5	1.21E+07	1.21E+01	1.34E+07	1.34E+01

270	1.23E+07	1.23E+01	1.35E+07	1.35E+01
292.5	1.04E+07	1.04E+01	1.19E+07	1.19E+01
315	8.10E+06	8.10E+00	1.08E+07	1.08E+01
337.5	4.58E+06	4.58E+00	5.88E+06	5.88E+00
360	2.22E+06	2.22E+00	1.55E+06	1.55E+00

#### Brace 4

Sudut	Tegangan Sepanjang Weld Toe Pada Chord		Tegangan Sepanjang Weld Toe Pada Brace	
	(Pa)	(MPa)	(Pa)	(MPa)
0	7.67E+06	7.67E+00	4.29E+06	4.29E+00
22.5	8.76E+06	8.76E+00	9.80E+06	9.80E+00
45	7.43E+06	7.43E+00	6.22E+06	6.22E+00
67.5	4.16E+06	4.16E+00	4.01E+06	4.01E+00
90	2.31E+06	2.31E+00	2.03E+06	2.03E+00
112.5	1.22E+06	1.22E+00	1.54E+06	1.54E+00
135	1.99E+06	1.99E+00	2.32E+06	2.32E+00
157.5	3.30E+06	3.30E+00	2.86E+06	2.86E+00
180	3.89E+06	3.89E+00	3.38E+06	3.38E+00
202.5	4.67E+06	4.67E+00	4.49E+06	4.49E+00
225	4.54E+06	4.54E+00	6.81E+06	6.81E+00
247.5	5.38E+06	5.38E+00	7.15E+06	7.15E+00
270	6.73E+06	6.73E+00	1.04E+07	1.04E+01
292.5	5.32E+06	5.32E+00	6.26E+06	6.26E+00
315	2.88E+06	2.88E+00	2.34E+06	2.34E+00
337.5	3.48E+06	3.48E+00	2.23E+06	2.23E+00
360	8.51E+06	8.51E+00	4.29E+06	4.29E+00

#### Brace 6

Sudut	Tegangan Sepanjang Weld Toe Pada Chord		Tegangan Sepanjang Weld Toe Pada Brace	
	(Pa)	(MPa)	(Pa)	(MPa)
0	2.62E+06	2.62E+00	1.73E+06	1.73E+00
22.5	8.11E+06	8.11E+00	5.95E+06	5.95E+00
45	1.03E+07	1.03E+01	1.07E+07	1.07E+01
67.5	1.40E+07	1.40E+01	1.52E+07	1.52E+01
90	1.51E+07	1.51E+01	1.56E+07	1.56E+01
112.5	1.24E+07	1.24E+01	8.87E+06	8.87E+00
135	8.80E+06	8.80E+00	6.63E+06	6.63E+00
157.5	5.38E+06	5.38E+00	2.73E+06	2.73E+00
180	1.48E+06	1.48E+00	1.48E+06	1.48E+00
202.5	5.59E+06	5.59E+00	3.50E+06	3.50E+00

225	9.24E+06	9.24E+00	5.73E+06	5.73E+00
247.5	1.23E+07	1.23E+01	9.96E+06	9.96E+00
270	1.31E+07	1.31E+01	1.41E+07	1.41E+01
292.5	1.52E+07	1.52E+01	1.64E+07	1.64E+01
315	1.23E+07	1.23E+01	1.26E+07	1.26E+01
337.5	8.33E+06	8.33E+00	6.79E+06	6.79E+00
360	2.61E+06	2.61E+00	1.73E+06	1.73E+00



