



SKRIPSI – ME184834

**ANALISA PERANCANGAN SISTEM DAN PERALATAN UNTUK
PENGANGKATAN DAN PEMBALIKAN *BLOCK* SS1A KAPAL CEPAT
RUDAL 60 METER**

**Giovani Lintang Dhurandoro
NRP 04211745000030**

**Dosen Pembimbing
Ir. Agoes Santoso, M.Sc., M.phil.
Dr. Eng. M. Badrus Zaman, S.T., M.T.**

**DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2019**



SKRIPSI - ME 184834

**ANALISA PERANCANGAN SISTEM DAN PERALATAN UNTUK
PENGANGKATAN DAN PEMBALIKAN *BLOCK SS1A* KAPAL CEPAT
RUDAL 60 METER**

Giovani Lintang Dhurandoro
NRP 04211745000030

Dosen Pembimbing
Ir. Agoes Santoso, M.Sc., M.phil.
Dr. Eng. M. Badrus Zaman, S.T., M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2019

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



UNDERGRADUATE THESIS - ME 184834

***ANALYSIS OF SYSTEM AND EQUIPMENT DESIGN FOR LIFTING AND
TURNING BLOCK SS1A FAST MISSILE BOAT 60 METER VESSEL***

Giovani Lintang Dhurandoro
NRP 04211745000030

Dosen Pembimbing
Ir. Agoes Santoso, M.Sc., M.phil.
Dr. Eng. M. Badrus Zaman, S.T., M.T.

DEPARTMENT OF MARINE ENGINEERING
Faculty of Marine Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2019

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA PERANCANGAN SISTEM DAN PERALATAN UNTUK PENGANGKATAN DAN PEMBALIKAN *BLOCK* SS1A KAPAL CEPAT RUDAL 60 METER

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi *Marine Machinery System* (MMS)
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

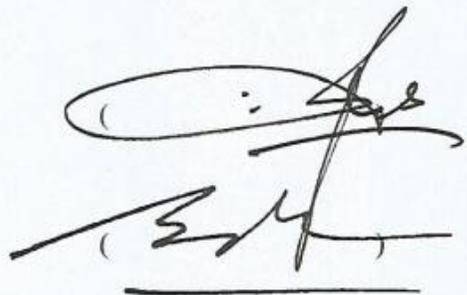
Oleh :

Giovani Lintang Dhurandoro
NRP. 04211745000030

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

Ir. Agoes Santoso, M.Sc., M.phil.
NIP. 196809281991021001

Dr. Eng. M. Badrus Zaman, S.T., M.T.
NIP. 197708022008011007



“Halaman ini sengaja dikosongkan

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA PERANCANGAN SISTEM DAN PERALATAN UNTUK PENGANGKATAN DAN PEMBALIKAN *BLOCK* SS1A KAPAL CEPAT RUDAL 60 METER

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Bidang Studi *Marine Machinery and System* (MMS)
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Giovani Lintang Dhurandoro
NRP. 04211745000030

Disetujui oleh Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan :



Dr. Eng. M. Badrus Zaman, S.T., M.T.
NIP. 197708022008011007

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

ABSTRAK

Nama Mahasiswa : **Giovani Lintang D**
NRP : **04211745000030**
Jurusan : **Departemen Teknik Sistem Perkapalan**
Dosen Pembimbing : **Ir. Agoes Santoso, M.Sc., M.phil.**
Dr. Eng. M. Badrus Zaman, S.T., M.T.

Pada proses pembangunan kapal dengan menggunakan sistem *block*, memungkinkan untuk melakukan pembangunan kapal dengan efisien. Dimana kapal dibagi menjadi beberapa *block*. Lalu pekerjaan *block* tersebut apabila memiliki kontur yang rumit dapat dilakukan proses pekerjaan dengan *block* terbalik sehingga dapat lebih efisien serta mengurangi pekerjaan *overhead welding*. Dengan proses pekerjaan *block* terbalik, maka perlu dilakukan proses *turning* yaitu proses pembalikan *block* kembali seperti semula, serta proses *Lifting* yaitu suatu proses pengangkatan *block* kapal secara normal baik pengangkatan secara *horizontal* maupun *vertical* pada saat proses *erection*. Diketahui *block* SS1A memiliki berat 12,47 ton serta memiliki titik berat $X = 4447,62$ (Fr. 28-226,52), $Y = 0$, $Z = 824,13$ mm (*above BL*). Berdasarkan titik berat maka ditentukan *lift point Side girder* 1800 from CL PS, *Side girder* 1800 from CL SB, *frame* 30, *frame* 25. Pengangkatan *block* menggunakan 2 *Crane double girder* x 2 *Hook* dengan kapasitas 16 ton. Sementara itu, Untuk perancangan *lifting equipment* yang digunakan menggunakan *sling* dengan panjang 4 meter dengan kapasitas 4 ton untuk *lifting* maupun *turning*, dan 15 ton untuk *hanging*. Untuk *shackles* menggunakan *shackles* dengan WWL 6,5 ton untuk *lifting* maupun *turning*, dan 8,5 ton untuk *hanging*. Sementara itu, untuk *lifting eyes* menggunakan *type* 1-6 dan *bracket* 6334/048 untuk *lifting* maupun *turning*, dan *lifting eyes* menggunakan *type* 1-12 dan *bracket* 6334/046 untuk *turning* dan *hanging*. Dalam perencanaan *lifting eyes* dan *bracket* dilakukan permodelan dan simulasi dengan memberi variasi terhadap arah dan sudut pemasangan, dimana dari hasil simulasi menunjukkan arah dan sudut pemasangan *lifting eyes* mempengaruhi terhadap *stress* serta nilai keamanan dalam melakukan *lifting* maupun *turning*. Dari hasil simulasi, untuk perencanaan pada bagian *bottom*, *lifting eyes* dan *bracket* dipasang pada *frame* 25 searah melintang badan kapal dengan *factor of safety* sebesar 5,11 pada kondisi *lifting before turning*. sedangkan pada *frame* 30, *lifting eyes* dipasang searah memanjang badan kapal dengan *factor of safety* sebesar 1,74 pada kondisi *lifting before turning* dan 1,742 pada kondisi *turning*. Lalu, untuk perencanaan pada bagian *deck*, *lifting eyes* dan *bracket* dipasang pada *frame* 25 dengan sudut $63,43^\circ$ yang digunakan pada kondisi *turning* (*factor of safety* 2,32), *hanging* (*factor of safety* 1,16), maupun *lifting after turning* (*factor of safety* 8,832). Sedangkan pada *frame* 30, *lifting eyes* dipasang dengan sudut $63,43^\circ$ yang digunakan pada kondisi *turning* (*factor of safety* 1,758), dan *lifting after turning* (*factor of safety* 5,390). Berdasarkan *lifting clearance*, *block* dapat diangkat dan dibalik dengan aman dengan jarak *lifting* 5975 mm dan *hanging* sebesar 2535 mm.

Kata kunci; *block*, *lift point*, *lift equipment*, *lifting eyes*, *bracket*, sudut, *stress*, *factor of safety*, *lifting clearance*.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

ABSTRACT

Name : **Giovani Lintang D**
NRP : **04211745000030**
Department : **Departemen Teknik Sistem Perkapalan**
Supervisors : **Ir. Agoes Santoso, M.Sc., M.phil.**
Dr. Eng. M. Badrus Zaman, S.T., M.T.

In the process of building ships using a block system, it is possible to efficiently construct vessels. Where the ship is divided into several blocks. Then the blockwork, if it has a complicated contour, can be done by reverse the blockwork process so that it can be more efficient and reduce overhead welding work. With the blockwork process reversed, it is necessary to do a turning process that is the process of reversing the block back to normal position, and the Lifting process, which is a process of lifting the ship block normally both horizontally and vertically during the erection process. SSIA block has a weight of 12.47 tons and has a center of gravity $X = 4447,62$ (Fr. 28-226,52), $Y = 0$, $Z = 824,13$ mm (above BL). Based on center of gravity, lift point is determined on the Side girder 1800 from CL PS, Side girder 1800 from CL SB, frame 30, frame 25. Lifting block uses 2 double girder x 2 Hook cranes with a capacity of 16 tons. Meanwhile, the lifting equipment design used uses a 4-meter long sling with a capacity of 4 tons for lifting and turning, and 15 tons for hanging. For shackles use shackles with WWL 6.5 tons for lifting and turning, and 8.5 tons for hanging. Meanwhile, for lifting eyes using type 1-6 and bracket 6334/048 for lifting and turning, and lifting eyes using type 1-12 and bracket 6334/046 for turning and hanging. In planning lifting eyes and brackets modeling and simulation are done by giving variations on the direction and angle of installation, wherefrom the simulation results show the direction and angle of installation of lifting eyes affect stress and the security value of lifting and turning. From the simulation results, for planning on the bottom, lifting eyes and brackets are installed on frame 25 in a transverse direction with a factor of safety of 5.11 in the condition of lifting before turning. while at frame 30, the lifting eyes are installed in a longitudinal direction with a factor of safety of 1.74 in conditions of lifting before turning and 1.742 in turning conditions. Then, for planning on the deck, lifting eyes and brackets are mounted on frame 25 with an angle of 63.43° which is used in turning conditions (factor of safety 2,32), hanging (factor of safety 1,16), and lifting after turning (factor of safety 8,832) While at frame 30, the lifting eyes are installed at an angle of 63.43° which is used in turning conditions (factor of safety 1,758), and lifting after turning (factor of safety 5,390). Based on lifting clearance, the block can be lifted and turned safely with lifting distance 5975 mm and hanging is 2535 mm.

Keyword; block, lift point, lift equipment, lifting eyes, bracket, angle, stress, factor of safety, lifting clearance.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji sembah syukur kehadirat Allah Bapa yang telah memberi penulis kekuatan serta kelancaran sehingga laporan Tugas Akhir yang berjudul “ANALISA PERANCANGAN SISTEM DAN PERALATAN UNTUK PENGANGKATAN DAN PEMBALIKAN *BLOCK* SS1A KAPAL CEPAT RUDAL 60 METER” dapat diselesaikan secara maksimal. Dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini penulis mengucapkan terimakasih kepada pihak yang telah membantu baik secara dukungan ataupun masukan mengenai Tugas Akhir ini. Terimakasih penulis ucapkan kepada :

1. Allah Bapa yang selalu memberikan kemudahan, kelancaran dibalik semua proses perkuliahan di siskal dan dalam pengerjaan tugas akhir.
2. Mama Renata Ayuni, Alm. Papa Adrio Rendra H.K, dan Kakak Giorgio Rendra G yang tidak pernah berhenti untuk berdoa, memberi support, cinta serta kasih sayang kepada penulis.
3. Bapak Indra Ranu Kusuma, S.T., M.Sc. selaku dosen wali penulis selama masa perkuliahan di Teknik Sistem Perkapalan, terimakasih atas kesabarannya selama ini.
4. Bapak Ir. Agoes Santoso, M.Sc., M.phil. selaku dosen pembimbing pertama dari penulis. Terimakasih atas bimbingan, masukan, dukungan dan kesabarannya selama penulis menyusun laporan tugas akhir ini.
5. Bapak Dr. Eng. M. Badrus Zaman, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing kedua dari penulis. Terimakasih atas bimbingan, masukan dan kesabarannya selama penulis menyusun laporan tugas akhir ini.
6. Tris Family yang selalu memberi arahan serta support dalam waktu ke waktu khususnya masa studi yang telah dijalankan
7. Clara Anvito yang selalu memberi support dan penghiburan saat pengerjaan TA
8. Teman-teman PPNS yang senantiasa memberi support dan waktu
9. Teman-Teman Siskal khususnya LJ'17 yang senantiasa berjuang bersama
10. Teman-teman GD Dan Dariatma, Thomas Y, Enzo J, Dolfi P, Mercyan O yang senantiasa ada disaat suka maupun duka
11. Sahabat G30 Renaldi AU, Fahri A, Prima A, A. Dzakwan yang senantiasa penuh canda tawa dan selalu ada disaat duka
12. SAIS GANG semoga bisnis kita semakin lancar, dan berguna bagi sesama
13. Septiawati K dan Ayu N.F yang selalu membantu dalam pengambilan data di PT.PAL
14. Mbak Nisa Divisi Kaprang PT.PAL sebagai mentor dan sebagai mbak yang senantiasa sabar
15. Mbak letda dan mas syahrul Divisi Kaprang PT.PAL sebagai mentor dan sebagai mbak yang senantiasa sabar
16. Riri yoanda yang senantiasa memberi support, arahan, dan yang pasti canda tawa

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

SKRIPSI – ME184834	i
ABSTRAK	ix
<i>ABSTRACT</i>	xi
KATA PENGANTAR.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR TABEL	xxiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	2
1.5 Manfaat.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Konsep Dasar Teknologi Produksi Kapal	5
2.2. <i>Block Division</i>	7
2.3. Pengangkatan (<i>Lifting</i>) dan Pembalikan (<i>Turning</i>) <i>Block</i>	8
2.4. Berat dan Titik Berat.....	9
2.5. <i>Lifting Equipment</i>	9
2.6. Tegangan (<i>Stress</i>).....	18
2.7. Regangan (<i>Strain</i>).....	19
2.8. <i>Displacement</i>	19
2.9. FOS (<i>Factor of Safety</i>).....	20
2.10. Solidworks	20
BAB III METODE PENELITIAN	21
3.1. Penelitian	21
3.2. Identifikasi dan Perumusan Masalah	23
3.3. Studi Literatur dan Studi Lapangan	23
3.4. Penetapan Tujuan.....	23
3.5. Pengumpulan data.....	23
3.6. Identifikasi Data.....	23

3.7.	Penggambaran dan Permodelan <i>Block</i>	24
3.8.	Perancangan <i>Lifting Equipment</i>	24
3.9.	Permodelan dan Simulasi <i>Lifting Eyes</i> dan <i>Bracket</i>	24
3.10.	Analisa Struktur Statis	24
3.11.	Operasional <i>Lifting</i> dan <i>turning</i>	24
3.12.	Kesimpulan dan Saran	24
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN		25
4.1.	Gambaran Umum.....	25
4.2.	Data Utama Kapal.....	25
4.3.	<i>Block Division</i>	25
4.4.	Pembuatan Model <i>Block SS1A</i>	27
4.5.	Pemilihan Jenis Material	31
4.6.	Berat dan Titik Berat <i>Block SS1A</i>	32
4.7.	<i>Lift Point</i>	34
4.8.	<i>Crane</i> dan Konfigurasi <i>Lifting equipment</i>	35
4.9.	Permodelan pada <i>Lifting eyes</i> dan <i>Bracket</i>	45
4.10.	Simulasi.....	59
4.11.	Hasil simulasi pada perancangan <i>lifting eyes</i> dan <i>bracket</i> pada kondisi <i>lifting before turning (Frame 25 bagian bottom)</i>	63
4.12.	Hasil simulasi pada perancangan <i>lifting eyes</i> dan <i>bracket</i> pada kondisi <i>lifting before turning (Frame 30 bagian bottom)</i>	71
4.13.	Hasil simulasi pada perancangan <i>lifting eyes</i> dan <i>bracket</i> pada kondisi <i>turning (Frame 25 bagian deck)</i>	79
4.14.	Hasil simulasi pada perancangan <i>lifting eyes</i> dan <i>bracket</i> pada kondisi <i>turning (Frame 30 bagian bottom)</i>	87
4.15.	Hasil simulasi pada perancangan <i>lifting eyes</i> dan <i>bracket</i> pada kondisi <i>turning (Frame 30 bagian deck)</i>	95
4.16.	Hasil simulasi pada perancangan <i>lifting eyes</i> dan <i>bracket</i> pada kondisi <i>Hanging (Frame 25 bagian deck)</i>	103
4.17.	Hasil simulasi pada perancangan <i>lifting eyes</i> dan <i>bracket</i> pada kondisi <i>lifting after turning (Frame 25 bagian deck)</i>	111
4.18.	Hasil simulasi pada perancangan <i>lifting eyes</i> dan <i>bracket</i> pada kondisi <i>lifting after turning (Frame 30 bagian deck)</i>	119
4.19.	Analisa Hasil Simulasi pada <i>Lifting Eyes</i> dan <i>Bracket</i>	127
4.20.	<i>Lifting equipment</i> pada Kondisi <i>Lifting, Turning, dan Hanging</i>	137

4.21. <i>Lifting Clearence</i>	142
4.22. Prosedur Pembalikan dan Pengangkatan <i>block SS1A</i>	144
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	149
5.1. Kesimpulan.....	149
5.2. Saran.....	150
DAFTAR PUSTAKA.....	151
LAMPIRAN	
BIODATA PENULIS	

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Hull Block Construction Method (HBCM) Manufacturing Level	6
Gambar 2.2. Block Division	7
Gambar 2.3. Proses Lifting pada block Kapal	8
Gambar 2.4. Proses Turning pada block Kapal	8
Gambar 2.5. Titik Berat Segitiga (a) dan Kubus (b)	9
Gambar 2.6. Lifting eyes (a) Type 1 (b) Type 2	10
Gambar 2.7. Lifting eyes (a) Type 3 (b) Type 4	11
Gambar 2.8. Struktur Wire rope	13
Gambar 2.9. Chain Sling	13
Gambar 2.10. Webbing Sling	14
Gambar 2.11. Type Shackle	14
Gambar 2.12. Angle of Loading (Shackle)	15
Gambar 2.13. Rate Load Reduction	15
Gambar 2.14. Plate for Hoisting	16
Gambar 2.15. Overhead Crane	18
Gambar 2.16. Displacement	19
Gambar 4.1. Block Division KCR 60 Meter	25
Gambar 4.2. Block SS1A	26
Gambar 4.3 Block SS1A Tampak Atas	26
Gambar 4.4. Sketch Deck Block SS1A	27
Gambar 4.5 Extrude Deck Block SS1A	27
Gambar 4.6. Sketch Frame 25	28
Gambar 4.7. Extrude Frame 25	28
Gambar 4.8. Sketch Longitudinal Bulkhead	28
Gambar 4.9. Extrude Longitudinal Bulkhead	28
Gambar 4.10. Sketch dan extrude Sider Girder	29
Gambar 4.11. Sketch dan extrude Profil Bulb	29
Gambar 4.12. Sketch dan extrude Penegar	29
Gambar 4.13. Sketch dan extrude Bracket	30
Gambar 4.14. Sketch dan extrude Pillar	30
Gambar 4.15. Block SS1A	31
Gambar 4.16. Block SS1A	31
Gambar 4.17. Mass Properties	32
Gambar 4.18. Center of gravity	33
Gambar 4.19. Center of gravity	33
Gambar 4.20. Perencanaan Lifting Eyes pada Block SS1A	34
Gambar 4.21. Overhead Crane Specifications	35
Gambar 4.22. Bracket 6443/048 untuk Lifting dan Turning	44
Gambar 4.23. Bracket 6443/046 untuk Hanging	44
Gambar 4.24. Tampak Depan Stopper Profil L	45
Gambar 4.25. Lifting eyes Type 1-6	45
Gambar 4.26. Bracket Type 6443/048	45
Gambar 4.27. Lifting eyes Type 1-12	46
Gambar 4.28. Bracket Type 6443/046	46

Gambar 4.29. Sudut Gaya Sling pada Frame 25.....	47
Gambar 4.30. Sudut Gaya Sling pada Lifting Eyes	47
Gambar 4.31. Sudut Gaya Sling pada Lifting Eyes	48
Gambar 4.32. Lifting equipment pada Frame 25	49
Gambar 4.33. Sudut Gaya Sling pada Lifting Eyes	49
Gambar 4.34. Sudut Gaya Sling pada Lifting Eyes	49
Gambar 4.35. Sudut Gaya Sling pada Lifting Eyes	51
Gambar 4.36. Sudut Gaya Sling pada Lifting Eyes	51
Gambar 4.37. Sudut Gaya Sling pada Lifting Eyes	52
Gambar 4.38. Sudut Gaya Sling pada Lifting Eyes	53
Gambar 4.39. Sudut Gaya Sling pada Lifting Eyes	54
Gambar 4.40. Sudut Gaya Sling pada Lifting Eyes	54
Gambar 4.41. Sudut Gaya Sling pada Lifting Eyes	55
Gambar 4.42. Sudut Gaya Sling pada Lifting Eyes	56
Gambar 4.43. Sudut Gaya Sling pada Lifting Eyes	57
Gambar 4.44. Sudut Gaya Sling pada Lifting Eyes	57
Gambar 4.45. Sudut Gaya Sling pada Lifting Eyes	58
Gambar 4.46. Sudut Gaya Sling pada Lifting Eyes	58
Gambar 4.47. Type Static Analysis	59
Gambar 4.48. Jenis Material ASTM A36.....	60
Gambar 4.49. Fixed Geometry Face	60
Gambar 4.50. Eksternal Load Face.....	61
Gambar 4.51. Mesh Progress	62
Gambar 4.52. Meshing Model	62
Gambar 4.53. Stress pada Lifting eyes 1-6 dan Bracket 6443/048	63
Gambar 4.54. Displacement pada Lifting eyes 1-6 dan Bracket 6443/048	64
Gambar 4.55. Strain pada Lifting eyes 1-6 dan Bracket 6443/048	65
Gambar 4.56. Factor of safety pada Lifting eyes 1-6 dan Bracket 6443/048.....	66
Gambar 4.57. Stress pada Lifting eyes 1-6 dan Bracket 6443/048	67
Gambar 4.58. Displacement pada Lifting eyes 1-6 dan Bracket 6443/048	68
Gambar 4.59. Strain pada Lifting eyes 1-6 dan Bracket 6443/048	69
Gambar 4.60. Factor of safety pada Lifting eyes 1-6 dan Bracket 6443/048.....	70
Gambar 4.61. Stress pada Lifting eyes 1-6 dan Bracket 6443/048	71
Gambar 4.62. Displacement pada Lifting eyes 1-6 dan Bracket 6443/048	72
Gambar 4.63. Strain pada Lifting eyes 1-6 dan Bracket 6443/048	73
Gambar 4.64. Factor of safety pada Lifting eyes 1-6 dan Bracket 6443/048.....	74
Gambar 4.65. Stress pada Lifting eyes 1-6 dan Bracket 6443/048	75
Gambar 4.66. Displacement pada Lifting eyes 1-6 dan Bracket 6443/048	76
Gambar 4.67. Strain pada Lifting eyes 1-6 dan Bracket 6443/048	77
Gambar 4.68. Factor of safety pada Lifting eyes 1-6 dan Bracket 6443/048.....	78
Gambar 4.69. Stress pada Lifting eyes 1-12 dan Bracket 6443/046.....	79
Gambar 4.70. Displacement pada Lifting eyes 1-12 dan Bracket 6443/046	80
Gambar 4.71. Strain pada Lifting eyes 1-12 dan Bracket 6443/046	81
Gambar 4.72. Factor of safety pada Lifting eyes 1-12 dan Bracket 6443/046.....	82
Gambar 4.73. Stress pada Lifting eyes 1-12 dan Bracket 6443/046.....	83
Gambar 4.74. Displacement pada Lifting eyes 1-12 dan Bracket 6443/046	84

Gambar 4.75. <i>Strain pada Lifting eyes 1-12 dan Bracket 6443/046</i>	85
Gambar 4.76. <i>Factor of safety pada Lifting eyes 1-12 dan Bracket 6443/046</i>	86
Gambar 4.77. <i>Stress pada Lifting eyes 1-6 dan Bracket 6443/048</i>	87
Gambar 4.78. <i>Displacement pada Lifting eyes 1-6 dan Bracket 6443/048</i>	88
Gambar 4.79. <i>Strain pada Lifting eyes 1-6 dan Bracket 6443/048</i>	89
Gambar 4.80. <i>Factor of safety pada Lifting eyes 1-6 dan Bracket 6443/048</i>	90
Gambar 4.81. <i>Stress pada Lifting eyes 1-6 dan Bracket 6443/048</i>	91
Gambar 4.82. <i>Displacement pada Lifting eyes 1-6 dan Bracket 6443/048</i>	92
Gambar 4.83. <i>Strain pada Lifting eyes 1-6 dan Bracket 6443/048</i>	93
Gambar 4.84. <i>Factor of safety pada Lifting eyes 1-6 dan Bracket 6443/048</i>	94
Gambar 4.85. <i>Stress pada Lifting eyes 1-6 dan Bracket 6443/048</i>	95
Gambar 4.86. <i>Displacement pada Lifting eyes 1-6 dan Bracket 6443/048</i>	96
Gambar 4.87. <i>Strain pada Lifting eyes 1-6 dan Bracket 6443/048</i>	97
Gambar 4.88. <i>Factor of safety pada Lifting eyes 1-6 dan Bracket 6443/048</i>	98
Gambar 4.89. <i>Stress pada Lifting eyes 1-6 dan Bracket 6443/048</i>	99
Gambar 4.90. <i>Displacement pada Lifting eyes 1-6 dan Bracket 6443/048</i>	100
Gambar 4.91. <i>Strain pada Lifting eyes 1-6 dan Bracket 6443/048</i>	101
Gambar 4.92. <i>Factor of safety pada Lifting eyes 1-6 dan Bracket 6443/048</i>	102
Gambar 4.93. <i>Stress pada Lifting eyes 1-12 dan Bracket 6443/046</i>	103
Gambar 4.94. <i>Displacement pada Lifting eyes 1-12 dan Bracket 6443/046</i>	104
Gambar 4.95. <i>Strain pada Lifting eyes 1-12 dan Bracket 6443/046</i>	105
Gambar 4.96. <i>Factor of safety pada Lifting eyes 1-12 dan Bracket 6443/046</i>	106
Gambar 4.97. <i>Stress pada Lifting eyes 1-12 dan Bracket 6443/046</i>	107
Gambar 4.98. <i>Displacement pada Lifting eyes 1-12 dan Bracket 6443/046</i>	108
Gambar 4.99. <i>Strain pada Lifting eyes 1-12 dan Bracket 6443/046</i>	109
Gambar 4.100. <i>Factor of safety pada Lifting eyes 1-12 dan Bracket 6443/046</i>	110
Gambar 4.101. <i>Stress pada Lifting eyes 1-12 dan Bracket 6443/046</i>	111
Gambar 4.102. <i>Displacement pada Lifting eyes 1-12 dan Bracket 6443/046</i>	112
Gambar 4.103. <i>Strain pada Lifting eyes 1-12 dan Bracket 6443/046</i>	113
Gambar 4.104. <i>Factor of safety pada Lifting eyes 1-12 dan Bracket 6443/046</i>	114
Gambar 4.105. <i>Stress pada Lifting eyes 1-12 dan Bracket 6443/046</i>	115
Gambar 4.106. <i>Displacement pada Lifting eyes 1-12 dan Bracket 6443/046</i>	116
Gambar 4.107. <i>Strain pada Lifting eyes 1-12 dan Bracket 6443/046</i>	117
Gambar 4.108. <i>Factor of safety pada Lifting eyes 1-12 dan Bracket 6443/046</i>	118
Gambar 4.109. <i>Stress pada Lifting eyes 1-6 dan Bracket 6443/048</i>	119
Gambar 4.110. <i>Displacement pada Lifting eyes 1-6 dan Bracket 6443/048</i>	120
Gambar 4.111. <i>Strain pada Lifting eyes 1-6 dan Bracket 6443/048</i>	121
Gambar 4.112. <i>Factor of safety pada Lifting eyes 1-6 dan Bracket 6443/048</i>	122
Gambar 4.113. <i>Stress pada Lifting eyes 1-6 dan Bracket 6443/048</i>	123
Gambar 4.114. <i>Displacement pada Lifting eyes 1-6 dan Bracket 6443/048</i>	124
Gambar 4.115. <i>Strain pada Lifting eyes 1-6 dan Bracket 6443/048</i>	125
Gambar 4.116. <i>Factor of safety pada Lifting eyes 1-6 dan Bracket 6443/048</i>	126
Gambar 4.117. <i>Tegangan dan Displacement</i>	127
Gambar 4.118. <i>Regangan dan Factor of Safety</i>	127
Gambar 4.119. <i>Tegangan dan Displacement</i>	128
Gambar 4.120. <i>Regangan dan Factor of Safety</i>	129

Gambar 4.121. Tegangan dan <i>Displacement</i>	130
Gambar 4.122. Regangan dan <i>Factor of Safety</i>	130
Gambar 4.123. Tegangan dan <i>Displacement</i>	131
Gambar 4.124. Regangan dan <i>Factor of Safety</i>	132
Gambar 4.125. Tegangan dan <i>Displacement</i>	133
Gambar 4.126. Regangan dan <i>Factor of Safety</i>	133
Gambar 4.127. Tegangan dan <i>Displacement</i>	134
Gambar 4.128. Regangan dan <i>Factor of Safety</i>	134
Gambar 4.129. Tegangan dan <i>Displacement</i>	135
Gambar 4.130. Regangan dan <i>Factor of Safety</i>	135
Gambar 4.131. Tegangan dan <i>Displacement</i>	136
Gambar 4.132. Regangan dan <i>Factor of Safety</i>	137
Gambar 4.133. <i>Lifting Equipment Frame</i> 25 Kondisi <i>Block</i> Masih Terbalik.....	140
Gambar 4.134. <i>Lifting Equipment Frame</i> 30 Kondisi <i>Block</i> Masih Terbalik.....	140
Gambar 4.135. <i>Lifting Equipment Frame</i> 25 Kondisi <i>Block</i> Sudah Dibalik.....	141
Gambar 4.136. <i>Lifting Equipment Frame</i> 25 Kondisi <i>Block</i> Sudah Dibalik.....	141
Gambar 4.137. <i>Lifting Equipment Hanging</i> Kondisi <i>Block</i> Menggantung.....	142
Gambar 4.138. <i>Lifting Clearance</i> pada Saat <i>Lifting</i>	143
Gambar 4.139. <i>Lifting Clearance</i> pada Saat <i>Turning</i>	143
Gambar 4.140. Langkah 1 Pengangkatan <i>Block</i>	144
Gambar 4.141. Langkah 2 Pembalikan <i>Block</i>	145
Gambar 4.142. Langkah 3 <i>Hanging</i>	145
Gambar 4.143. Langkah 4 Pembalikan <i>Block</i>	146
Gambar 4.144. Langkah 5 <i>Block</i> Sudah Terbalik dan Diangkat Normal.....	147

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. <i>Lifting eyes Dimension Type 1</i>	10
Tabel 2.2. <i>Lifting eyes Dimension Type 2</i>	11
Tabel 2.3. <i>Lifting eyes Dimension Type 3</i>	11
Tabel 2.4. <i>Lifting eyes Dimension Type 4</i>	12
Tabel 4.1. Properties ASTM 36 Steel.....	32
Tabel 4.2. <i>Sling Catalogue</i>	39
Tabel 4.3. <i>Shackles Catalogue</i>	41
Tabel 4.4. <i>Lifting eyes Dimension Type 1</i>	42
Tabel 4.5. <i>Lifting eyes Dimension Type 1</i>	43
Tabel 4.6. Hasil Simulasi pada <i>Lifting Eyes</i> dan <i>Bracket</i> Variasi 1 dan 2	127
Tabel 4.7. Hasil Simulasi pada <i>Lifting Eyes</i> dan <i>Bracket</i> Variasi 1 dan 2	128
Tabel 4.8. Hasil Simulasi pada <i>Lifting Eyes</i> dan <i>Bracket</i> Variasi 1 dan 2	130
Tabel 4.9. Hasil Simulasi pada <i>Lifting Eyes</i> dan <i>Bracket</i> Variasi 1 dan 2	131
Tabel 4.10. Hasil Simulasi pada <i>Lifting Eyes</i> dan <i>Bracket</i> Variasi 1 dan 2	132
Tabel 4.11. Hasil Simulasi pada <i>Lifting Eyes</i> dan <i>Bracket</i> Variasi 1 dan 2	134
Tabel 4.12. Hasil Simulasi pada <i>Lifting Eyes</i> dan <i>Bracket</i> Variasi 1 dan 2	135
Tabel 4.13. Hasil Simulasi pada <i>Lifting Eyes</i> dan <i>Bracket</i> Variasi 1 dan 2	136

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan perkembangan dunia industri yang semakin pesat, ketepatan waktu serta mutu terjamin merupakan suatu pertimbangan yang sangat penting dan harus dipenuhi dalam dunia industri, termasuk dalam industri perkapalan khususnya bangunan baru. industri perkapalan, dalam hal ini galangan kapal dituntut untuk melakukan proses produksi kapal dengan cepat, tepat, aman, dan efisien. Sehingga dalam pembangunan kapal yang kompleks, banyak galangan di Indonesia saat ini menggunakan sistem *block*, dimana konstruksi masing-masing *block* yang telah direncanakan dapat dibangun dalam waktu yang bersamaan dan dilakukan ditempat yang terpisah sehingga nantinya digabung menjadi satu kesatuan badan kapal setelah masing-masing *block* telah selesai dibangun. Sistem *block* sendiri direncanakan agar memudahkan serta mempercepat proses pembangunan kapal. Pada tahap *assembly*, panel yang akan dibentuk diletakkan diatas jig dan dikerjakan secara terbalik untuk mengurangi pengelasan *overhead* yang dapat berakibat *incomplete penetration*. Pengerjaan seperti itu juga memakan waktu dan tidak efisien. Dengan digunakannya pembangunan menggunakan metode tersebut, maka dibutuhkan alat untuk membalik kembali serta mengangkat sebuah *block* untuk dilakukan tahap penyambungan *block* menjadi satu kesatuan badan kapal.

Pada tahap penyambungan *block*, *block-block* kapal yang telah dibangun akan dipindahkan dari bengkel *assembly* menuju bengkel *erection* untuk digabung menjadi satu kesatuan kapal, sehingga dibutuhkan *crane* sebagai alat untuk mengangkat (*lifting*) dan membalik (*turning*) *block*. Pada perencanaan *Lifting* serta *turning* sendiri membutuhkan beberapa *equipment* berupa *lifting eyes* yaitu sebuah kupingan yang berfungsi sebagai penghubung antara *block* dengan *sling*, dimana *sling* akan menghubungkan *block* dengan *crane*, serta *shackles* yang merupakan penghubung antara *lifting eyes* dengan *sling*. Pemilihan serta peletakan *Lifting equipment* harus direncanakan dengan matang. Pemilihan dari *type lifting eyes* berdasarkan berat dari *block* yang telah direncanakan, sedangkan untuk peletakan dari *lifting eyes* direncanakan berdasarkan *lift point block*. Selain itu, perlu diperhatikan sudut dari perencanaan *sling* untuk mengetahui panjang *sling* yang dibutuhkan sehingga dapat mengetahui apakah *block* dapat diangkat dengan jarak yang aman dari baseline (*clearance*), serta penunjang lainnya yang dimiliki oleh galangan sehingga *block* dapat diangkat dan dibalik dengan jarak yang aman menggunakan *crane*.

Dalam pembangunannya, kapal cepat rudal (KCR) 60 meter ini menggunakan metode sistem *block* sehingga dapat dilakukan perencanaan *lifting* serta *turning* pada *block* secara tepat pada kapal KCR 60 meter untuk tahap *erection*. Akan tetapi, masih banyak galangan kapal di Indonesia yang kurang memaksimalkan pekerjaan sistem *block*, termasuk pekerjaan *lifting*, dimana salah satunya dikarenakan perencanaan kurang matang serta pengerjaannya yang belum memenuhi *standart* kerja. Pada pekerjaan *lifting* maupun *turning* berfokus pada pemasangan *lifting eyes* untuk mengurangi *stress*, dimana pekerjaan ini juga harus memperhatikan *lifting equipment* lainnya untuk dihubungkan dengan *crane*, sehingga pada keadaan *lifting*

maupun *turning*, *block* dapat dibalik maupun diangkat dengan jarak yang aman terhadap *baseline*. Oleh karena itu penulis mengambil Tugas Akhir dengan judul “Analisa Perancangan Sistem dan Peralatan untuk Pengangkatan dan Pembalikan *Block SS1A* Kapal Cepat Rudal 60 Meter” yang bertujuan menganalisa perencanaan *lifting equipment* yang optimum serta menentukan SOP dengan tepat yang digunakan untuk melakukan operasional dari *lifting* serta *turning* agar mengurangi resiko bahaya pada saat proses pekerjaan berlangsung.

1.2 Perumusan Masalah

Rumusan masalah sebagai bahan pembahasan dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana tahapan perancangan *lifting equipment* pada pekerjaan pengangkatan dan pembalikan pada *block SS1A* kapal KCR 60 meter?
2. Bagaimana cara memperkirakan *block* dapat diangkat dan dibalik dengan sempurna dengan jarak angkat terbatas?
3. Bagaimana hasil simulasi pengujian terhadap kekuatan *lifting eyes* dengan variasi pemasangan yang diberikan?
4. Bagaimana langkah-langkah yang harus dilakukan untuk proses pengangkatan dan pembalikan pada *block SS1A* kapal KCR 60 meter yang baik, aman dan efisien ?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dibuat agar lingkup penelitian ini lebih fokus yaitu :

1. *Block* yang akan direncanakan serta dianalisa yaitu *block SS1A* pada Kapal Cepat Rudal 60 meter yang dibangun di PT. PAL Indonesia
2. *Block* diangkat dan dibalik dengan merencanakan *lifting equipment*
3. Jarak dari permukaan tanah menuju *hook* yaitu 15 meter
4. Dilakukan variasi pemasangan serta simulasi hanya untuk mengetahui kekuatan *lifting eyes* pada saat membalik maupun mengangkat *block*.
5. Tidak dilakukan analisa pengelasan serta pengaruh angin terhadap proses pengangkatan *block*.
6. Masalah ekonomis tidak dibahas dan dihitung dalam tugas akhir ini.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan perancangan *lifting equipment* pada pekerjaan *lifting* dan *turning* pada *block SS1A* secara tepat.
2. Merencanakan *block* dapat diangkat dan dibalik dengan sempurna dengan jarak angkat terbatas menggunakan *lifting equipment*.
3. Mengetahui kekuatan *lifting eyes* dengan variasi pemasangan yang diberikan sehingga mendapatkan perencanaan yang optimum.
4. Mengetahui SOP yang perlu dilakukan serta memaksimalkan semua faktor produksi dalam perencanaan proses pengangkatan dan pembalikan *block*.

1.5 Manfaat

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui tahapan dalam pembangunan kapal khususnya proses *lifting* dan *turning*
2. Dapat merancang dengan tepat pemilihan dan konfigurasi *lifting equipment* dengan baik dan tepat
3. Sebagai referensi teknis untuk pekerjaan proses *lifting* maupun *turning* pada pembangunan kapal baru yang aman
4. Merekomendasikan serta dapat menjadi acuan teknis pada saat pekerjaan *lifting* dan *turning* yang baik, aman, dan efisien.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Konsep Dasar Teknologi Produksi Kapal

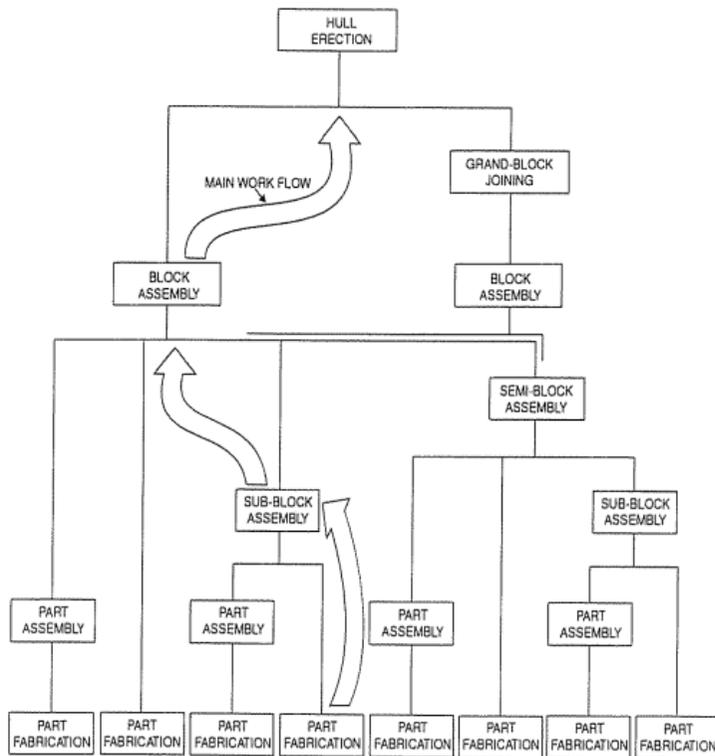
Menurut Chirillo (1983), perkembangan teknologi produksi kapal menjadi empat tahapan, berdasarkan teknologi yang digunakan dalam proses pengerjaan lambung dan *outfitting*. Adapun tahapan sebagai berikut:

A. *Conventional Hull Construction dan Outfitting*

Tahapan pertama ini, diberi nama tahapan sistem/tradisional karena pekerjaan dipusatkan pada masing-masing sistem fungsional yang ada di kapal. Kapal direncanakan dan dibangun sebagai suatu sistem. Pertama lunas diletakkan, kemudian gading-gadingnya dipasang dikulitnya. Bila badan kapal hampir selesai dirakit pekerjaan *outfitting* dimulai. Pekerjaan *outfitting* direncanakan dan dikerjakan sistem demi sistem, seperti pemasangan ventilasi, sistem pipa, listrik dan mesin. Metode ini merupakan metode yang paling konvensional dengan tingkat produktifitas masih sangat rendah, karena semua lingkup pekerjaan dilakukan secara berurutan dan saling ketergantungan satu sama lain sehingga membutuhkan waktu yang sangat lama. Mutu hasil pekerjaan sangat rendah karena hampir seluruh pekerjaan dilakukan secara manual di *building berth*, kondisi tempat kerja kurang mendukung dari segi keamanan, kenyamanan, dan kemudahan/posisi kerja. Pengorganisasian pekerjaan sistem demi sistem seperti ini merupakan halangan untuk mencapai produktifitas yang tinggi. Mengatur dan mengawasi pekerjaan pembuatan kapal menggunakan ratusan pekerja adalah sukar. Kegagalan seorang pekerja menyelesaikan suatu pekerjaan yang diperlukan oleh pekerja lain sering mengakibatkan "overtime" untuk pekerja tersebut, dan *idleness* bagi pekerja yang lain. Selain itu, hampir semua aktivitas produksi dikerjakan di-*building berth* pada posisi yang relative sulit. Semua keadaan di atas pada prinsipnya sangat menghalangi usaha-usaha untuk menaikkan produktifitas.

B. *Hull block Construction Method dan Pre Outfitting*

Tahapan ini, dimulai dengan digunakannya teknologi pengelasan pada pembuatan kapal. Proses pembuatan badan kapal kemudian menjadi proses pembuatan blok-blok atau seksi-seksi di las, seperti seksi geladak dan kulit dan lain-lain, yang kemudian dirakit menjadi badan kapal. Perubahan ini diikuti dengan perubahan pekerjaan *outfitting*, dimana pekerjaan ini dapat dikerjakan pada blok dan pada badan kapal yang sudah jadi. Perubahan ini dikenal dengan *pre-outfitting*. Tahapan kedua ini masih dipertimbangkan tradisional, karena design, *material definition* dan *procurement* masih dikerjakan sistem demi sistem. Sedang proses produksinya diorganisasi berdasarkan *zone* atau *block*, sehingga tahapan ini juga dikenal sebagai "*sistem/stage*". Karena adanya dua aspek yang bertentangan antara perencanaan dan pengerjaannya, banyak kesempatan untuk perbaikan produktifitas masih tidak dapat dilakukan. Berikut tahapan pembuatan kapal berdasarkan metode *Hull block Construction Method* (HBCM).



Gambar 2.1. Hull Block Construction Method (HBCM) Manufacturing Level

C. Full Outfitting block System (FOBS)

Tahapan berikutnya diberi nama *zone/area/stage*. Kebanyakan galangan di Jepang dan Eropa menggunakan sistem ini. Evolusi dari teknologi pembangunan kapal moderen dari metode tradisional dimulai pada tahapan ini. Tahapan ini ditandai dengan *process lane construction* dan *zone outfitting*, yang merupakan aplikasi group teknologi (GT) pada *hull construction* dan *outfitting work*. GT adalah suatu metode analitis untuk secara sistematis menghasilkan produk dalam kelompok-kelompok yang mempunyai kesamaan dalam perencanaan maupun proses produksinya. *Process lane* dari segi praktis adalah suatu seri *work station* (bengkel) yang dilengkapi dengan fasilitas produksi (mesin, peralatan dan tenaga kerja dengan keahlian tertentu) untuk membuat satu kelompok produk yang mempunyai kesamaan dalam proses produksinya. Suatu contoh pengelompokan adalah sebagai berikut: pertama adalah *process lane* untuk *subassembly* bentuk datar, kurva dan bentuk kompleks. Dengan pengelompokan seperti ini, berarti galangan mengelompokkan proses produksi berdasarkan kesamaan proses produksi, yang memungkinkan pekerja berpengalaman mengerjakan-pekerjaan di bengkel kerja. Ini adalah suatu faktor yang penting untuk mencapai produktifitas tinggi. *Zone outfitting* adalah teknologi kedua yang membedakan tahapan ini dengan metode tradisional. Istilah *zone outfitting* berarti membagi

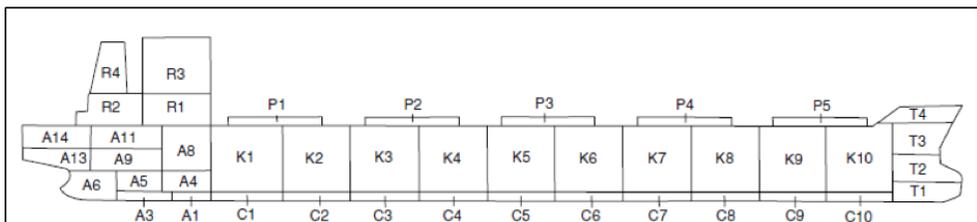
pekerjaan ini menjadi *region/zone*, tidak berdasarkan sistem fungsionalnya. Karakteristik berikutnya dari metode ini adalah dibaginya pekerjaan *outfitting* menjadi tiga *stage* atau tahap, ialah *on-unit*, *on-block*, dan *on-board* (Lamb.T,1985) dan (Storch,dkk,1995). Galangan moderen secara sistematis berusaha meminimalkan pekerjaan *outfitting on-board*.