**DISTRIBUSI TEGANGAN PADA TIPE PEMBEBANAN OUTPLANE BENDING  
MOMENT**

Brace3

Sudut	Tegangan Sepanjang Weld Toe Pada Chord		Tegangan Sepanjang Weld Toe Pada Brace	
	(Pa)	(MPa)	(Pa)	(MPa)
0	1.99E+06	1.99E+00	2.51E+06	2.51E+00
22.5	2.56E+06	2.56E+00	2.49E+06	2.49E+00
45	2.17E+06	2.17E+00	1749960	1.75E+00
67.5	1469130	1.47E+00	1068590	1.07E+00
90	1019810	1.02E+00	854598	8.55E-01
112.5	735445	7.35E-01	5.90E+05	5.90E-01
135	3.83E+05	3.83E-01	3.51E+05	3.51E-01
157.5	6.84E+05	6.84E-01	8.18E+05	8.18E-01
180	7.52E+05	7.52E-01	7.46E+05	7.46E-01
202.5	6.04E+05	6.04E-01	5.25E+05	5.25E-01
225	1.04E+06	1.04E+00	1.13E+06	1.13E+00
247.5	1.41E+06	1.41E+00	1.39E+06	1.39E+00
270	1.53E+06	1.53E+00	9.79E+05	9.79E-01
292.5	8.92E+05	8.92E-01	6.35E+05	6.35E-01
315	6.56E+05	6.56E-01	7.13E+05	7.13E-01
337.5	8.96E+05	8.96E-01	1.17E+06	1.17E+00
360	1.99E+06	1.99E+00	2.51E+06	2.51E+00

Brace 5

Sudut	Tegangan Sepanjang Weld Toe Pada Chord		Tegangan Sepanjang Weld Toe Pada Brace	
	(Pa)	(MPa)	(Pa)	(MPa)
0	4.43E+05	4.43E-01	3.47E+05	3.47E-01
22.5	3.95E+05	3.95E-01	1.17E+05	1.17E-01
45	4.81E+05	4.81E-01	1.15E+05	1.15E-01
67.5	6.96E+05	6.96E-01	2.60E+05	2.60E-01
90	9.88E+05	9.88E-01	3.74E+05	3.74E-01
112.5	1.14E+06	1.14E+00	6.33E+05	6.33E-01
135	8.21E+05	8.21E-01	7.10E+05	7.10E-01
157.5	5.11E+05	5.11E-01	5.37E+05	5.37E-01
180	2.68E+05	2.68E-01	3.27E+05	3.27E-01
202.5	1.63E+05	1.63E-01	2.02E+05	2.02E-01
225	1.62E+05	1.62E-01	1.70E+05	1.70E-01
247.5	2.01E+05	2.01E-01	1.48E+05	1.48E-01
270	1.90E+05	1.90E-01	1.43E+05	1.43E-01
292.5	1.95E+05	1.95E-01	1.37E+05	1.37E-01

315	2.37E+05	2.37E-01	6.54E+04	6.54E-02
337.5	2.24E+05	2.24E-01	2.06E+05	2.06E-01
360	4.18E+05	4.18E-01	3.47E+05	3.47E-01

#### Brace 2

Sudut	Tegangan Sepanjang Weld Toe Pada Chord		Tegangan Sepanjang Weld Toe Pada Brace	
	(Pa)	(MPa)	(Pa)	(MPa)
0	5.15E+05	5.15E-01	5.12E+05	5.12E-01
22.5	3.86E+05	3.86E-01	5.22E+05	5.22E-01
45	4.68E+05	4.68E-01	3.31E+05	3.31E-01
67.5	9.06E+05	9.06E-01	3.98E+05	3.98E-01
90	1.60E+06	1.60E+00	9.88E+05	9.88E-01
112.5	1.78E+06	1.78E+00	1.13E+06	1.13E+00
135	1.71E+06	1.71E+00	1.39E+06	1.39E+00
157.5	1.83E+06	1.83E+00	1.86E+06	1.86E+00
180	2.81E+06	2.81E+00	1.74E+06	1.74E+00
202.5	1.65E+06	1.65E+00	1.37E+06	1.37E+00
225	1.17E+06	1.17E+00	1.15E+06	1.15E+00
247.5	6.46E+05	6.46E-01	6.57E+05	6.57E-01
270	5.92E+05	5.92E-01	3.51E+05	3.51E-01
292.5	7.26E+05	7.26E-01	3.19E+05	3.19E-01
315	7.64E+05	7.64E-01	5.99E+05	5.99E-01
337.5	6.37E+05	6.37E-01	5.66E+05	5.66E-01
360	5.15E+05	5.15E-01	5.12E+05	5.12E-01