D. *Integrated Hull Construction, Outfitting and Painting (IHOP)*

Tahapan keempat ini merupakan teknologi yang paling mutakhir dalam pembangunan kapal, dimana proses pembuatan badan kapal (*hull construction*) sudah terintegrasi secara maksimal dengan pekerjaan perlengkapan kapal (*outfitting*) dan pengecatan (*painting*) pada setiap *zone/stage*. Teknologi ini merupakan pengembangan dari teknologi produksi tahap ketiga, dengan semakin sempurnanya standart-standart kerja dan semakin konsistennya proses produksi. Teknologi IHOP mensyaratkan satu *build strategy* yang matang serta kemampuan *planning* dan *scheduling* yang sangat tinggi dan rasional, berdasarkan kondisi potensi sumber daya galangan yang ada. Pada tahap ini, *accuracy control* bukan hanya mutlak dilaksanakan secara sempurna dan menyeluruh, tetapi juga menuntut kesempurnaan *design engineering* dan standar-standar kerjanya. Dengan demikian kegiatan produksi berlangsung secara konsisten dan sempurna, dengan tingkat kesalahan sangatlah kecil.

2.2. *Block Division*

Block division merupakan pembagian badan kapal secara keseluruhan menjadi beberapa bagian/*block* yang nanti akan menentukan pekerjaan pembangunan kapal dengan tujuan untuk mempercepat proses pembangunan kapal. Dengan adanya pembagian kapal menjadi beberapa *block*, *block* dapat dikerjakan secara bersamaan lalu digabungkan menjadi satu kesatuan badan kapal. Perencanaan pembagian *block* merupakan tahapan yang penting dalam desain pembuatan struktur lambung kapal. Faktor yang menentukan dalam jumlah pembagian *block* yaitu kondisi galangan, kapasitas *crane*, pembatasan dimensi (*scantling restrictions*), pengadaan *material* (panjang plat, *production line*, *delivery of material*), konstruksi kapal, kesesuaian produksi yang mempermudah pengelasan, kekuatan *block* untuk diangkat dan diangkut (*transport and lifting*).



Gambar 2.2. *Block Division*

2.3. Pengangkatan (*Lifting*) dan Pembalikan (*Turning*) Block

Pada proses pekerjaan, terdapat 2 metode pekerjaan menggunakan pesawat angkat, antara lain *lifting* dan *turning*. *Lifting* merupakan suatu proses pengangkatan *block* kapal secara normal baik pengangkatan secara *horizontal* maupun *vertical* pada saat proses *erection* (penggabungan badan kapal). Sedangkan *turning* merupakan suatu proses pembalikan pada *block* kapal sebelum dilakukannya pengangkatan *block* kapal pada tahap *erection*. Proses pekerjaan *lifting* maupun *turning* ini ditentukan pada saat pekerjaan yang dilakukan pada tahap *assembly* dikarenakan untuk mempermudah proses pembangunan *block*. *turning* dilakukan apabila *block* yang akan dibangun memiliki konstruksi yang kompleks sehingga pembangunan *block* dimulai pada bagian *deck* terlebih dahulu dimana konsekuensinya yaitu pengerjaan *block* terbalik, sehingga perlu dilakukan pembalikan *block* terlebih dahulu sebelum dilakukan proses *lifting*. Sementara itu, apabila *block* kapal yang dibangun memiliki konstruksi yang tidak kompleks dan dapat dilakukan dengan normal, maka untuk menuju tahap *erection* hanya perlu dilakukan proses *lifting*. Pada proses pekerjaan *turning*, terdapat *hanging*. *hanging* merupakan bagian dari proses pembalikan *block* dimana *block* disiapkan menggantung untuk dilakukan pembalikan berdasarkan perancangan dari *lifting eyes* yang telah direncanakan. Berikut merupakan salah satu proses *lifting* dan *turning* pada *block* kapal yang ada pada gambar 2.3 dan gambar 2.4.



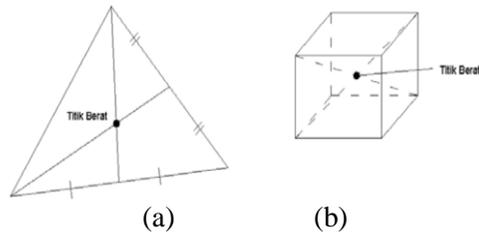
Gambar 2.3. Proses *Lifting* pada *block* Kapal



Gambar 2.4. Proses *Turning* pada *block* Kapal

2.4. Berat dan Titik Berat

Semua benda di bumi mempunyai berat. Berat suatu benda dapat dianggap terkonsentrasi pada satu titik yang disebut pusat gravitasi atau titik berat. Pada titik berat ini gaya-gaya yang bekerja menghasilkan momen gaya sama dengan nol. Karena itulah benda yang ditumpu pada titik beratnya akan berada dalam keseimbangan statik. Dengan kata lain titik berat adalah titik tangkap dari semua gaya yang bekerja. (Mustadjab,2008). Pada gambar 2.5 (a), titik berat benda segitiga adalah perpotongan antara garis berat segitiga tersebut. Demikian pula pada gambar 2.5 (b), dimana titik berat kubus adalah titik potong antara diagonal ruang kubus.



Gambar 2.5. Titik Berat Segitiga (a) dan Kubus (b)

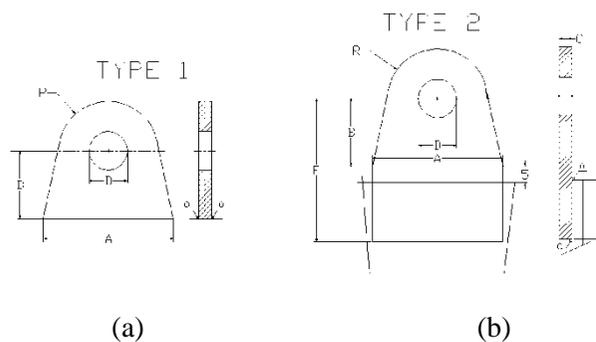
Dalam hal ini, sebuah *block* memiliki berat dan titik berat yang ditentukan oleh konstruksi dari *block* itu sendiri, dimana bahan dan jumlah material juga menentukan dikarenakan setiap material memiliki berat jenis yang berbeda. Pada sebuah *block* terdapat berbagai jenis konstruksi seperti *frame*, *girder*, *pilar*, *deck*, *bulkhead*, *stiffener*, *wrang*, *girder*, *longitudinal*, *bracket*, *shell* dan beberapa konstruksi lainnya, serta ditambah beberapa komoditas ataupun sistem seperti pipa, *valve*, tanki, tangga, pintu dan lain-lain. Semakin kompleks pembangunan *block* dalam tahap *assembly*, maka berat dan titik berat perlu direncanakan dengan tepat dan seksama dikarenakan dalam menentukan berat dan titik berat *block* kapal harus mengetahui berat dan titik berat masing-masing komponen yang telah direncanakan dalam pembuatan *block* kapal. Titik berat ataupun titik keseimbangan lebih dikenal dengan COG (*Center of Gravity*)

2.5. Lifting Equipment

Lifting equipment merupakan kumpulan berbagai peralatan kerja yang berfungsi untuk mengangkat dan menurunkan beban, dan termasuk aksesoris apa pun yang digunakan untuk *support*, menompang, Manahan, serta memperbaiki pada saat pekerjaan pengangkatan dilakukan. Pada perencanaan pengangkatan dan pembalikan *block*, berikut *lifting equipment* yang dibutuhkan antara lain:

2.5.1. Lifting Eyes

Lifting eyes merupakan salah satu *lifting equipment* yang sangat penting dalam proses *lifting* maupun *turning*. Dimana *lifting eyes* berfungsi sebagai penghubung antara beban utama yang akan diangkat dengan *shackles* yang akan dihubungkan pada tali (*sling*) untuk diangkat menggunakan pesawat angkat (Sejati, 2014, p.15). *Lifting eyes* sendiri direncanakan bertujuan agar mempermudah *block* dapat diangkat dengan baik menggunakan *crane* dengan seimbang dan stabil agar meminimalisir *deformation*. Maka dari itu, perencanaan jumlah maupun peletakan dari *lifting eyes* didasarkan dari berat serta titik berat (COG) dari *block* yang telah dibangun. Berikut adalah *type* serta dimensi dari *lifting eyes* menurut standart DAMEN :



Gambar 2.6. *Lifting eyes* (a) *Type 1* (b) *Type 2*

Lifting eyes dengan *type 1* dan *type 2* merupakan *lifting eyes* yang digunakan pada proses pengangkatan dengan beban pada masing-masing *lifting eyes* kurang dari 12 Ton. Perbedaan antara *type 1* & 2 adalah pada pemasangan terhadap konstruksi *block*. Untuk penentuan dimensi dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1. *Lifting eyes Dimension Type 1*

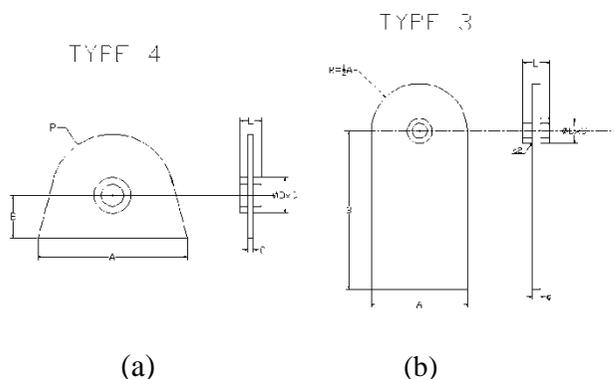
TYPE NO	Working Load (T)	Plate Dimension					Throat Of The Weld (mm)	Weight (Kg)	Art No
		A (mm)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	R (mm)			
1-1	1	80	60	12	30	30	3	0.47	6443/055
1-2	3.25	150	80	16	30	45	4	1.21	6443/056
1-6	6.5	200	80	16	30	60	4	2.53	6443/053
1-12	12	250	120	20	40	75	7	5.4	6443/054

Lifting eyes type 2 biasanya digunakan apabila penempatan tidak berada pada *strong point area*. Misalnya pada *deck* yang dibawahnya tidak ada *frame* ataupun penguat lainnya. Pemasangannya menembus pada *deck* karena tidak adanya penguat. Untuk penentuan dimensi *Lifting eyes type 2* dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2. *Lifting eyes Dimension Type 2*

TYP E NO	Working Load (T)	Plate Dimension							Throat		
		A (mm)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	E (mm)	R (mm)	O (mm)	Of the Weld	Weight	Art No
2-1	1	80	60	12	30	125	30	55	3	1.49	6443/065
2-3	3.25	150	80	16	30	145	45	55	4	3.75	6443/066
2-6	6.5	200	80	16	30	160	60	70	4	5.92	6443/063
2-12	12	250	120	20	40	220	75	90	7	10.7	6443/064

Untuk pengangkatan dengan beban yang memiliki berat lebih dari 12 ton menggunakan *lifting eyes type 3* dan *type 4*. Dimana *type 3* dan *type 4* sama dengan *type 1* dan *type 2*, yang membedakan adalah beban yang diterima oleh *lifting eyes*.

Gambar 2.7. *Lifting eyes (a) Type 3 (b) Type 4*Tabel 2.3. *Lifting eyes Dimension Type 3*

TYPE NR.	WORKING LOAD NT.	DIMENSION					THROAT E THE WELD a2	MASS IN kg/pc	ART.CODE POS 1	ART.CODE POS 2	ART.CODE ASSEMBLY
		PLATE		PIPE							
		A	B	C	Ø Dxs	L					
3-17	17	190	800	20	108x25	55	5	27	1423/108	2740/101	6443/082
3-25	25	240	800	25	108x25	62	6	44	1423/109	2750/101	6443/083
3-35	40	320	800	30	159x32	80	6	76	1423/162	2760/101	6443/084
3-55	55	370	800	30	159x32	95	8	87	1423/162	2760/101	6443/085
3-85	85	480	1080	30	159x32	115	10	151	1423/162	2760/101	6443/086

Pada *type 3* & *4* lubang pengait *shackles* tidak hanya lubang, tetapi berupa pipa. Hal ini dilakukan untuk menambah kekuatan pada *lifting eyes*. Dikarenakan pembebanan yang diterima oleh *lifting eyes* yang cukup besar. Untuk penentuan dimensi dapat dilihat pada table 2.3. dan tabel 2.4.

Tabel 2.4. *Lifting eyes Dimension Type 4*

TYPE NR.	WORKING LOAD NT.	DIMENSION						T THE WELD a2	MASS IN kg/Dc	ART.CODE POS 1	ART.CODE POS 2	ART.CODE ASSEMBLY
		PLATE			PIPE							
		A	B	C	R	Ø D _o	L					
4-17	17	320	130	20	95	108 x 25	55	5	9	1423/108	2740/101	6443/072
4-25	25	360	130	25	120	108 x 25	62	6	22	1423/109	2740/101	6443/073
4-35	40	520	165	30	160	159 x 32	80	6	32	1423/162	2740/101	6443/074
4-55	55	520	165	30	185	159 x 32	95	8	35	1423/162	2740/101	6443/075
4-85	85	580	165	30	240	159 x 32	115	10	49	1423/162	2740/101	6443/076

Jumlah *lifting eyes* yang akan digunakan pada perancangan proses *lifting* dan *turning* bergantung pada bentuk *block* yang akan diangkat juga pada *lift point block* yang akan diangkat, dimana hal ini bertujuan menjaga keseimbangan *block* pada saat diangkat dan diturunkan. Peletakan *lifting eyes* juga memperhatikan konstruksi terkuat untuk diletakan *lifting eyes* agar meminimalisir defleksi. Sementara itu, perencanaan untuk *turning* berbeda dengan *lifting*, dikarenakan *turning* berupaya untuk membalik *block* sehingga beban yang ditanggung akan berbeda. Untuk pembagian beban pada masing-masing *lifting eyes* dapat dihitung dengan cara :

$$\text{Beban} = \frac{W + (10\%W)}{\mathcal{E} \text{ Lifting Eyes}}$$

Keterangan :

W = Berat *block*

SF = 10%, *Safety margin* diambil untuk mengantisipasi beban *gravity*. *Lifting eyes* dipasang pada *lift point* seperti *bulkhead*, *tranverse section* atau *longitudinal section*.

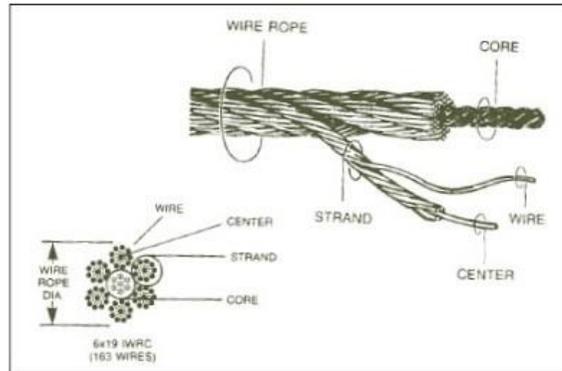
\mathcal{E} *Lifting eyes* = jumlah *lifting eyes* yang direncanakan

2.5.2. *Sling*

Sling merupakan sebuah alat bantu angkat yang menghubungkan benda yang akan diangkat dengan pesawat angkat yang mempunyai nilai SWL besar. Karakteristik dari *sling* dimana pada ujung *sling* dibuat mata sebagai sarana pengait untuk membantu aplikasi pengangkatan. Jenis *sling* yang digunakan di industri perkapalan sebagai berikut:

2.5.2.1. *Wire rope Sling*

Wire rope adalah sebuah tali memanjang dimana komponen terdiri dari *core* atau inti dari tali, kumpulan pilinan kawat-kawan (*strand*), serta kawat-kawat (*wire*) yang matrialnya yaitu baja. *wire rope* memiliki ujung berupa *loops* yang berguna sebagai pengait di kedua ujungnya.



Gambar 2.8. Struktur *Wire rope*

2.5.2.2. *Chain Sling*

Chain sling adalah *sling* yang terdiri dari susunan link rantai yang saling terhubung dengan ujung komponen lain seperti *hook*. *Chain sling* juga terpengaruh oleh kapasitas komponen lain yang melekat padanya



Gambar 2.9. *Chain Sling*

2.5.2.3. *Webbing Sling*

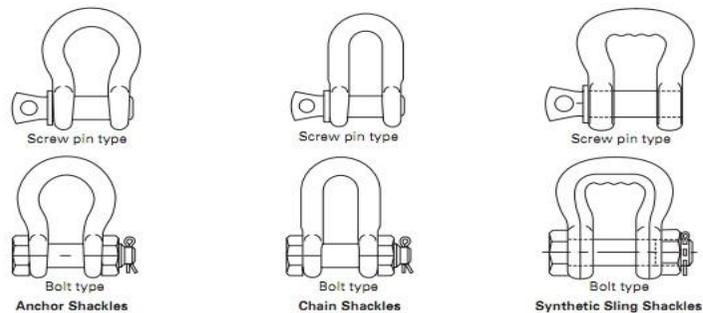
Webbing sling atau yang sering disebut dengan *sling belt* merupakan alat pengganti *wire rope sling* atau *chain sling* dalam aplikasi angkat (*lifting*) dan mengikat (*choker*) *sling belt* memiliki kelebihan yaitu lebih ringan, fleksibel dan tahan karat. *Webbing sling* sangat bermanfaat untuk proses pengangkatan yang tidak bersifat merusak dimana biasanya digunakan untuk pemasangan mesin, as-*propeller*, maupun *propeller* dikarenakan aman, tidak merusak *material* dan tidak mengotori.

Gambar 2.10. *Webbing Sling*

2.5.3. *Shackle*

Shackle/segel digunakan dalam proses pengangkatan (*lifting*) dan pembalikan (*turning*) benda statis sebagai komponen yang dapat dilepas untuk terhubung dengan *wire rope*, *sling*, dan alat kelengkapan lainnya (Robertson,2014). Berdasarkan ASME section 26-1.1, terdapat beberapa *type shackles*, sebagai berikut:

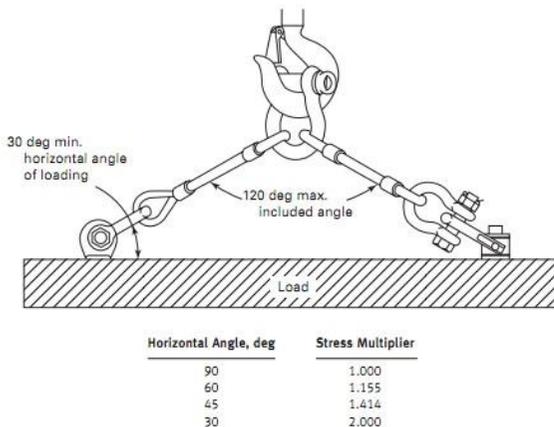
- Body Type* meliputi jangkar, rantai, dan *synthetic sling* (lihat gb2.11)
- Pin Type* meliputi *screw pin* dan *Type baut* (lihat gb 2.11)
- Selain mengacu pada rincian di bab ini *shackles* harus digunakan sesuai dengan rekomendasi *manufacture shackles* atau *surveyor*.

Gambar 2.11. *Type Shackle*

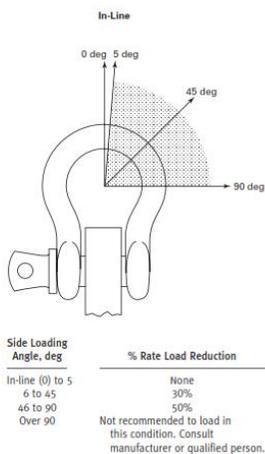
Pemilihan *shackles* berdasarkan pada ASME B30.26-2004, section 26-1.9 sebagai berikut :

- Karakteristik *shackles* yang sesuai dengan *type sling* , beban dan lingkungan dapat di pilih sesuai dengan *shackles* manufaktur data.
- Beban rata-rata pada *shackles* tidak boleh berlebihan.
- Shackle* yang berbahaya tidak dapat digunakan sebelum diperiksa oleh *class*

- d. Sudut pembebanan (*angle load*) mempengaruhi tekanan pada *shackles*. Seperti apabila sudut *horizontal* kecil, maka tekanan pada *shackles* akan naik. Selain itu sudut yang ekstrim pada *shackles* dapat mempengaruhi *rate load reduction*, semakin besar sudut yang diterima *shackles*, semakin berkurang beban yang dapat ditanggung oleh *shackles* sesuai pada gambar 2.12.



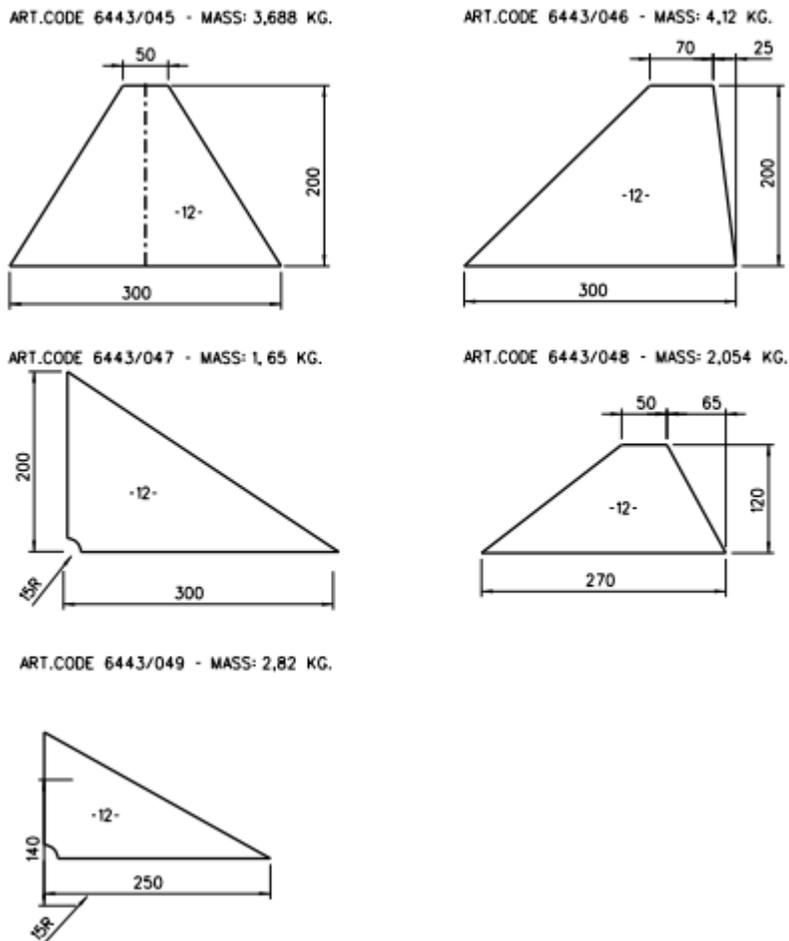
Gambar 2.12. *Angle of Loading (Shackle)*



Gambar 2.13. *Rate Load Reduction*

2.5.4. Bracket

Bracket merupakan sebuah pelat siku yang berfungsi sebagai penguat sambungan antara dua elemen konstruksi. Pada proses *lifting* maupun *turing*, *bracket* digunakan sebagai penguat sambungan antara *lifting eyes* dengan *block* yang akan diangkat (*plate for hoisting plate*). Berdasarkan DAMEN, terdapat beberapa *Type bracket* yang memiliki fungsi berbeda-beda.



Gambar2.14. *Plate for Hoisting*

2.5.4.1. Bracket Art.Code 6444/045

Bracket ini biasanya digunakan pada *lifting eyes* yang menggunakan sudut 90° dan diletakan pada *center line*.

2.5.4.2. Bracket Art.Code 6444/046

Bracket ini biasanya digunakan pada *lifting eyes* yang menggunakan sudut miring ($<90^\circ$) dan pada *lifting eyes* yang memiliki nilai ketebalan besar.

2.5.4.3. Bracket Art.Code 6444/047

Bracket ini biasanya digunakan pada *lifting eyes* yang menggunakan sudut 90° dan dipasang diapit dengan *lifting eyes* (siku tegak lurus terhadap sisi *lifting eyes*).

2.5.4.4. Bracket Art.Code 6444/048

Bracket ini biasanya digunakan pada *Lifting eyes* yang menggunakan sudut miring ($<90^\circ$) dimana dipasang diapit dengan *lifting eyes*. *Bracket* ini digunakan pada *lifting eyes* yang memiliki nilai ketebalan tidak terlalu besar.

2.5.4.5. Bracket Art.Code 6444/049

Bracket ini biasanya digunakan pada *lifting eyes* yang menggunakan sudut 90° dan dipasang diapit dengan *lifting eyes* (siku tegak lurus terhadap sisi *lifting eyes*). *Bracket* ini digunakan pada *lifting eyes* yang memiliki nilai ketebalan tidak terlalu besar.

2.5.5. Stopper

Perencanaan *lifting* maupun *turning* bertujuan agar deformasi diminimalisir. Pada saat pekerjaan *turning*, *lifting eyes* direncanakan pada sisi yang ingin dibalik hingga *sling* menyatu dengan *hook*. Pada saat *turning* dilakukan, terjadi kontak antara *sling* dengan sisi kulit *block* yang ingin dibalik, dengan beban yang diterima oleh *block*, *sling* akan melukai sisi plat yang bergesekan langsung dengan *sling*, maka dari itu, dibutuhkan *stopper* sebagai media bantalan agar sisi plat dan *sling* tidak terjadi kontak secara langsung. Stopper berupa profil L yang dilas pada sisi kulit yang yang berhubungan langsung dengan *lifting equipment*. Dengan adanya *stopper* dapat meminimalisir terjadinya gesekan yang berlebih.

2.5.6. Crane

Crane merupakan suatu alat pesawat angkat yang digunakan sebagai perangkat pengangkat dan pemindah suatu material yang bekerja dengan prinsip kerja tali dimana mengangkat serta menurunkan muatan secara vertikal dan bergerak searah *horizontal* ke tempat yang telah ditentukan dengan berat muatan yang telah ditentukan. Terdapat beberapa jenis *crane*, yaitu *gantry crane*, *mobile crane*, *crawler crane*, *tower crane*, *hidraulic crane*, *jip crane*, dan *hoist crane*. Dari berbagai jenis *crane* yang tersedia, pemilihan jenis *crane* ditentukan oleh kebutuhan kerja angkat dan kondisi yang ada dimana dipilih sesuai dengan kondisi dan penggunaannya mana yang lebih efisien. Pada perencanaannya dimana kapal cepat rudal 60 meter dibangun pada *hall indoor*, sehingga *crane* yang digunakan yaitu *crane* dengan *type overhead crane*. *Crane* ini terdiri dari landasan pacu paralel yang memiliki struktur seperti jembatan yang ditumpu oleh roda yang menjalar melintasi sepanjang rel.



Gambar 2.15. *Overhead Crane*

2.6. Tegangan (*Stress*)

Tegangan timbul akibat adanya gaya yang bekerja (tekan, Tarik, bengkok) pada sebuah benda menyebabkan benda itu mengalami perubahan bentuk. Tegangan sendiri memiliki satuan N.m⁻² atau Pascal (Pa). Nilai dari tegangan dipengaruhi oleh dua faktor, gaya dan luas penampang. Semakin besar gaya dan semakin kecil luas penampang benda semakin besar juga tegangan yang diberikan. Dapat diketahui juga bahwa semakin besar tegangan yang diterima pada suatu permukaan dengan nilai gaya yang konstan, maka semakin sempit luasan pada suatu permukaan benda. Tegangan dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Tegangan} = \frac{\text{Gaya}}{\text{Luas penampang}} \text{ atau } \sigma = \frac{F}{A}$$

Menurut Frederik (2006), selain itu, tegangan dapat dikelompokkan menjadi:

A. Tegangan Normal

Tegangan normal yaitu intensitas gaya normal per unit luasan. Tegangan normal dibedakan menjadi tegangan normal tekan atau kompresidan tegangan normal tarik. apabila gaya-gaya dikenakan pada ujung-ujung batang sedemikian rupa sehingga batang dalam kondisi tertarik, maka terjadi tegangan tarik pada batang, jika batang dalam kondisitertekan maka terjadi tegangan tekan.

B. Tegangan Geser

Tegangan geser adalah gaya yang bekerja pada benda sejajar dengan penampang.

C. Tegangan Volume

Tegangan volume adalah gaya yang bekerja pada suatu benda yang menyebabkan terjadinya perubahan volume pada benda tersebut tetapi tidak menyebabkan bentuk benda berubah.

2.7. Regangan (*Strain*)

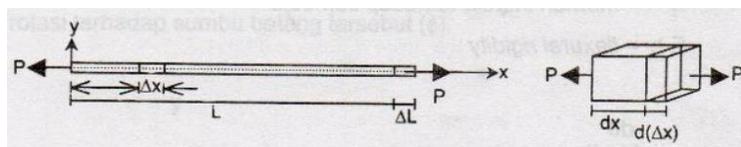
Perubahan relatif dalam ukuran atau bentuk suatu benda karena pemakaian tegangan disebut *regangan (strain)*. Regangan adalah suatu besaran yang tidak memiliki dimensi karena rumusnya yaitu meter per meter. Definisi regangan berdasarkan rumusnya adalah perubahan panjang ΔL dibagi dengan panjang awal benda L . Secara *matematis* dapat ditulis:

$$\text{Regangan} = \frac{\text{pertambahan panjang}}{\text{panjang mula-mula}} \text{ atau } \sigma = \frac{\Delta L}{L_0}$$

bahan-bahan logam biasanya diklasifikasikan sebagai bahan liat (*ductile*) atau bahan rapuh (*brittle*). Bahan liat mempunyai gaya regangan (*tensile strain*) relatif besar sampai dengan titik kerusakan seperti baja atau aluminium. Sedangkan bahan rapuh mempunyai gaya regangan yang relatif kecil sampai dengan titik yang sama. Batas regangan 0,05 sering dipakai untuk garis pemisah diantara kedua kelas bahan ini. Besi cor dan beton merupakan contoh bahan rapuh (Frederick,2006). Menurut *Hook* regangan sebanding dengan tegangannya, dimana yang dimaksud dengan regangan ialah prosentase perubahan dimensi. Tegangan ialah gaya yang menegangkan persatuan luas penampakan yang dikenainya (Soedjo, 1999).

2.8. Displacement

Sebuah benda akan mengalami deformasi apabila diberi gaya tarik. Besarnya deformasi yang terjadi disebut *displacement*. Pada gambar 9. Menunjukkan bahwa sebuah batang mendapat gaya aksial sehingga batang mengalami deformasi dan menimbulkan perpindahan (*displacement*) berupa translasi searah sumbu batang (Δ).



Gambar 2.16. *Displacement*

Displacement sangat ditentukan dari besarnya gaya yang diterima, sehingga menimbulkan perpindahan (*displacement*) berupa translasi vertical maupun horizontal tergantung gaya yang diterima. Untuk mendapatkan nilai *displacement*, rumus sebagai berikut

$$\Delta L = L \times \varepsilon$$

Dimana:

ΔL = Pertambahan panjang (*Displacement*)

L = Regangan (*Strain*)

ε = panjang benda

2.9. FOS (*Factor of Safety*)

Menurut imam (2010), Faktor keamanan adalah faktor yang menunjukkan tingkat kemampuan suatu bahan teknik menerima beban dari luar, yaitu beban tekan maupun tarik. Faktor ini identik dengan perbandingan antara tegangan ijin (*allowable stress*) dengan tegangan terbesar (maksimum *stress*) yang terjadi. *Factor of safety* (FOS) dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$FOS = \frac{F_{fail}}{F_{allow}}$$

Dimana:

FOS = *Factor of Safety*

F_{fail} = *failure load* (N, lbf)

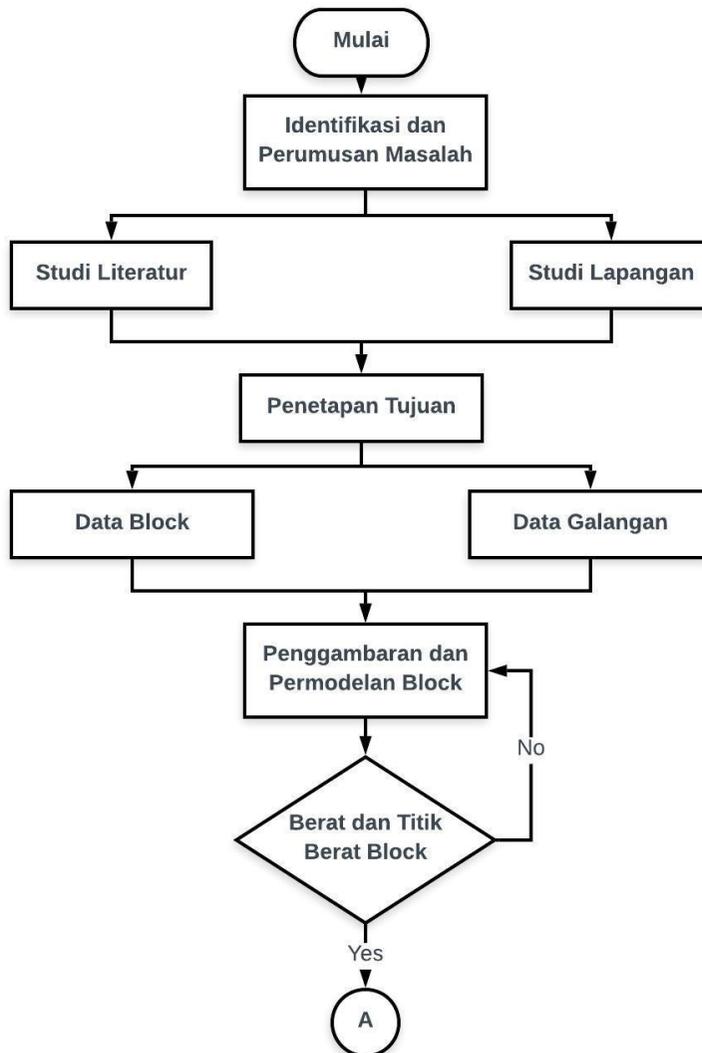
F_{allow} = *allowable load* (N, lbf)

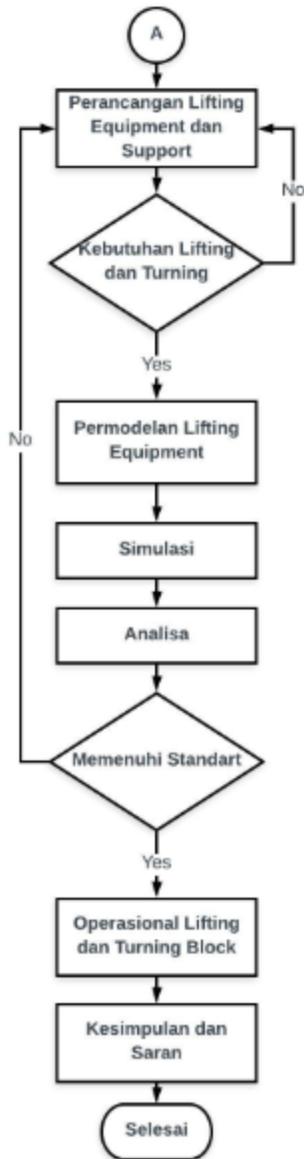
2.10. Solidworks

Perkembangan ilmu dan teknologi semakin pesat, dalam hal ini bidang industri, terbukti saat ini semakin banyak *software* yang mendukung dalam proses pekerjaan industry. Salah satunya yaitu solidworks. SolidWorks merupakan *software* desain berbasis *computer-aided design* (CAD) dan *computer-aided engineering* (CAE) dan FEA (*Finite Element Analysis*) yang diterbitkan oleh Dassault Systèmes. Penggunaan *software solidwork* disini sangat membantu dalam pengerjaan rancang bangun dikarenakan *software* ini tidak hanya sebatas pekerjaan design 2D ataupun 3D dan *assembly*, akan tetapi berlanjut pada tahap analisis serta simulasi. Analisa yang dapat dilakukan solidwork yaitu analisa *static*, frekuensi, *fatigue*, *liner non-linear*, *flow simulation*, *drop test*, thermal dan beberapa analisa lainnya yang sangat membantu dalam tahap perancangan model. Dalam proses pekerjaan *lifting*, dapat merencanakan dengan baik dibantu oleh solidworks, dimana dilakukan permodelan dan simulasi *block* kapal menggunakan *software solidworks*, dimana kita dapat menganalisa *static structural analysis*. *static structural analysis* merupakan analisa struktur yang bertujuan untuk mengetahui batas kemampuan sebuah benda atau bagian dengan *material* tertentu dalam menahan beban yang diberikan secara statis baik tarik, tekan, maupun puntir. Dengan pengangkatan *block*, kita dapat mengetahui kekuatan *lifting eyes* dalam menerima beban yang diterima yaitu *block*. Sehingga kita dapat merencanakan serta menganalisa dengan baik *lifting eyes* yang digunakan.

BAB III METODE PENELITIAN

3.1. Penelitian





Dalam pengerjaan tugas akhir ini, referensi yang akan dipakai sebagai acuan standart sebagai berikut :

- a. Lloyds code for *Lifting Appliances In a Marine Environment*
- b. DAMEN *Standart*
- c. Paper dan jurnal tentang rigging
- d. *Software solidworks*

3.2. Identifikasi dan Perumusan Masalah

Perumusan masalah dilakukan pertama kali agar dalam pengerjaannya, penelitian dapat terarah dan terfokuskan dimana permasalahan yang ada harus dapat dipecahkan sehingga layak untuk dijadikan tugas akhir. Permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini telah dijelaskan pada bab sebelumnya, adalah analisa perancangan *system* dan peralatan untuk pengangkatan dan pembalikan *block SS1A* kapal cepat rudal 60 meter.

3.3. Studi Literatur dan Studi Lapangan

Studi literatur serta studi lapangan dilakukan dengan tujuan memberikan dasar, acuan ataupun wacana bagi penulis dalam menyelesaikan masalah sehingga tercapai tujuan yang sesuai. Studi literatur dilakukan untuk mengumpulkan referensi – referensi yang di dapatkan dari berbagai buku, *guidance*. Selain itu dilakukan studi lapangan yaitu dengan hasil wawancara serta pengamatan di lapangan sesuai kebutuhan.

3.4. Penetapan Tujuan

Setelah dilakukan Studi literatur serta studi lapangan dengan mencari literatur dan teori pendukung, dilakukan penetapan tujuan dalam pengerjaan tugas akhir. Penetapan tujuan dilakukan dengan tujuan untuk untuk mempertajam serta pengerjaan tugas akhir yang akan dikerjakan. Selain itu, penetapan tujuan untuk membatasi atau memfokuskan pada rana pengerjaan tugas akhir.

3.5. Pengumpulan data

Setelah dilakukan penetapan dari tujuan pengerjaan tugas akhir, maka dilakukan pengumpulan kebutuhan penunjang tentang data-data yang dibutuhkan untuk memperlancar dalam proses pengerjaan tugas akhir ini, dan data-datanya di antara lain:

- a. Data kapal cepat rudal 60 meter
- b. *Block division* kapal cepat rudal 60 meter
- c. *Assembly drawing block SS1A*
- d. *Lifting equipment*
- e. Fasilitas *hall indoor* divisi kapal perang

Data – data tersebut diperoleh dari PT.PAL INDONESIA (Persero).

3.6. Identifikasi Data

Untuk menjawab permasalahan yang telah dikemukakan sebelumnya pada pendahuluan, kemudian dilakukan pengumpulan data maka selanjutnya dari data-data yang telah terkumpul akan diolah sesuai dengan metode yang tepat untuk dipakai dalam menjawab permasalahan yang ada. Pada tahap pengolahan data ini dilakukan pengolahan data yaitu:

- a. Permodelan konstruksi *block*.
- b. Perancangan *lifting equipment* dan *support*.
- c. Analisa teknis perencanaan *lifting equipment* dan *support*.
- d. Operasional *lifting* dan *turning*

3.7. Penggambaran dan Permodelan *Block*

Setelah mendapat data *block* SS1A kapal cepat rudal 60 meter, selanjutnya dilakukan pengolahan dengan penggambaran *block* serta dilakukan permodelan *block*. Permodelan *block* dilakukan menggunakan *software solidworks*. Permodelan dilakukan agar mengetahui karakteristik dari *block* yaitu berat dari *block*, serta titik berat *block* sehingga dapat merencanakan *lifting equipment* dengan baik.

3.8. Perancangan *Lifting Equipment*

Setelah mendapatkan data bentuk, konstruksi, berat dan titik berat dari *block*, maka dapat dilanjutkan untuk pengerjaan dalam perancangan *lifting equipment*, dimana perancangan dilakukan dengan merencanakan beberapa variasi pada konfigurasi *lifting equipment* dengan tujuan untuk dianalisa manakah dari variasi yang telah direncanakan paling aman dan efisien berdasarkan *clearance area* pada setiap kondisi yang ada.

3.9. Permodelan dan Simulasi *Lifting Eyes* dan *Bracket*

Permodelan dilakukan juga pada *lifting eyes* dan *bracket*, dimana dilakukan permodelan untuk disimulasi. Permodelan dilakukan menggunakan *software solidworks*. Setelah permodelan *lifting eyes* telah selesai, lalu permodelan disimulasikan untuk dianalisa.

3.10. Analisa Struktur Statis

Setelah dilakukan permodelan menggunakan *solidworks*, maka dilakukan simulasi dan analisa, dimana dilakukan menganalisa *static structural analysis*. *static structural analysis* merupakan analisa struktur yang bertujuan untuk mengetahui batas kemampuan *lifting eyes* dalam menahan beban yang diberikan secara statis baik tarik, tekan, maupun puntir.

3.11. Operasional *Lifting* dan *turning*

Dalam pekerjaan *lifting* serta *turning*, perlu dilakukan perencanaan yang baik. Maka dari itu berdasarkan hasil analisa serta perencanaan, dilakukan pekerjaan operasional *lifting* dan *turning* dengan tujuan memberikan SOP dalam pekerjaan *lifting* serta *turning* yang aman dan efisien.

3.12. Kesimpulan dan Saran

Mendapatkan hasil dari pengolahan data yang sudah dilakukan, antara lain :

- a. Perancangan *lifting equipment*
- b. Analisa teknis Perancangan *lifting equipment*
- c. Tahapan *lifting* dan *turning* pada *block* yang baik, aman, serta efisien.

Mengambil kesimpulan dari pengolahan data guna sebagai referensi yang dapat digunakan untuk pekerjaan rigging pada bangunan baru.

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1. Gambaran Umum

Pada tugas akhir akan dilakukan perancangan sistem dan peralatan untuk mengangkat *block* SS1A kapal cepat rudal 60 meter, lalu dilakukan analisa dengan dilakukannya permodelan serta simulasi. Permodelan dan simulasi dilakukan pada *lifting eyes* dan *bracket* guna menganalisa tegangan, regangan, *displacement*, serta *factor of safety* yang terjadi pada *lifting eyes* saat pengangkatan maupun pembalikan *block*. Sehingga dapat direncanakan operasional pengangkatan dan pembalikan *block* dengan cepat, tepat, aman dan efisien.