#### Brace 1

Sudut	Tegangan Sepanjang Weld Toe Pada Chord		Tegangan Sepanjang Weld Toe Pada Brace	
	(Pa)	(MPa)	(Pa)	(MPa)
0	6.35E+05	6.35E-01	9.24E+05	9.24E-01
22.5	8.97E+05	8.97E-01	9.91E+05	9.91E-01
45	1.04E+06	1.04E+00	9.85E+05	9.85E-01
67.5	1.14E+06	1.14E+00	7.87E+05	7.87E-01
90	1.00E+06	1.00E+00	7.37E+05	7.37E-01
112.5	6.24E+05	6.24E-01	5.89E+05	5.89E-01
135	5.30E+05	5.30E-01	7.96E+05	7.96E-01
157.5	8.86E+05	8.86E-01	1.34E+06	1.34E+00
180	6.54E+05	6.54E-01	1.04E+06	1.04E+00
202.5	7.15E+05	7.15E-01	5.94E+05	5.94E-01
225	7.47E+05	7.47E-01	5.93E+05	5.93E-01

247.5	6.05E+05	6.05E-01	5.67E+05	5.67E-01
270	4.06E+05	4.06E-01	5.03E+05	5.03E-01
292.5	3.87E+05	3.87E-01	5.86E+05	5.86E-01
315	5.21E+05	5.21E-01	8.20E+05	8.20E-01
337.5	5.49E+05	5.49E-01	8.30E+05	8.30E-01
360	6.35E+05	6.35E-01	8.63E+05	8.63E-01

#### Brace 4

Sudut	Tegangan Sepanjang Weld Toe Pada Chord		Tegangan Sepanjang Weld Toe Pada Brace	
	(Pa)	(MPa)	(Pa)	(MPa)
0	6.73E+06	6.73E+00	6.42E+06	6.42E+00
22.5	6.18E+06	6.18E+00	8.31E+06	8.31E+00
45	7.97E+06	7.97E+00	6.49E+06	6.49E+00
67.5	4.19E+06	4.19E+00	4.70E+06	4.70E+00
90	1.44E+06	1.44E+00	9.53E+05	9.53E-01
112.5	1.85E+06	1.85E+00	2.88E+06	2.88E+00
135	4.02E+06	4.02E+00	3.72E+06	3.72E+00
157.5	4.62E+06	4.62E+00	4.56E+06	4.56E+00
180	5.56E+06	5.56E+00	5.34E+06	5.34E+00
202.5	5.97E+06	5.97E+00	5.30E+06	5.30E+00
225	5.09E+06	5.09E+00	4.63E+06	4.63E+00
247.5	3.91E+06	3.91E+00	3.50E+06	3.50E+00
270	2.42E+06	2.42E+00	1.90E+06	1.90E+00
292.5	1.81E+06	1.81E+00	2.18E+06	2.18E+00
315	3.98E+06	3.98E+00	3.65E+06	3.65E+00
337.5	5.57E+06	5.57E+00	4.12E+06	4.12E+00
360	6.75E+06	6.75E+00	7.10E+06	7.10E+00

#### Brace 6

Sudut	Tegangan Sepanjang Weld Toe Pada Chord		Tegangan Sepanjang Weld Toe Pada Brace	
	(Pa)	(MPa)	(Pa)	(MPa)
0	1.19E+06	1.19E+00	8.61E+05	8.61E-01
22.5	1.30E+06	1.30E+00	9.98E+05	9.98E-01
45	1.20E+06	1.20E+00	9.31E+05	9.31E-01
67.5	1.32E+06	1.32E+00	1.49E+06	1.49E+00
90	1.70E+06	1.70E+00	9.50E+05	9.50E-01
112.5	1.65E+06	1.65E+00	9.62E+05	9.62E-01
135	1.10E+06	1.10E+00	6.85E+05	6.85E-01
157.5	9.50E+05	9.50E-01	6.61E+05	6.61E-01
180	8.90E+05	8.90E-01	5.93E+05	5.93E-01
202.5	9.44E+05	9.44E-01	5.80E+05	5.80E-01

225	1.23E+06	1.23E+00	5.15E+05	5.15E-01
247.5	1.59E+06	1.59E+00	7.79E+05	7.79E-01
270	1.27E+06	1.27E+00	1.08E+06	1.08E+00
292.5	1.07E+06	1.07E+00	1.16E+06	1.16E+00
315	8.19E+05	8.19E-01	6.83E+05	6.83E-01
337.5	8.50E+05	8.50E-01	6.30E+05	6.30E-01
360	1.19E+06	1.19E+00	8.61E+05	8.61E-01