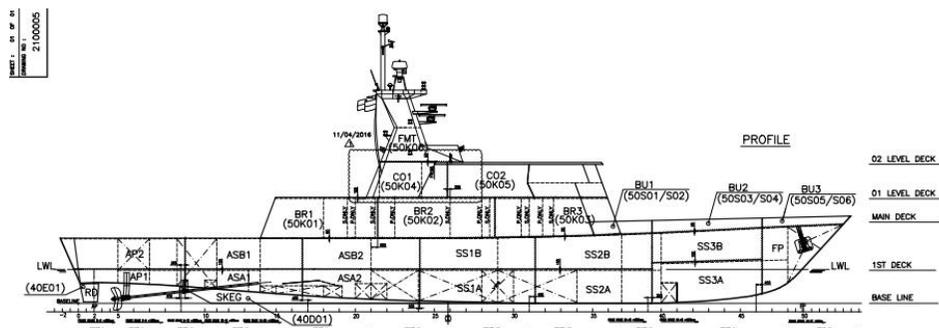
4.2. Data Utama Kapal

Data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah *block* SS1A kapal cepat rudal 60 meter. Adapun ukuran utama kapal sebagai berikut:

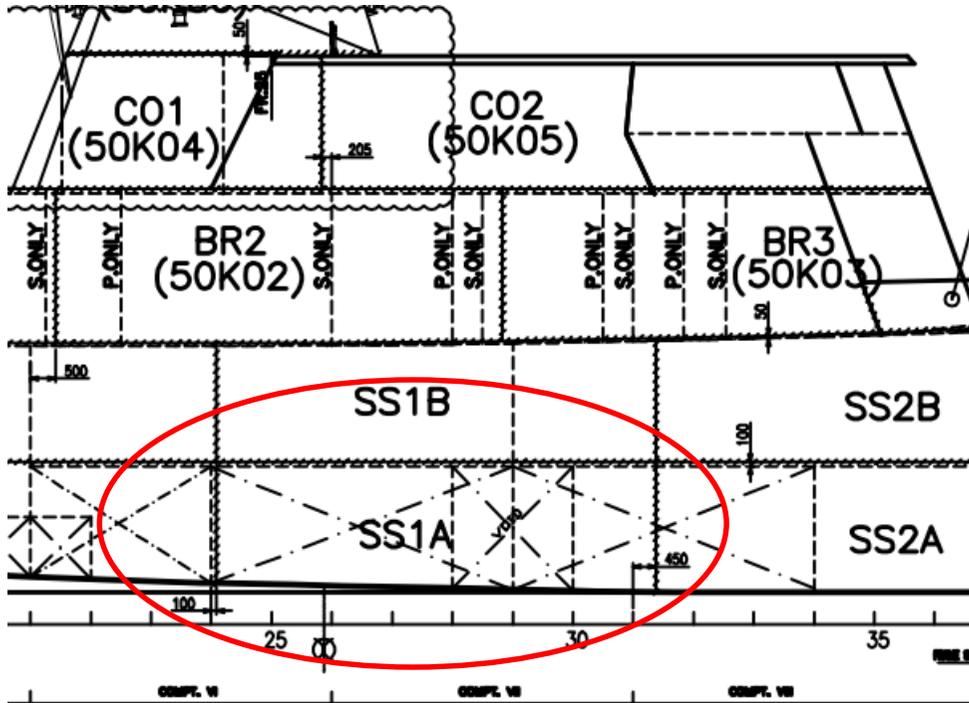
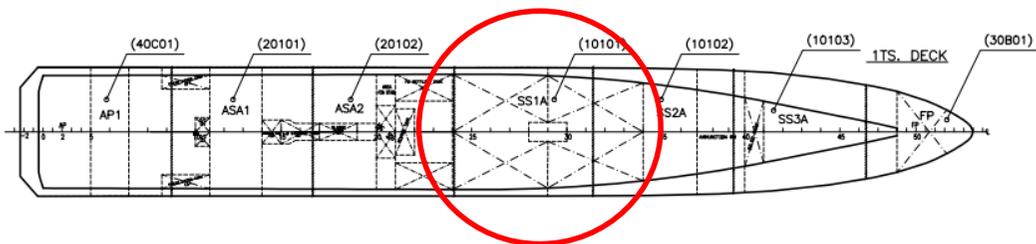
a. <i>Length O. A.</i>	: 60 m
b. <i>Length W. L (Lwl)</i>	: 55,19 m
c. <i>Lpp 85% at H</i>	: 54,97 m
d. <i>Lpp at design Draught</i>	: 53,67 m
e. <i>Breath Moulded (Bm)</i>	: 8.10 m
f. <i>Depth Moulded (Dm)</i>	: 4.74 m
g. <i>Depth from Skeg (D)</i>	: 4,87 m
h. <i>Design Draught (d)</i>	: 2.57 m
i. <i>Max. Speed (Vmax)</i>	: 28 Knots
j. <i>Max. Engine Power</i>	: 2 x 3900kW

4.3. Block Division

Metode pembangunan kapal cepat rudal 60 meter ini dilakukan dengan membagi menjadi beberapa bagian *block*. *Block* direncanakan dan dibangun secara bersamaan sesuai pembagiannya. Untuk pemasangan *outfitting* dilakukan dengan *system on-board*, dimana *material* dan *system* dipasang setelah *block* memasuki tahap *erection*. pembagian *block (block division)* direncanakan sesuai gambar 4.1. dan *block* yang akan dianalisa yaitu SS1A sesuai gambar 4.2 dan 4.3.



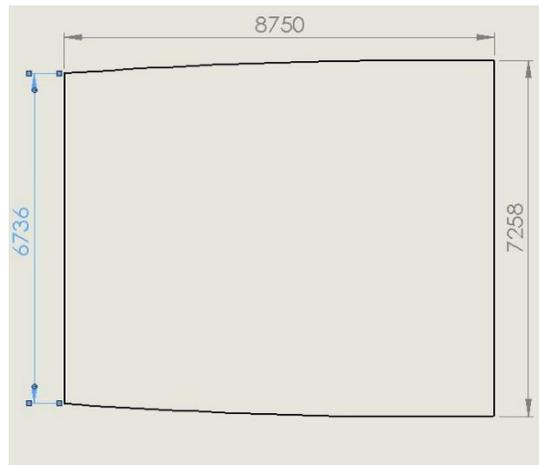
Gambar 4.1. *Block Division* KCR 60 Meter

Gambar 4.2. *Block SS1A*Gambar 4.3 *Block SS1A Tampak Atas*

Pada perencanaan kali ini, struktur *block* yang akan dianalisa merupakan *block* SS1A, dimana *block* tersebut merupakan *block* bagian *bottom*. Untuk mempermudah proses pembangunan, *block* ini dibalik dimana dilakukan tahap *sub assembly* dimulai dari *deck* terlebih dahulu lalu mulai dilakukan pekerjaan *assembly* bagian *hull* dan *bottom*. Setelah tiap *part* telah dijadikan menjadi satu kesatuan *block*, *block* SS1A dapat mulai digabungkan dengan *block* kapal lainnya. Dengan proses pembangunan *block* tersebut, perlu dilakukan pembalikan *block* SS1A terlebih dahulu.

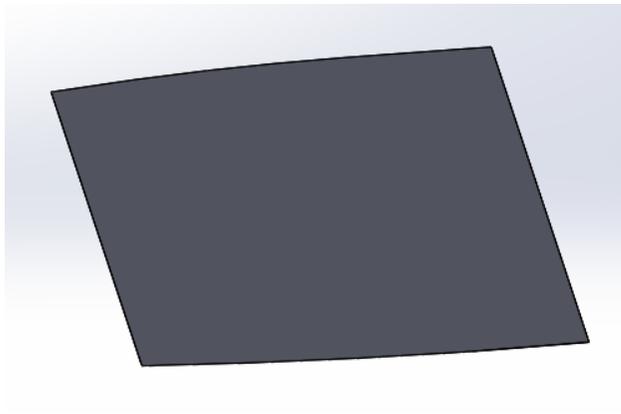
4.4. Pembuatan Model *Block SS1A*

Pembuatan model *block* dilakukan untuk mengetahui berat serta titik berat dari *block* yang telah direncanakan. sehingga menunjang dalam proses perencanaan *lifting equipment*. Pembuatan model *block* dilakukan menggunakan *software solidworks* dimana sesuai dengan ukuran tiap konstruksi *block* yang telah direncanakan sebelumnya. *block disketch* terlebih dahulu lalu dilakukan *extrude*. Berikut *sketch* tiap *part block SS1A*.



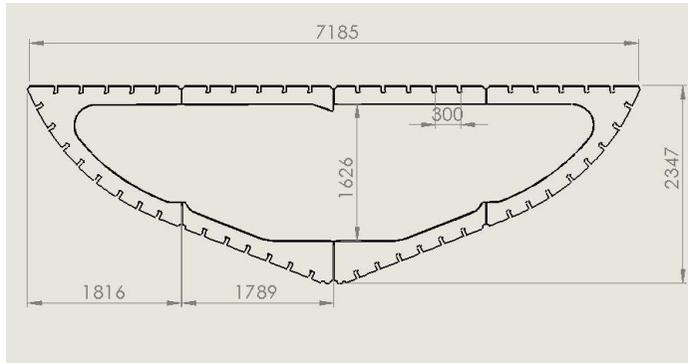
Gambar 4.4. *Sketch Deck Block SS1A*

Sketch yang telah dibuat selanjutnya akan dilakukan *extrude* pada *sketch* tersebut. *Extrude* yang dilakukan sesuai dengan ketebalan plat yang ada pada *deck* plat tersebut

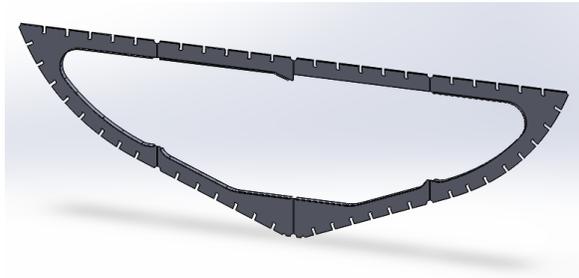


Gambar 4.5 *Extrude Deck Block SS1A*

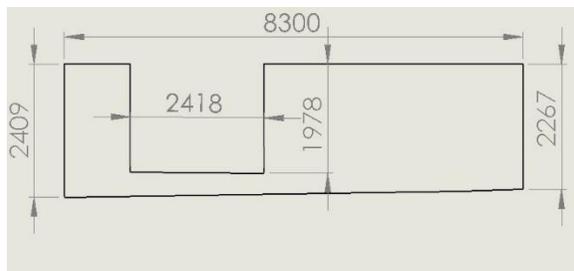
Setelah dilakukan *sketch* serta *extrude* pada *deck*, maka selanjutnya dilakukan pemasangan konstruksi tiap *part*. Konstruksi tiap *part* juga dilakukan *sketch* serta *extrude* tiap *frame*, penegar, *longitudinal bulkhead*, *side girder*, *longitudinal profil*, *pillar* serta *bracket*.



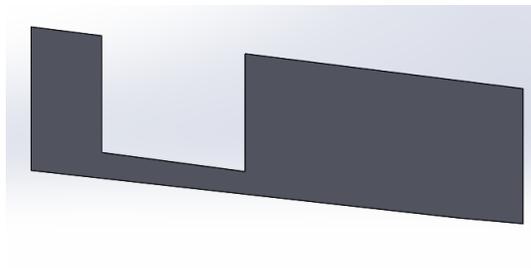
Gambar 4.6. *Sketch Frame 25*



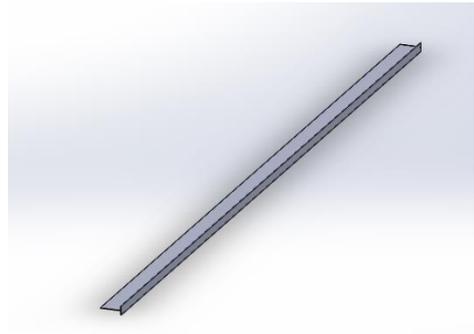
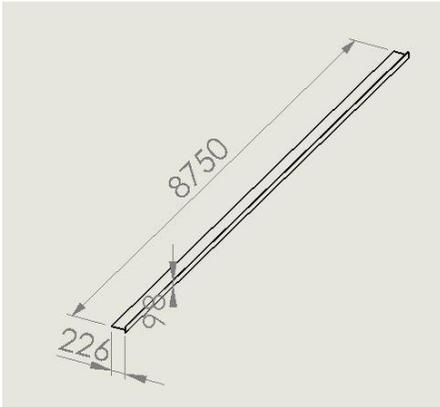
Gambar 4.7. *Extrude Frame 25*



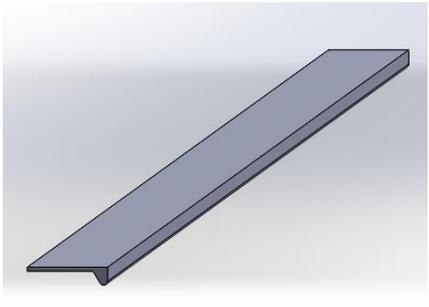
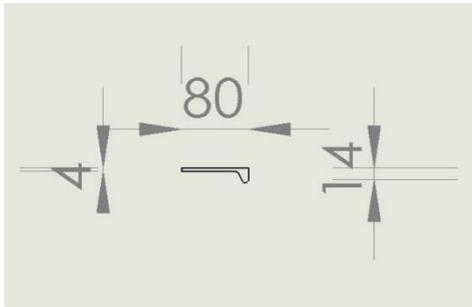
Gambar 4.8. *Sketch Longitudinal Bulkhead*



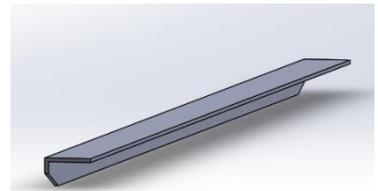
Gambar 4.9. *Extrude Longitudinal Bulkhead*



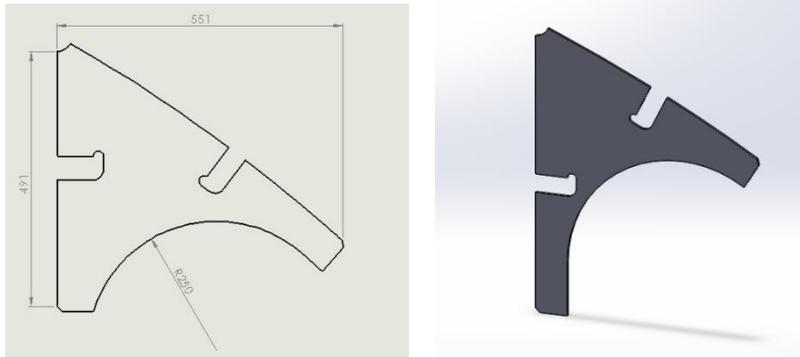
Gambar 4.10. *Sketch dan extrude Sider Girder*



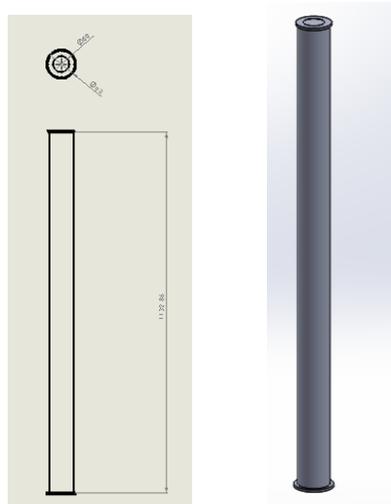
Gambar 4.11. *Sketch dan extrude Profil Bulb*



Gambar 4.12. *Sketch dan extrude Penegar*

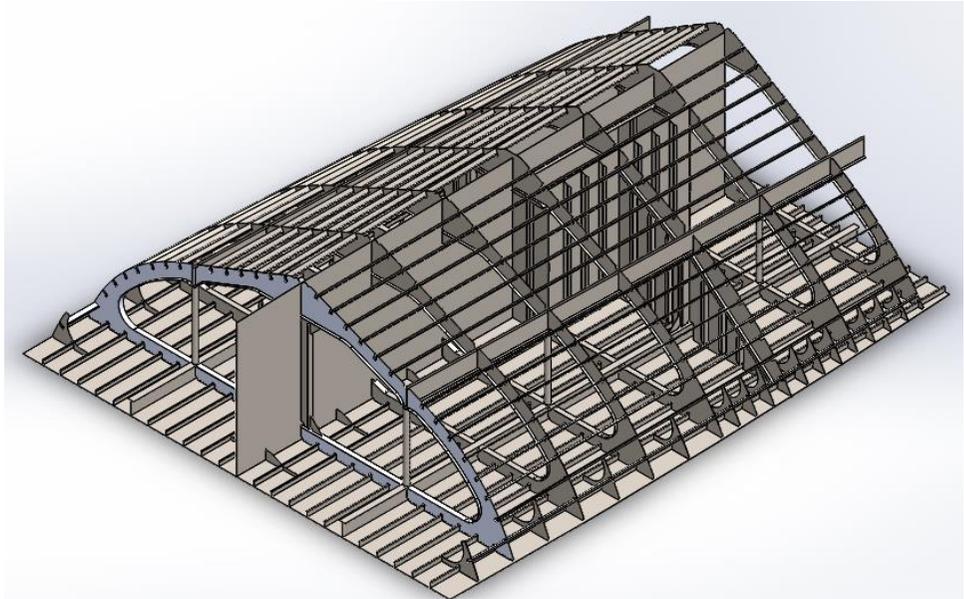
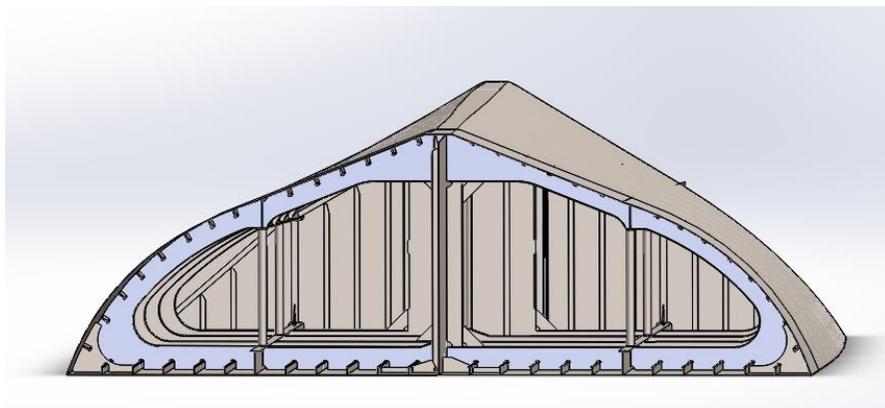


Gambar 4.13. *Sketch dan extrude Bracket*



Gambar 4.14. *Sketch dan extrude Pillar*

Setelah tiap *part* telah dilakukan tahap *sketch* serta *diextrude*, maka tahap selanjutnya yaitu dilakukan *assembly* tiap *part* sehingga menjadi satu kesatuan *block SS1A* seperti pada gambar 4.15. terakhir, konstruksi *block SS1A* ditutup oleh plat kulit dengan ketebalan yang telah ditentukan sesuai gambar 4.16 dengan menggunakan *feature loft*.

Gambar 4.15. *Block SS1A*Gambar 4.16. *Block SS1A*

4.5. Pemilihan Jenis Material

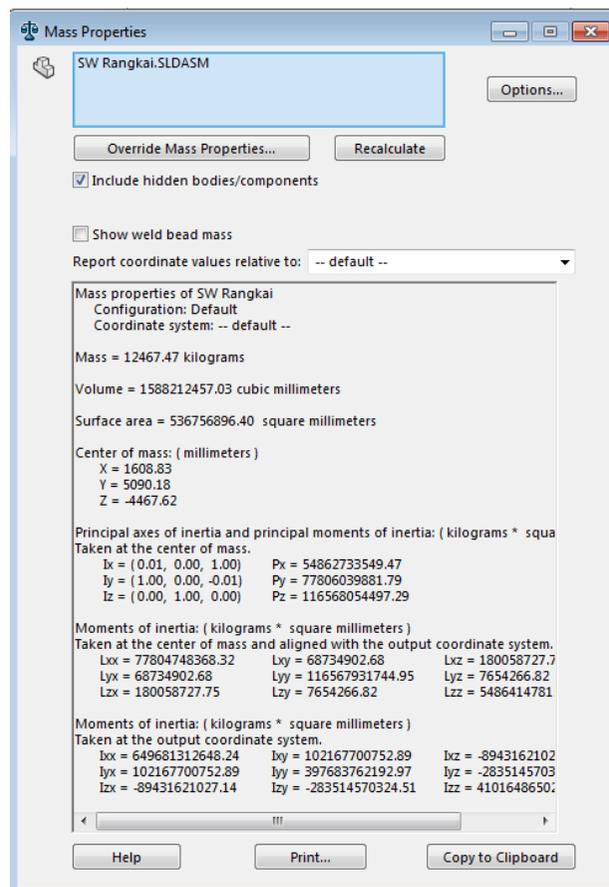
Pemilihan jenis material pada *block* sangat penting dalam perencanaan untuk mengetahui berat serta titik berat. Material yang digunakan untuk bangunan kapal yaitu material baja dengan *grade A* dikarenakan memiliki kualitas baja yang bagus. *Material grade A* merupakan jenis material *mild steel*. Dalam pengaplikasiannya menggunakan *software solidwork*, jenis material ini ada pada ASTM A36. Material ini akan diterapkan pada seluruh *part* konstruksi *block SS1A*, juga akan digunakan pada *lifting eyes* yang akan direncanakan. Adapun rincian *properties* sebagai berikut.

Tabel 4.1. Properties ASTM 36 Steel

ASTM A36 Steel		
Properties	Value	Units
Elastic Modulus	200000	N/mm ²
Poisson's Ratio	0.26	N/A
Shear Modulus	79300	N/mm ²
Mass Density	7850	Kg/m ³
Tensile Strength	300	N/mm ²
Compressive Strength		N/mm ²
Yield Strength	250	N/mm ²
Thermal Expansion Coefficient		/K
Thermal Conductivity		W/(m.K)
Specific Heat		J/(Kg.K)
Material Damping Ratio		N/A

4.6. Berat dan Titik Berat *Block SS1A*

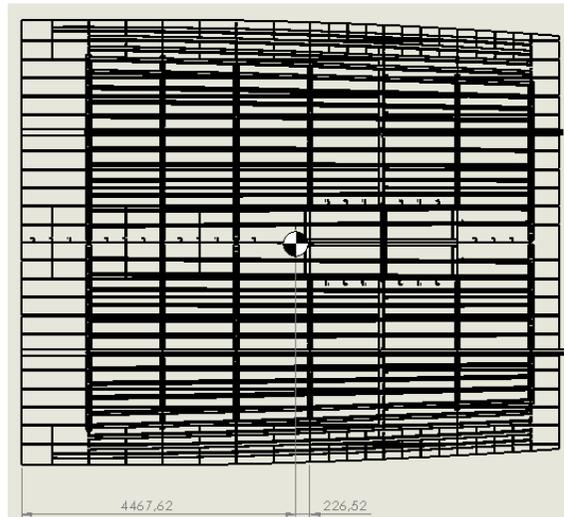
Setelah selesai dilakukan permodelan serta pemilihan jenis material, maka selanjutnya dapat diketahui nilai berat dan titik berat dari *block SS1A*. Berat dan titik berat permodelan *block SS1A* yang telah tergambar dapat dilihat menggunakan *software solidworks* dengan cara *evaluate mass properties*, berikut hasil *mass properties* pada *block SS1A*.



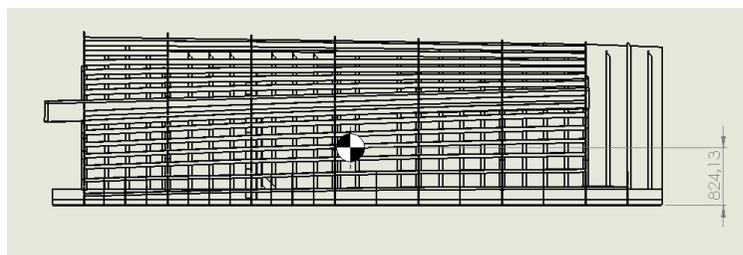
Gambar 4.17. Mass Properties

Mass: 12467,47 kilograms = 12,47 Tons

Untuk titik berat sudah terdefiniskan oleh *mass properties*. akan tetapi, belum terdefiniskan pada gambar secara detail. Untuk mengetahui titik berat dengan detail, dapat dilakukan dengan melakukan *open drawing* pada file *assembly* tersebut. Setelah dimasukan tiap pandangan yang ada, pilih gambar pandangan yang ingin diukur, pilih *insert model item*, lalu pilih *center of mass*. Setelah simbol *center of mass* telah muncul, maka dapat diukur jarak menuju sumbu *center of mass* secara x, y, dan z seperti gambar berikut.



Gambar 4.18. *Center of gravity*



Gambar 4.19. *Center of gravity*

Mass: 12467,47 kilograms = 12,47 Tons

Center of gravity:

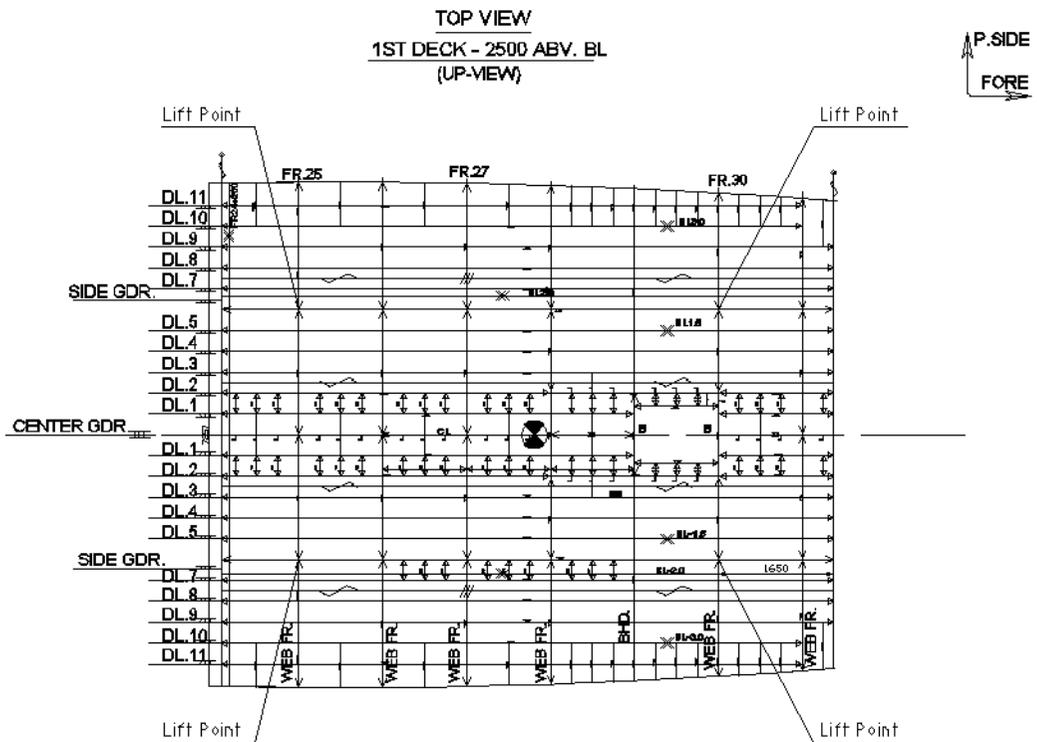
- a. X = 4447,62 (Fr. 28-226,52)
- b. Y = 0
- c. Z = 824,13 mm (*above BL*)

4.7. Lift Point

Konfigurasi pemasangan *lifting equipment* untuk perancangan *lifting* maupun *turning* ditentukan berdasarkan *lift point*. *Lift point* merupakan titik terkuat pada *block* yang direncanakan berdasarkan nilai titik berat pada *block*, khususnya *length* (AFT-G) dan *Breadth* (CLG). Dengan perencanaan *lift point* ini, akan memudahkan untuk merencanakan panjang *slings* yang dibutuhkan sehingga *block* dapat diangkat dengan seimbang. Berdasarkan titik berat diatas, maka direncanakan *lift point* sebagai berikut:

- Side girder 1800 from CL PS*
- Side girder 1800 from CL SB*
- Frame 30*
- Frame 25*

Berdasarkan nilai titik berat dan *lift point* yang telah ditentukan, maka *lift point* dapat digambarkan seperti berikut sesuai gambar 4.20.



Gambar 4.20. Perencanaan *Lifting Eyes* pada *Block SS1A*

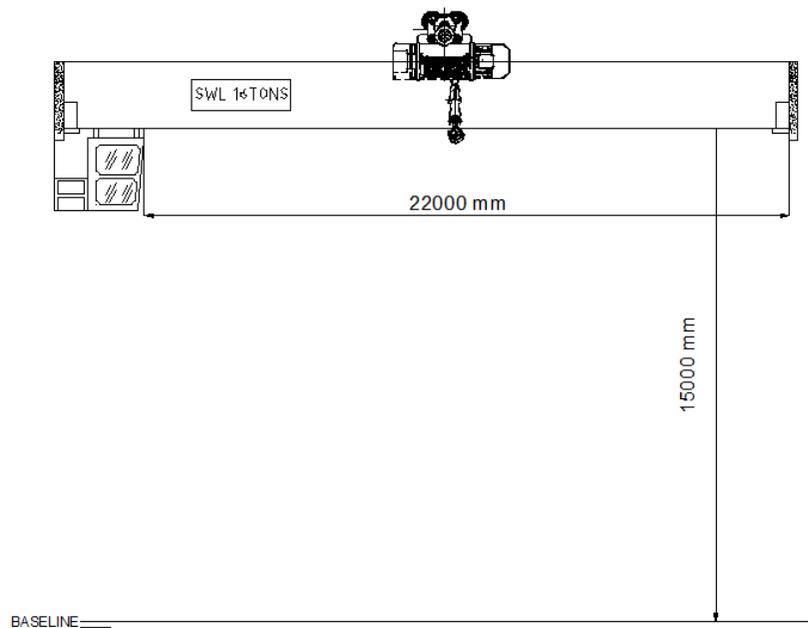
4.8. Crane dan Konfigurasi *Lifting equipment*

Crane merupakan salah satu faktor yang penting dalam penentuan konfigurasi *lifting equipment* yang akan direncanakan dikarenakan jumlah *hook* akan menjadi acuan dalam penentuan konfigurasi. Konfigurasi *lifting equipment* sendiri direncanakan berdasarkan fasilitas *crane* serta *lift point* yang telah ditentukan. Konfigurasi *lifting equipment* terdiri dari *sling*, *shackles*, *lifting eyes*, dan *bracket* dimana harus direncanakan dengan benar. Hal ini bertujuan agar *block* dapat dibalik serta diangkat dengan aman dan sempurna sehingga meminimalisir deformasi yang terjadi pada saat proses *turning* maupun *lifting* dilakukan. Selain itu, sudut serta peletakan *lifting equipment* perlu direncanakan dengan baik, agar jarak angkat aman dapat terpenuhi sehingga *block* dapat dibalik serta diangkat dengan *space* yang cukup. Komposisi *lifting* maupun *turning* umumnya terdiri dari dua, empat, enam, delapan, atau lebih *lift point*.

4.8.1. *Overhead Crane*

Pembangunan *block SS1A* dilakukan didalam *hall (indoor)*. Pada perencanaan pengangkatan serta pembalikan *block SS1A*, digunakan *crane* dengan *type overhead crane* dengan spesifikasi sebagai berikut:

1. Spesifikasi *crane* yang dimiliki di *hall erection*:
 - 2 *Crane double girder x 2 Hook*
 - *Height from Baseline* = 15000 mm
 - *Width of Girder* = 22000 mm
 - *Capacity of Crane* = 16 Ton



Gambar 4.21. *Overhead Crane Specifications*

4.8.2. Perencanaan Sling

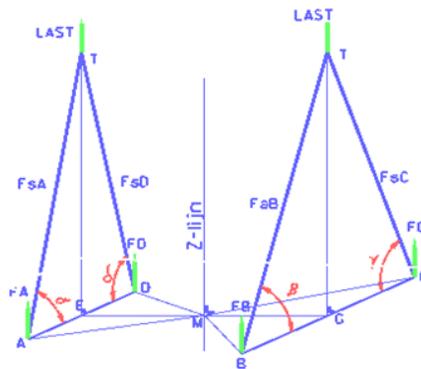
Sling berfungsi sebagai penghubung antara *block* dengan pesawat angkat untuk dilakukan pengangkatan maupun pembalikan *block*. Perencanaan *sling* difokuskan pada panjang *sling* serta *design load sling* yang mampu diterima oleh *sling* untuk mengangkat *block* yang telah direncanakan. Perencanaan panjang *sling* juga dilakukan untuk memperkirakan jarak aman pada *clearance area* ketika mengangkat maupun membalik *block* dimana perencanaannya berdasarkan *lift point*. Selain itu, perencanaan jumlah *hook* untuk *lifting* mempengaruhi panjang *sling*. Sedangkan, untuk perencanaan *design load sling* berdasarkan pembebanan *block* yang diterima oleh *sling*. Perencanaan *sling* kali ini disesuaikan dengan fasilitas *sling* yang dimiliki oleh Divisi Kapal Perang PT. PAL Indonesia. perhitungan sebagai berikut:

4.8.2.1. Perencanaan Panjang dan Sudut Sling

Perencanaan sudut dan panjang *sling* berdasarkan *lift point* yang telah ditentukan sebelumnya. Untuk perhitungan panjang dan sudut yang terjadi pada *sling* digunakan perhitungan berikut:

2 x 2 - Slings

Block: SS1A



Last = weight

points A, B, C and D must be in the same (horizontal) plane perpendicular to the Z-axle(lin)

				Slinglength incl. shackles etc
ME	3,4	AM=	3,8	AT= 4,0
MG	2,6	BM=	3,2	DT= 4,0
AE	1,8	CM=	3,2	BT= 4,0
DE	1,8	DM=	3,8	CT= 4,0
BG	1,8			
CG	1,8	$\alpha =$	63,43 °	
		$\beta =$	63,43 °	
ET	3,6	$\gamma =$	63,43 °	
GT	3,6	$\delta =$	63,43 °	

Total weight 12,47 ton

Sling pada proyeksi AT

- Panjang proyeksi AM $=\sqrt{ME^2 + AE^2}$
 $=\sqrt{(3,4)^2 + (1,8)^2}$
 $= 3,8 \text{ m}$
- Panjang *sling* AT $=\sqrt{ET^2 + AE^2}$
 $=\sqrt{(3,6)^2 + (1,8)^2}$
 $= 4 \text{ m}$
- Sudut *sling* AT (α) $= \text{ATAN}(ET/AE) \times 180 / \mu$
 $= \text{ATAN}(3,6/1,8) \times 180/3,14$
 $= 63,43^\circ$

Sling pada proyeksi BT

- Panjang proyeksi BM $=\sqrt{BG^2 + MG^2}$
 $=\sqrt{(3,4)^2 + (1,8)^2}$
 $= 3,8 \text{ m}$
- Panjang *sling* BT $=\sqrt{GT^2 + BG^2}$
 $=\sqrt{(3,6)^2 + (1,8)^2}$
 $= 4 \text{ m}$
- Sudut *sling* BT (β) $= \text{ATAN}(ET/DE) \times 180 / \mu$
 $= \text{ATAN}(3,6/1,8) \times 180/3,14$
 $= 63,43^\circ$

Sling pada proyeksi CT

- Panjang proyeksi CM $=\sqrt{MG^2 + CG^2}$
 $=\sqrt{(2,6)^2 + (1,8)^2}$
 $= 3,2 \text{ m}$
- Panjang *sling* CT $=\sqrt{GT^2 + CG^2}$
 $=\sqrt{(3,6)^2 + (1,8)^2}$
 $= 4 \text{ m}$
- Sudut *sling* CT (γ) $= \text{ATAN}(ET/DE) \times 180 / \mu$
 $= \text{ATAN}(3,6/1,8) \times 180/3,14$
 $= 63,43^\circ$

Sling pada proyeksi DT

- Panjang proyeksi DM
$$= \sqrt{MG^2 + CG^2}$$
$$= \sqrt{(3,4)^2 + (1,8)^2}$$
$$= 3,8 \text{ m}$$
- Panjang *sling* DT
$$= \sqrt{ET^2 + DE^2}$$
$$= \sqrt{(3,6)^2 + (1,8)^2}$$
$$= 4 \text{ m}$$
- Sudut *sling* DT (γ)
$$= \text{ATAN}(GT/CG) \times 180 / \mu$$
$$= \text{ATAN}(3,6/1,8) \times 180/3,14$$
$$= 63,43^\circ$$

4.8.2.2. Perencanaan Beban yang Diterima *Sling* Saat *Lifting* / *Turning*

Pada perencanaan kali ini, pengangkatan serta pembalikan *block* menggunakan 4 *sling*, sehingga dapat diperhitungkan:

Mass: 12467,47 kilograms = 12,47 Tons

$$\begin{aligned} \text{Sling design load} &= \frac{W + (10\%W)}{\mathcal{E} \text{ Lifting Equipment}} \\ &= \frac{12,47 + (10\% \times 12,43)}{4} \\ &= 3,43 \text{ tons} \end{aligned}$$

4.8.2.3. Perencanaan Beban yang Diterima *Sling* Saat *Hanging*

Pada perencanaan kali ini, *hanging block* menggunakan 2 *sling*, sehingga dapat diperhitungkan:

Mass: 12467,47 kilograms = 12,47 Tons

$$\begin{aligned} \text{Sling design load} &= \frac{W + (10\%W)}{\mathcal{E} \text{ Lifting Equipment}} \\ &= \frac{12,47 + (10\% \times 12,43)}{2} \\ &= 6,86 \text{ tons} \end{aligned}$$

Bedasarkan perancangan sudut *sling*, dapat diketahui panjang *sling* yang dibutuhkan untuk posisi *lift point* AT dan DT sepanjang 4 meter. Sedangkan panjang *sling* yang dibutuhkan untuk posisi *lift point* BT dan CT juga dibutuhkan *sling* dengan panjang 4 meter. Beban yang diterima *sling* untuk *lifting* dan *turning* sebesar 3,43 ton, sedangkan untuk *hanging* sebesar 6,86 ton. *Sling* yang digunakan kali ini merupakan *wire rope* sesuai yang dimiliki oleh fasilitas *workshop*

Divisi Kapal Perang PT. PAL Indonesia, berikut *sling* yang dipilih dan akan digunakan.

Tabel 4.2. *Sling Catalogue*

sling length (m)	SWL (Ton)	Quantity (Pcs)
4	30	8
4	15	8
5	15	8
3	15	8
6	15	8
10	15	8
12	15	4
19/50mm	30	4
2	4	8
4	4	8

Maka *sling* yang digunakan yaitu 6 buah *sling* panjang 4 meter dengan SWL 4 Ton untuk *lifting* dan *turning block*, serta 2 buah *sling* panjang 4 meter dengan SWL 15 Ton untuk *hanging block*.

4.8.3. Perencanaan *Shackles*

Pada saat pengangkatan *block*, ketinggian *block* harus seimbang ataupun selevel agar mempermudah saat proses *erection* dilakukan, maka perlu perencanaan yang matang agar proses *lifting* bekerja dengan baik. Sesuai perhitungan data *sling* diatas diketahui sebagai berikut:

- a. Sudut AT = 63,43°
- b. Sudut BT = 63,43°
- c. Sudut CT = 63,43°
- d. Sudut DT = 63,43°
- e. Panjang *sling* AT dan DT = 4 meter
- f. Panjang *sling* BT = 4 meter
- g. Panjang *sling* CT = 4 meter

Perencanaan pemilihan *shackles* juga memperhatikan SWL dari *shackles* dimana beban minimum yang dapat direrima oleh *shackles*, selain itu diameter pengait *shackles* tidak boleh melebihi diameter dari lubang *lifting eyes* tersebut.

4.8.3.1. Perencanaan Beban yang Diterima *Shackles* Saat *Lifting / Turning*

Pada perencanaan kali ini, pengangkatan dan pembalikan *block* menggunakan 4 *lift point*, sehingga dapat diperhitungkan:

Mass: 12467,47 kilograms = 12,47 Tons

$$\begin{aligned} \text{Shackles design load} &= \frac{W + (10\% W)}{\mathcal{E} \text{ Lifting Equipment}} \\ &= \frac{12,47 + (10\% \times 12,43)}{4} \\ &= 3,43 \text{ tons} \end{aligned}$$

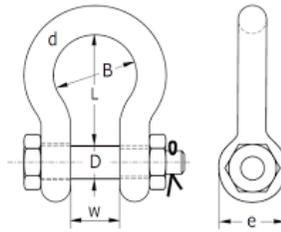
4.8.3.2. Perencanaan Beban yang Diterima *Shackles* Saat *Hanging*

Pada perencanaan kali ini, *hanging block* menggunakan 2 *lift point*, sehingga dapat diperhitungkan:

Mass: 12467,47 kilograms = 12,47 Tons

$$\begin{aligned} \text{Shackles design load} &= \frac{W + (10\% W)}{\mathcal{E} \text{ Lifting Equipment}} \\ &= \frac{12,47 + (10\% \times 12,43)}{2} \\ &= 6,86 \text{ tons} \end{aligned}$$

Pada perencanaan diatas, maka beban yang diterima oleh masing-masing *shackles* pada saat *lifting* maupun *turning* sebesar 3,43 ton, sedangkan beban yang diterima oleh masing-masing *shackles* pada saat *hanging* sebesar 6,86 ton. Maka, untuk perencanaan *shackles* yang digunakan untuk *lifting* maupun *turning* adalah *shackles* dengan WWL 6,5 ton. Sementara itu, Untuk perencanaan *shackles* yang digunakan untuk *hanging* adalah *shackles* dengan WWL 8,5 ton. Dimensi *shackles* yang dipilih dapat dilihat pada tabel 4.3 sebagai berikut :

Tabel 4.3. *Shackles Catalogue*

Working Load Limit (Ton)	Dimension					QTY
	D (mm)	d (mm)	W (mm)	B (mm)	L (mm)	
2	15,81	13,29	21,54	31,82	46,78	8
3,25	18,69	16,66	29,13	42,15	61,55	8
6,5	26,66	22,76	38,37	56,83	84,13	8
8,5	28,94	25,13	43,11	64,45	95,98	8
12	35,38	33,5	51,23	81,24	121,77	10
17	41,93	38,47	65,07	96,47	144,13	8
25	49,88	44,3	76,15	127,38	173	4
35	56,92	49,78	90,07	138,32	200	16
55	70,29	69,26	109,77	172	262	12
85 (not omega)	83,23	73,56	131,07	190	330	8

Maka *shackles* yang digunakan yaitu 6 buah *shackles* dengan dengan WWL 6,5 Ton untuk *lifting* maupun *turning block*, dan 2 buah *shackles* dengan SWL 8,5 Ton untuk *hanging block*.

4.8.4. Pemilihan dan Penempatan *Lifting Eyes*

Perencanaan pemilihan *lifting eyes* ditentukan berdasarkan berat *block* yang akan diterima pada masing-masing kondisi. Pada *block SS1A* perlu direncanakan *lifting eyes* untuk proses *turning*, *lifting*, serta *hanging*. Untuk perhitungan beban yang akan diterima oleh *lifting eyes*, berat *block* yang telah dikalkulasikan menggunakan *software solidworks* sebelumnya harus diakumulasikan dengan *safety margin* yang telah ditentukan. Rincian pemilihan dimensi *lifting eyes* dapat diperhitungkan sebagai berikut:

4.8.4.1. Perencanaan Beban yang Diterima *Lifting Eyes* saat *Lifting / Turning*

Pada perencanaan kali ini, pengangkatan dan pembalikan *block* menggunakan 4 *lift point*, sehingga dapat diperhitungkan:
Mass: 12467,47 kilograms = 12,47 Tons

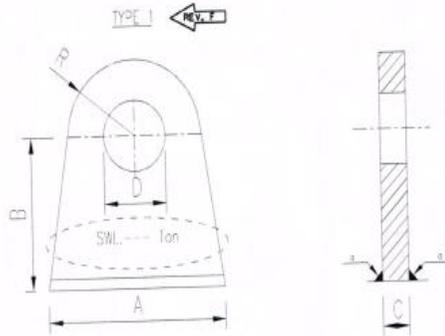
$$\text{Lifting eyes design load} = \frac{W + (10\% W)}{\mathcal{E} \text{ Lifting Eyes}}$$

$$= \frac{12,47 + (10\% \times 12,43)}{4}$$

$$= 3,43 \text{ tons}$$

Pada perencanaan diatas, maka beban yang diterima oleh masing-masing *Lifting eyes* sebesar 3,43 ton, maka direncanakan *Lifting eyes* yang memiliki nilai SWL lebih besar dari 3,43 ton. Dari data tersebut, maka dipilih *lifting eyes type* 1-6 sesuai tabel 4.4.

Tabel 4.4. *Lifting eyes Dimension Type 1*



TYPE NO	Working Load	Plate Dimension					Throat Of The Weld	Weight (Kg)	Art No
		A	B	C	D	R			
	(T)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(Kg)	
1-1	1	80	60	12	30	30	3	0.47	6443/055
1-3	3.25	150	80	16	30	45	4	1.21	6443/056
1-6	6.5	200	80	16	30	60	4	2.53	6443/053
1-12	12	250	120	20	40	75	7	5.4	6443/054

4.8.4.2. Perencanaan Beban yang Diterima *Lifting Eyes* saat *Hanging*

Pada perencanaan kali ini, *hanging block* menggunakan 2 *lift point*, sehingga dapat diperhitungkan:

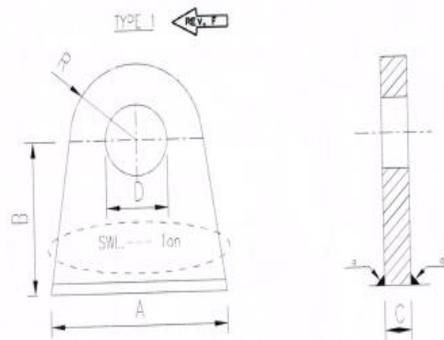
Mass: 12467,47 kilograms = 12,47 Tons

$$\text{Lifting eyes design load} = \frac{W + (10\% W)}{\mathcal{E} \text{ Lifting Eyes}}$$

$$= \frac{12,47 + (10\% \times 12,43)}{2}$$

$$= 6,86 \text{ tons}$$

Pada perencanaan diatas, maka beban yang diterima oleh masing-masing *Lifting eyes* sebesar 6,86 ton, maka direncanakan *Lifting eyes* yang memiliki nilai SWL lebih besar dari 6,86 ton. Dari data tersebut, maka dipilih *lifting eyes Type* 1-12 sesuai tabel 4.5.

Tabel 4.5. *Lifting eyes* Dimension Type 1

TYPE NO	Working Load	Plate Dimension					Throat Of The Weld	Weight (Kg)	Art No
		A	B	C	D	R			
1-1	1	80	60	12	30	30	3	0.47	6443/055
1-3	3.25	150	80	16	30	45	4	1.21	6443/056
1-6	6.5	200	80	16	30	60	4	2.53	6443/053
1-12	12	250	120	20	40	75	7	5.4	6443/054

Setelah mengetahui titik berat dari *block* yang ada, selanjutnya dapat dilakukan penentuan peletakan dari *lifting eyes*. Seperti yang telah dijelaskan pada pembahasan sebelumnya, perencanaan peletakan *lifting eyes* berdasarkan *lift point* yang mengacu pada titik berat *block* SS1A, sebagai berikut :

Weight : 12467,47 kilograms = 12,47 Tons

Length : 4447,62 (Fr. 28-226,52)

Breadth : 0 mm dari CL

Height : 824,13 mm (above BL)

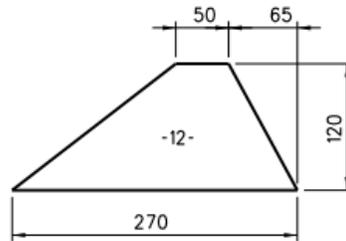
Ditetapkan total jumlah *lifting eyes* yang direncanakan untuk dipasang pada *block* SS1A yaitu 8 buah, dengan estimasi 4 buah diletakan pada *bottom* untuk *lifting* pada keadaan *block* masih terbalik (*lifting before turning*), dengan masing-masing *lifting eyes* menggunakan type 1-6. ditambah *lifting eyes* dengan type 1-6 dan 1-12 masing-masing 2 buah yang diletakan di *deck*, dengan asumsi diketahui bahwa 2 *lifting eyes* dengan beban *lifting* dan *turning*, serta 2 *lifting eyes* dengan beban *hanging*. Perencanaan peletakan masing-masing *lifting eyes* berdasarkan *lift point* sebagai berikut:

- Side girder 1800 from CL PS*
- Side girder 1800 from CL SB*
- Frame 30*
- Frame 25*

4.8.5. Perencanaan *Bracket*

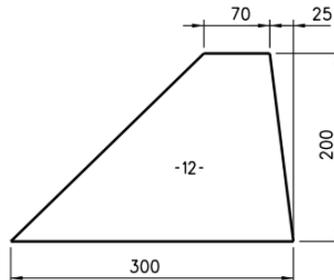
Perencanaan *bracket* disesuaikan dengan pemilihan *lifting eyes* serta sudut yang digunakan oleh *lifting eyes*. Dari data yang telah diolah, maka pada *block SS1A* menggunakan 6 *Bracket Type 6443/048* digunakan untuk pengangkatan dan pembalikan *block*, sedangkan untuk 2 *lifting eyes* yang digunakan untuk *hanging* menggunakan *Bracket Type 6443/046*. Berikut dimensi dari *bracket* yang direncanakan pada *block SS1A*

ART.CODE 6443/048 - MASS: 2,054 KG.



Gambar 4.22. *Bracket 6443/048* untuk *Lifting* dan *Turning*

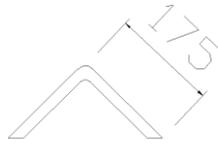
ART.CODE 6443/046 - MASS: 4,12 KG.



Gambar 4.23. *Bracket 6443/046* untuk *Hanging*

4.8.6. Perencanaan *Stopper*

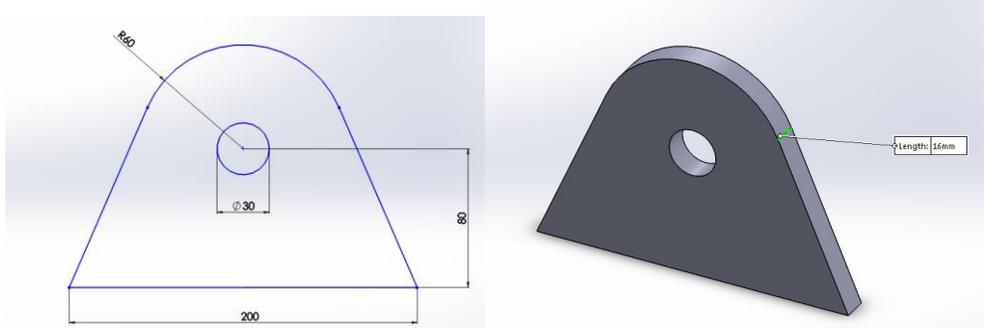
Dalam perencanaan *turning*, dibutuhkan *stopper* sebagai media bantalan agar sisi plat dan *sling* tidak terjadi kontak secara langsung. *Stopper* berupa profil L yang dilas pada sisi kulit yang yang berhubungan langsung dengan *sling*. Dengan adanya *stopper* dapat meminimalisir terjadinya gesekan yang berlebih. Selain itu *stopper* juga berfungsi untuk meminimalisir sudut *sling* agar dalam perencanaan khususnya *turning*, sudut *sling* dapat membentuk sudut tidak berlebih karena *sling* mendapat kontak dengan *stopper* hingga *sling* menuju *hook*. Untuk perencanaan *stopper*, diletakan pada sisi ujung *deck frame 24* sepanjang lebar dari *block SS1A*, dengan perancangan menggunakan profil 175x175



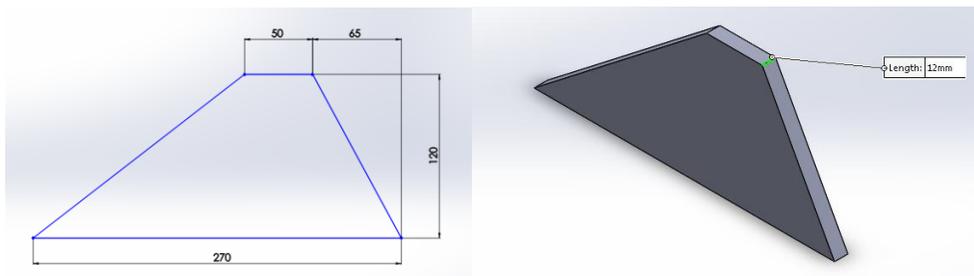
Gambar 4.24. Tampak Depan *Stopper* Profil L

4.9. Permodelan pada *Lifting eyes* dan *Bracket*

Permodelan dilakukan pada *lifting eyes* dan *bracket* dengan tujuan untuk merencanakan pemasangan *lifting eyes* dan *bracket* yang optimum untuk pengangkatan maupun pembalikan *block*. Permodelan dan simulasi dilakukan menggunakan *software* solidworks. Berdasarkan perencanaan sebelumnya, diketahui untuk perencanaan *lifting* dan *turning* menggunakan *lifting eyes* dengan *type* 1-6 dan *bracket type* 6443/048. Maka dilakukan *sketch* sesuai geometri *lifting eyes* dan *bracket* lalu dilakukan *extrude* sesuai ketebalan benda.

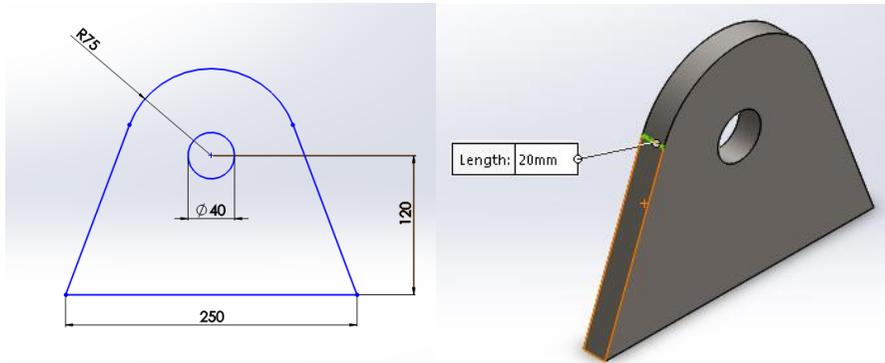
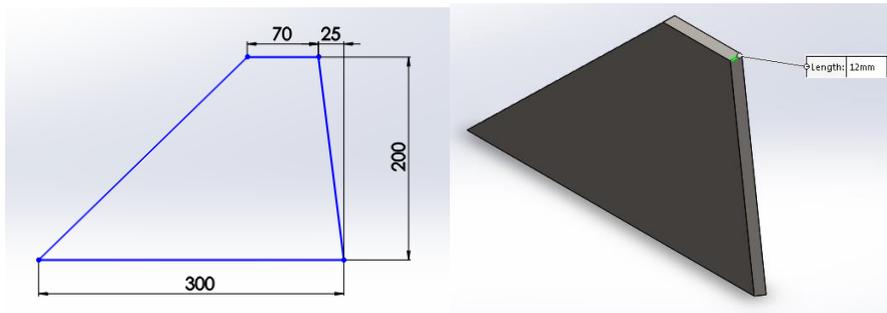


Gambar 4.25. *Lifting eyes* Type 1-6



Gambar 4.26. *Bracket* Type 6443/048

Sedangkan untuk perencanaan *hanging* menggunakan *lifting eyes* dengan *type* 1-12 dan *bracket type* 6443/046. Maka dilakukan *sketch* sesuai geometri *lifting eyes* dan *bracket* lalu dilakukan *extrude* sesuai ketebalan benda.

Gambar 4.27. *Lifting eyes Type 1-12*Gambar 4.28. *Bracket Type 6443/046*

4.9.1. Perancangan pada Kondisi Pengangkatan *Block* Sebelum Dilakukan Pembalikan (*Lifting Before turning*)

Bedasarkan perancangan *lifting equipment*, *lifting eyes* dipasang pada saat keadaan *block* masih terbalik untuk mengangkat *block*. Selain untuk mengangkat dan memindahkan, *lifting equipment* ini pada kondisi ini juga berfungsi untuk membantu saat proses membalik *block*. Dimana terdapat 4 buah *lifting eyes type 1-6* yang dipasang simetris pada *frame 25* dan *30* mengikuti kontur bagian kulit lambung *bottom*. Akan tetapi, masing-masing *lifting eyes* mendapatkan gaya dari *sling* dengan sudut $63,43^\circ$. Jenis material yang dipilih yaitu material baja dengan *grade A*. Material *grade A* merupakan jenis material *mild steel*. Dalam pengaplikasiannya, dilakukan permodelan menggunakan *software solidwork*, jenis material ini ada pada ASTM A36. Setelah itu, dilakukan simulasi dengan jenis simulasi *static*, untuk menganalisa *stress*, *displacement*, *strain* dan *factor of safety lifting eyes* terhadap beban *block* yang diterima masing-masing *lifting eyes*, dengan tujuan mendapatkan perancangan yang optimal.

4.9.1.1. Perencanaan pada *Frame 25* Bagian *Bottom*

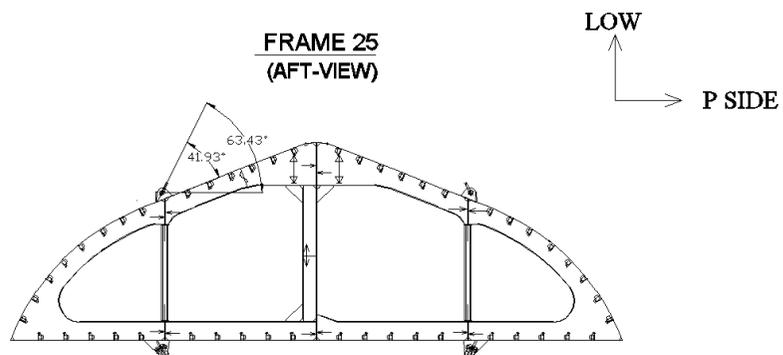
Dilakukan variasi pada pemasangan/instalasi *lifting eyes* dan *bracket* pada *frame 25* dengan keadaan *block* masih terbalik, dimana variasi dilakukan pada arah peletakan *lifting eyes*, pada variasi 1 *lifting eyes* dipasang searah melintang badan kapal, sedangkan variasi 2 dimana *lifting eyes* dipasang searah memanjang badan kapal. pada perencanaan ini, *lifting eyes* dan *bracket* dipasang pada lambung *bottom* kapal.

1. Variasi 1: *Lifting Eyes* Dipasang Searah Melintang Badan Kapal

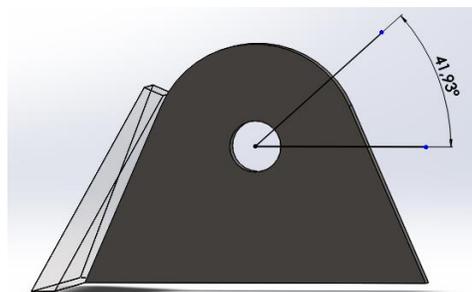
Berikut *lifting equipment* yang digunakan pada kondisi *lifting before turning* pada *frame 25* bagian *bottom* :

1. *Sling* : 4 meter; 4 tons, $63,43^\circ$ (2 buah)
2. *Shackles* : 6,5 tons (2 buah)
3. *Lifting Eyes* : 1-6, 90° (2 buah)
4. *Bracket* : 6443/048 (2 buah)

Lifting eyes dipasang pada saat keadaan *block* masih terbalik. Pada variasi 1, 2 buah *lifting eyes type* 1-6 yang dipasang searah melintang badan kapal simetris di kulit lambung *bottom* tepat pada *frame 25* sesuai dengan perencanaan *lift point*. Masing-masing *lifting eyes* mendapatkan gaya dari *sling* dengan sudut $63,43^\circ$. Sehingga sudut *lifting eyes* terhadap *sling* yang telah direncanakan ($63,43^\circ$) yaitu $41,93^\circ$.



Gambar 4.29. Sudut Gaya *Sling* pada *Frame 25*



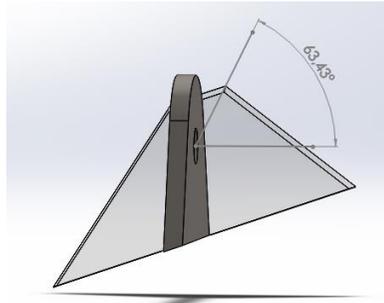
Gambar 4.30. Sudut Gaya *Sling* pada *Lifting Eyes*

2. Variasi 2: *Lifting Eyes* Dipasang Searah Memanjang Badan Kapal

Berikut *lifting equipment* yang digunakan pada kondisi *lifting before turning* pada *frame 25* bagian *bottom* :

1. *Sling* : 4 meter; 4 tons, 63,43° (2 buah)
2. *Shackles* : 6,5 tons (2 buah)
3. *Lifting Eyes* : 1-6, 90° (2 buah)
4. *Bracket* : 6443/048 (2 buah)

Lifting eyes dipasang pada saat keadaan *block* masih terbalik. Pada variasi 2, *lifting eyes* terpasang tegak searah memanjang badan kapal simetris di kulit lambung *bottom* tepat pada *frame 25* sesuai dengan perencanaan *lift point*. Perencanaan dibuat tegak dikarenakan ruang gerak *shackles* terbatas akibat bentuk kontur *bottom*, sehingga sudut *sling* yang terpasang tetap yaitu 63,43 °.



Gambar 4.31. Sudut Gaya Sling pada *Lifting Eyes*

4.9.1.2. Perancangan pada *Frame 30* Bagian *Bottom*

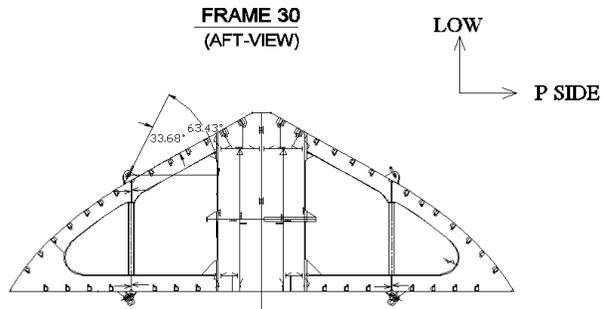
Dilakukan variasi pada pemasangan/instalasi *lifting eyes* dan *bracket* pada *frame 30* dengan keadaan *block* masih terbalik, dimana variasi dilakukan pada arah peletakan *lifting eyes*, pada variasi 1 *lifting eyes* dipasang searah melintang badan kapal, sedangkan variasi 2 dimana *lifting eyes* dipasang searah memanjang badan kapal. Pada perencanaan ini, *lifting eyes* dan *bracket* dipasang pada lambung *bottom* kapal.

1. Variasi 1: *Lifting Eyes* Dipasang Searah Melintang Badan Kapal

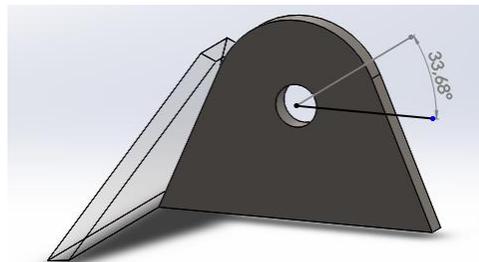
Berikut *lifting equipment* yang digunakan pada kondisi *lifting before turning* pada *frame 30* bagian *bottom* :

1. *Sling* : 4 meter; 4 tons, 63,43° (2 buah)
2. *Shackles* : 6,5 tons (2 buah)
3. *Lifting Eyes* : 1-6, 90° (2 buah)
4. *Bracket* : 6443/048 (2 buah)

Lifting eyes dipasang pada saat keadaan *block* masih terbalik. Pada variasi 1, *lifting eyes Type 1-6* yang dipasang searah melintang badan kapal simetris di kulit lambung *bottom* tepat pada *frame 30* sesuai dengan perencanaan *lift point*. Masing-masing *lifting eyes* mendapatkan gaya dari *sling* dengan sudut 63,43°. sehingga sudut *lifting eyes* terhadap *sling* yang telah direncanakan (63,43) yaitu 33,68°



Gambar 4.32. *Lifting equipment pada Frame 25*



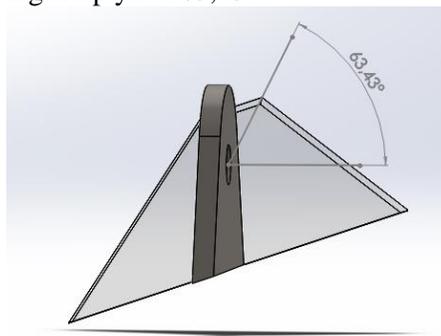
Gambar 4.33. *Sudut Gaya Sling pada Lifting Eyes*

2. Variasi 2: *Lifting Eyes* Dipasang Searah Memanjang Badan Kapal

Berikut *lifting equipment* yang digunakan pada kondisi *lifting before turning* pada *frame 30* bagian *bottom* :

1. *Sling* : 4 meter; 4 tons, 63,43° (2 buah)
2. *Shackles* : 6,5 tons (2 buah)
3. *Lifting Eyes* : 1-6, 90° (2 buah)
4. *Bracket* : 6443/048 (2 buah)

Lifting eyes dipasang pada saat keadaan *block* masih terbalik. Dikarenakan ruang gerak *shackles* terbatas akibat bentuk kontur *bottom*, pada variasi 2, *lifting eyes* terpasang tegak searah memanjang badan kapal tepat pada *frame 30* sesuai dengan perencanaan *lift point*, sehingga sudut *sling* yang terpasang tetap yaitu 63,43 °.



Gambar 4.34. *Sudut Gaya Sling pada Lifting Eyes*

4.9.2. Perancangan pada Kondisi Pembalikan *Block (turning)*

Bedasarkan perancangan *lifting equipment* untuk pembalikan *block (turning)*, untuk dilakukannya proses pembalikan, *block* diangkat terlebih dahulu menggunakan 4 buah *lifting eyes* hingga jarak aman untuk dilakukan *hanging*, dimana 2 buah *lifting eyes type 1-6* dipasang pada *frame 30* bagian *bottom* berdasarkan perencanaan *lifting before turning*, serta 2 buah *lifting eyes type 1-12* dipasang simetris pada *frame 25* bagian *deck*. Masing-masing *lifting eyes* mendapatkan gaya dari *slings* dengan sudut $63,43^\circ$. Jenis material yang dipilih yaitu material baja dengan *grade A*. Material *grade A* merupakan jenis material *mild steel*. Dalam pengaplikasiannya menggunakan *software solidwork*, jenis material ini ada pada ASTM A36. Setelah itu, dilakukan simulasi dengan jenis simulasi *static*, dimana menganalisa *stress*, *displacement*, *strain* dan *factor of safety lifting eyes* terhadap beban *block* yang diterima masing-masing *lifting eyes*. Dilakukan variasi terhadap sudut pemasangan *lifting eyes* dengan tujuan mendapatkan perancangan yang optimal. Variasi dilakukan pada perencanaan *lifting eyes* yang telah ditetapkan sebagai berikut

4.9.2.1. Perancangan pada *Frame 25* Bagian *Deck*

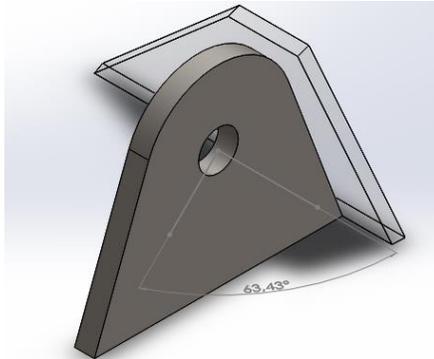
Dilakukan variasi pada pemasangan/instalasi *lifting eyes* dan *bracket* pada *frame 25* bagian *deck* yang akan digunakan untuk membalik *block*, dimana variasi dilakukan pada sudut pemasangan *lifting eyes*, variasi 1 *lifting eyes* dipasang dengan tegak 90° , sedangkan variasi 2 dimana *lifting eyes* dipasang menyudut ke arah center line sesuai sudut *slings* yaitu sebesar $63,43^\circ$. Pada *frame 25*, perancangan *lifting eyes* dan *bracket* dipasang pada bagian *deck* sesuai *lift point*.

1. Variasi 1: *Lifting Eyes* Tegak 90° dengan Sudut *Sling* $63,43^\circ$

Berikut *lifting equipment* yang digunakan pada kondisi *turning* diletakan pada *frame 25* bagian *deck* :

1. *Sling* : 4 meter; 15 tons, $63,43^\circ$ (2 buah)
2. *Shackles* : 8,5 tons (2 buah)
3. *Lifting Eyes* : 1-12, 90° (2 buah)
4. *Bracket* : 6443/046 (2 buah)

Pada variasi 1, *lifting eyes Type 1-12* dipasang simetris tegak 90° pada *deck* tepat pada *frame 25* bagian *deck* sesuai dengan perencanaan *lift point* yang Masing-masing *lifting eyes* mendapatkan gaya dari *slings* dengan sudut $63,43^\circ$ sesuai dengan gambar berikut.



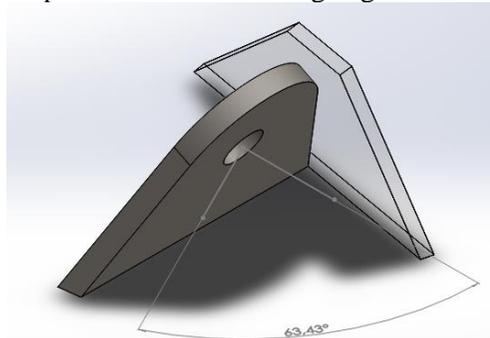
Gambar 4.35. Sudut Gaya Sling pada Lifting Eyes

2. Variasi 2: Lifting Eyes Dipasang dengan Sudut 63,43°

Berikut *lifting equipment* yang digunakan pada kondisi *turning* diletakan pada *frame 25* bagian *deck* :

1. *Sling* : 4 meter; 15 tons, 63,43° (2 buah)
2. *Shackles* : 8,5 tons (2 buah)
3. *Lifting Eyes* : 1-12, 63,43° (2 buah)
4. *Bracket* : 6443/046 (2 buah)

Pada variasi 2, *lifting eyes* dipasang pada *frame 25* bagian *deck* sesuai dengan perencanaan *lift point*, dimana dipasang menyudut dengan mengikuti sudut *sling* saat *lifting* secara vertical dengan sudut sebesar 63,43° menghadap *centerline* sesuai dengan gambar berikut.



Gambar 4.36. Sudut Gaya Sling pada Lifting Eyes

4.9.2.2. Perancangan pada Frame 30 Bagian Bottom

Pada perancangan *turning* pada *frame 30*, terdapat beberapa proses pekerjaan. Pada pekerjaan tahap awal pambalikan yaitu *lifting eyes* pada *frame 30* bagian *bottom* mengikuti peletakan dan variasi yang dilakukan pada kondisi *lifting before turning* dimana pada *lifting eyes* yang terpasang pada bagian lambung *bottom* dilakukan penurunan *hook*. Setelah pada posisi *hanging*, *sling* dan *hook* kembali dihubungkan pada *lifting eyes* yang berada di *frame 30* bagian *deck* untuk dilakukan penaikan hingga selevel. Pada *lifting eyes* yang terpasang pada bagian lambung *bottom*, dilakukan

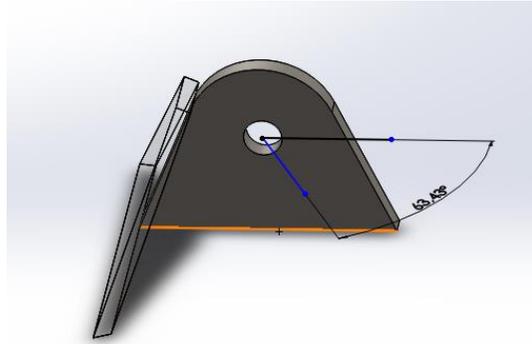
variasi pada pemasangan/instalasi *lifting eyes* dan *bracket* pada *block*, dimana variasi 1 *lifting eyes* dipasang searah melintang badan kapal, sedangkan variasi 2 dimana *lifting eyes* dipasang searah memanjang badan kapal. akan tetapi arah gaya yang didapat berbeda, dimana mendapat sudut *slings* $63,43^\circ$ sesuai arah pembalikan *block* SS1A.

1. Variasi 1: *Lifting Eyes* Dipasang Searah Melintang Badan Kapal

Berikut *lifting equipment* yang digunakan pada kondisi *turning* diletakan pada *frame* 30 bagian *bottom*:

1. *Sling* : 4 meter; 4 tons, $63,43^\circ$ (2 buah)
2. *Shackles* : 6,5 tons (2 buah)
3. *Lifting Eyes* : 1-6, 90° (2 buah)
4. *Bracket* : 6443/048 (2 buah)

Pada variasi 1, *lifting eyes type* 1-6 yang dipasang searah melintang badan kapal simetris di kulit lambung *bottom* tepat pada *frame* 30 sesuai dengan perencanaan *lift point*. *lifting eyes* mendapatkan gaya dari *sling* dengan sudut $63,43^\circ$.



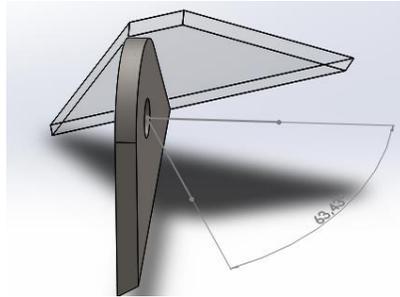
Gambar 4.37. Sudut Gaya *Sling* pada *Lifting Eyes*

2. Variasi 2: *Lifting Eyes* Dipasang Searah Memanjang Badan Kapal

Berikut *lifting equipment* yang digunakan pada kondisi *turning* diletakan pada *frame* 30 bagian *bottom*:

1. *Sling* : 4 meter; 4 tons, $63,43^\circ$ (2 buah)
2. *Shackles* : 6,5 tons (2 buah)
3. *Lifting Eyes* : 1-6, 90° (2 buah)
4. *Bracket* : 6443/048 (2 buah)

Pada variasi 2, *lifting eyes* terpasang tegak searah memanjang badan kapal simetris di kulit lambung *bottom* tepat pada *frame* 30 sesuai dengan perencanaan *lift point*. Perencanaan dibuat tegak dikarenakan ruang gerak *shackles* terbatas akibat bentuk kontur *bottom*, sudut *sling* yang terpasang yaitu $63,43^\circ$.



Gambar 4.38. Sudut Gaya Sling pada Lifting Eyes

4.9.2.3. Perancangan pada *Frame 30* Bagian Deck

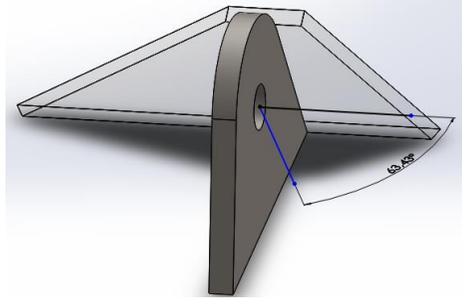
Pada perancangan *turning* pada *frame 30*, terdapat beberapa proses pekerjaan. Pada pekerjaan tahap awal pambalikan yaitu *lifting eyes* pada *frame 30* bagian *bottom* mengikuti peletakan dan variasi yang dilakukan pada kondisi *lifting before turning* dimana pada *lifting eyes* yang terpasang pada bagian lambung *bottom* dilakukan penurunan *hook*. Setelah pada posisi *hanging*, *sling* dan *hook* kembali dihubungkan pada *lifting eyes* yang berada di *frame 30* bagian *deck* untuk dilakukan penaikan hingga selevel. Pada *lifting eyes* yang terpasang pada *frame 30* bagian *deck*, dilakukan variasi pada pemasangan/instalasi *lifting eyes* dan *bracket* pada *block*, dimana variasi dilakukan pada sudut pemasangan *lifting eyes*, variasi 1 *lifting eyes* dipasang dengan tegak 90° , sedangkan variasi 2 dimana *lifting eyes* dipasang menyudut kearah center line sesuai sudut *sling* yaitu sebesar $63,43^\circ$. Pada *frame 25*, perancangan *lifting eyes* dan *bracket* dipasang pada bagian *deck* sesuai *lift point*.

1. Variasi 1: *Lifting Eyes* Tegak 90° dengan Sudut *Sling* $63,43^\circ$

Berikut *lifting equipment* yang digunakan pada kondisi *turning* diletakan pada *frame 30* bagian *deck*:

1. *Sling* : 4 meter; 4 tons, $63,43^\circ$ (2 buah)
2. *Shackles* : 6,5 tons (2 buah)
3. *Lifting Eyes* : 1-6, 90° (2 buah)
4. *Bracket* : 6443/048 (2 buah)

Pada variasi 1, *lifting eyes type* 1-6 yang dipasang searah melintang badan kapal simetris di kulit lambung *bottom* tepat pada *frame 30* sesuai dengan perencanaan *lift point*. Masing-masing *lifting eyes* mendapatkan gaya dari *sling* dengan sudut $63,43^\circ$.



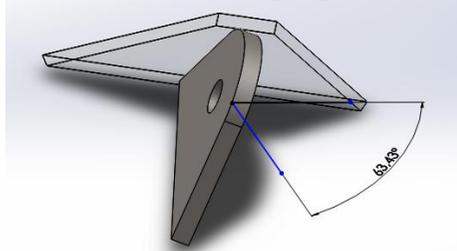
Gambar 4.39. Sudut Gaya Sling pada Lifting Eyes

2. Variasi 2: Lifting Eyes Dipasang dengan Sudut 63,43°

Berikut *lifting equipment* yang digunakan pada kondisi *turning* diletakan pada *frame 30* bagian *deck*:

1. *Sling* : 4 meter; 4 tons, 63,43° (2 buah)
2. *Shackles* : 6,5 tons (2 buah)
3. *Lifting Eyes* : 1-6, 90° (2 buah)
4. *Bracket* : 6443/048 (2 buah)

Pada variasi 2, *lifting eyes* dipasang pada *frame 30* bagian *deck* sesuai dengan perencanaan *lift point*, dimana dipasang menyudut dengan mengikuti sudut *sling* saat *lifting* secara vertical dengan sudut sebesar 63,43° menghadap *centerline* sesuai dengan gambar berikut.



Gambar 4.40. Sudut Gaya Sling pada Lifting Eyes

4.9.3. Perancangan pada Kondisi Block Menggantung (*Hanging*)

Hanging merupakan bagian proses dilakukannya *turning*. Berdasarkan perancangan *lifting equipment* untuk *hanging block*, 2 buah *lifting eyes Type 1-12* dipasang simetris pada *frame 25* pada permukaan *deck*. Masing-masing *lifting eyes* mendapatkan gaya dari *sling* dengan sudut 63,43°. Jenis material yang dipilih yaitu material baja dengan *grade A*. Material *grade A* merupakan jenis material *mild steel*. Dalam pengaplikasiannya menggunakan *software solidwork*, jenis material ini ada pada *ASTM A36*. Setelah itu, dilakukan simulasi dengan jenis simulasi *static*, dimana menganalisa *stress*, *displacement*, *strain* dan *factor of safety lifting eyes* terhadap beban *block* yang diterima masing-masing *lifting eyes*. Dilakukan variasi terhadap sudut pemasangan *lifting eyes* dengan tujuan mendapatkan perancangan yang optimal. Variasi dilakukan pada perencanaan *lifting eyes* yang telah ditetapkan sebagai berikut

4.9.3.1. Perancangan pada *Frame 25* Bagian *Deck*

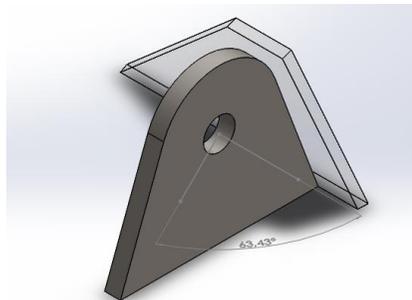
Dilakukan variasi pada pemasangan/instalasi *lifting eyes* dan *bracket* pada *frame 25* bagian *deck* dengan kondisi *block* menggantung, dimana variasi dilakukan pada sudut pemasangan *lifting eyes*, dimana variasi 1 *lifting eyes* dipasang dengan tegak 90° , sedangkan variasi 2 dimana *lifting eyes* dipasang menyudut kearah *centerline* sesuai sudut *sling* yaitu sebesar $63,43^\circ$. Pada *frame 25* bagian *deck*, perancangan *lifting eyes* dan *bracket* dipasang pada bagian *deck* sesuai *lift point*.

1. Variasi 1: *Lifting Eyes* Tegak 90° dengan Sudut *Sling* $63,43^\circ$

Berikut *lifting equipment* yang digunakan pada kondisi *hanging* diletakan pada *frame 25* bagian *deck* :

1. *Sling* : 4 meter; 15 tons, $63,43^\circ$ (2 buah)
2. *Shackles* : 8,5 tons (2 buah)
3. *Lifting Eyes* : 1-12, 90° (2 buah)
4. *Bracket* : 6443/046 (2 buah)

Pada variasi 1, *lifting eyes* Type 1-12 dipasang tegak 90° terhadap *deck* simetris tepat pada *frame 25* sesuai dengan perencanaan *lift point* yang Masing-masing *lifting eyes* mendapatkan gaya dari *sling* dengan sudut $63,43^\circ$ sesuai dengan gambar berikut.



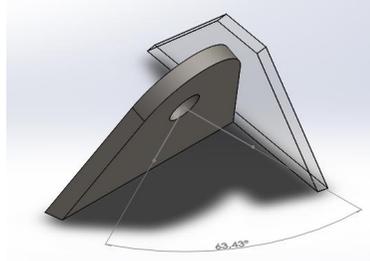
Gambar 4.41. Sudut Gaya *Sling* pada *Lifting Eyes*

2. Variasi 2: *Lifting Eyes* Dipasang dengan Sudut $63,43^\circ$

Berikut *lifting equipment* yang digunakan pada kondisi *hanging* diletakan pada *frame 25* bagian *deck* :

1. *Sling* : 4 meter; 15 tons, $63,43^\circ$ (2 buah)
2. *Shackles* : 8,5 tons (2 buah)
3. *Lifting Eyes* : 1-12, $63,43^\circ$ (2 buah)
4. *Bracket* : 6443/046 (2 buah)

Pada variasi 2, *lifting eyes* dipasang pada *frame 25* bagian *deck* sesuai dengan perencanaan *lift point*, dimana dipasang menyudut dengan mengikuti sudut *sling* saat *lifting* secara vertikal dengan sudut sebesar $63,43^\circ$ menghadap *centerline* sesuai dengan gambar berikut.



Gambar 4.42. Sudut Gaya Sling pada Lifting Eyes

4.9.4. Perancangan pada Kondisi Pengangkatan *Block* yang telah dibalik (*Lifting After turning*)

Bedasarkan perancangan *lifting equipment* untuk pengangkatan *block* setelah dilakukan pembalikan (*Lifting After turning*), 2 buah *lifting eyes Type 1-6* dan *bracket type 6443/046* dipasang simetris masing-masing pada *frame 25* dan *frame 30* pada permukaan *deck*. Masing-masing *lifting eyes* mendapatkan gaya dari *sling* dengan sudut $63,43^\circ$. Jenis material yang dipilih yaitu material baja dengan *grade A*. Material *grade A* merupakan jenis material *mild steel*. Dalam pengaplikasiannya menggunakan *software solidwork*, jenis material ini ada pada *ASTM A36*. Setelah itu, dilakukan simulasi dengan jenis simulasi *static*, dimana menganalisa *stress*, *displacement*, *strain* dan *factor of safety lifting eyes* terhadap beban *block* yang diterima masing-masing *lifting eyes*. Dilakukan variasi terhadap sudut pemasangan *lifting eyes* dengan tujuan mendapatkan perancangan yang optimal. Variasi dilakukan pada perencanaan *lifting eyes* yang telah ditetapkan sebagai berikut

4.9.4.1. Perancangan pada *Frame 25* Bagian *Deck*

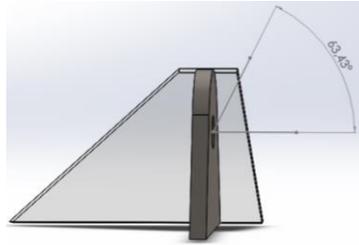
Dilakukan variasi pada pemasangan/instalasi *lifting eyes* dan *bracket* pada *frame 25* dengan keadaan *block* sudah terbalik, dimana variasi dilakukan pada sudut pemasangan *lifting eyes*, dimana variasi 1 *lifting eyes* dipasang dengan tegak 90° , sedangkan variasi 2 dimana *lifting eyes* dipasang menyudut kearah *center line* sesuai sudut *sling* yaitu sebesar $63,43^\circ$. Pada *frame 25*, perancangan *lifting eyes* dan *bracket* dipasang pada bagian *deck* sesuai *lift point*.

1. Variasi 1: *Lifting eyes* Tegak 90° dengan Sudut *Sling* $63,43^\circ$

Berikut *lifting equipment* yang digunakan pada kondisi *lifting after turning* diletakan pada *frame 25* :

1. *Sling* : 4 meter; 15 tons, $63,43^\circ$ (2 buah)
2. *Shackles* : 8,5 tons (2 buah)
3. *Lifting Eyes* : 1-12, 90° (2 buah)
4. *Bracket* : 6443/046 (2 buah)

Pada variasi 1, *lifting eyes type 1-6* dipasang tegak 90° terhadap *deck* simetris tepat pada *frame 25* bagian *deck* dimana *lifting eyes* mendapatkan gaya dari *sling* dengan sudut $63,43^\circ$ sesuai dengan gambar berikut.



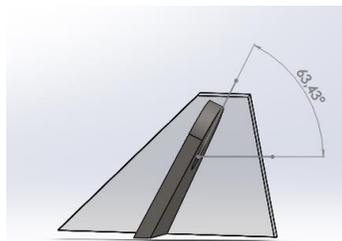
Gambar 4.43. Sudut Gaya Sling pada Lifting Eyes

2. Variasi 2: Lifting Eyes Dipasang dengan Sudut 63,43°

Berikut *lifting equipment* yang digunakan pada kondisi *lifting after turning* diletakan pada *frame 25* bagian *deck*:

1. *Sling* : 4 meter; 15 tons, 63,43° (2 buah)
2. *Shackles* : 8,5 tons (2 buah)
3. *Lifting Eyes* : 1-12, 90° (2 buah)
4. *Bracket* : 6443/046 (2 buah)

Pada variasi 2, *lifting eyes type 1-6* dipasang menyudut dengan mengikuti sudut *sling* saat *lifting* secara vertikal dengan sudut sebesar 63,43° menghadap *centerline* sesuai dengan gambar berikut.



Gambar 4.44. Sudut Gaya Sling pada Lifting Eyes

4.9.4.2. Perancangan pada *Frame 30* Bagian *Deck*

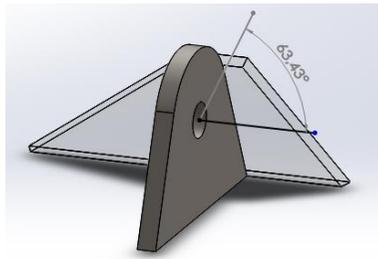
Dilakukan variasi pada pemasangan/instalasi *lifting eyes* dan *bracket* pada *frame 30* bagian *deck* dengan keadaan *block* sudah terbalik, dimana variasi dilakukan pada sudut pemasangan *lifting eyes*, dimana variasi 1 *lifting eyes* dipasang dengan tegak 90°, sedangkan variasi 2 dimana *lifting eyes* dipasang menyudut kearah *center line* sesuai sudut *sling* yaitu sebesar 63,43°. Pada *frame 30* bagian *deck*, perancangan *lifting eyes* dan *bracket* dipasang pada bagian *deck* sesuai *lift point*.

1. Variasi 1: *Lifting eyes* Tegak 90° dengan Sudut *Sling* 63,43°

Berikut *lifting equipment* yang digunakan pada kondisi *lifting after turning* diletakan pada *frame* 30 bagian *deck*:

1. *Sling* : 4 meter; 4 tons, 63,43° (2 buah)
2. *Shackles* : 6,5 tons (2 buah)
3. *Lifting Eyes* : 1-6, 90° (2 buah)
4. *Bracket* : 6443/048 (2 buah)

Pada variasi 1, *lifting eyes* Type 1-6 dipasang tegak 90° terhadap *deck* simetris tepat pada *frame* 30 bagian *deck* yang Masing-masing *lifting eyes* mendapatkan gaya dari *sling* dengan sudut 63,43° sesuai dengan gambar berikut.



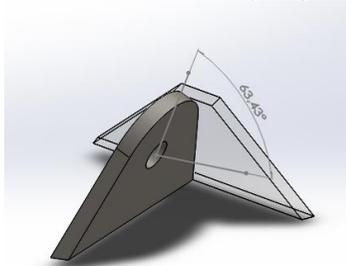
Gambar 4.45. Sudut Gaya *Sling* pada *Lifting Eyes*

2. Variasi 2: Sudut 63,43°

Berikut *lifting equipment* yang digunakan pada kondisi *lifting after turning* diletakan pada *frame* 30 bagian *deck*:

1. *Sling* : 4 meter; 4 tons, 63,43° (2 buah)
2. *Shackles* : 6,5 tons (2 buah)
3. *Lifting Eyes* : 1-6, 90° (2 buah)
4. *Bracket* : 6443/048 (2 buah)

Pada variasi 2, *lifting eyes* type 1-6 dipasang menyudut dengan mengikuti sudut *sling* saat *lifting* secara vertikal dengan sudut sebesar 63,43° menghadap *centerline* sesuai dengan gambar berikut.



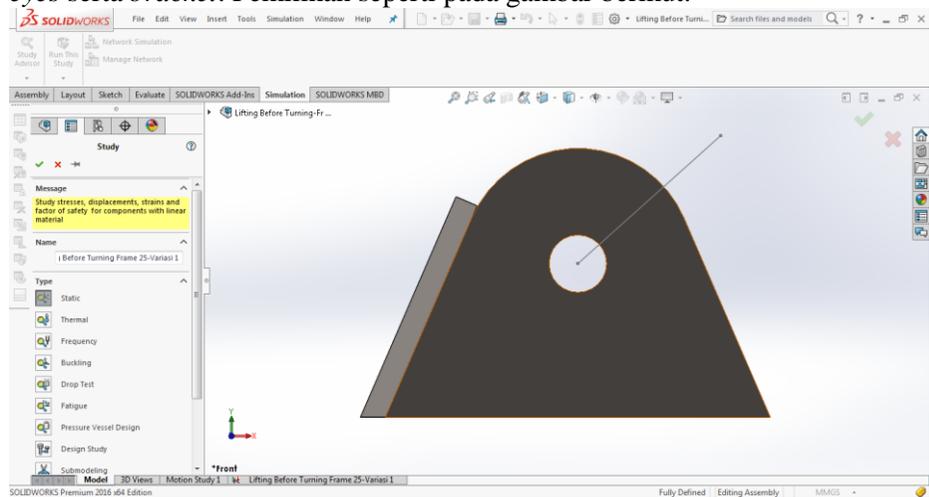
Gambar 4.46. Sudut Gaya *Sling* pada *Lifting Eyes*

4.10. Simulasi

Setelah permodelan telah dilakukan dengan berbagai variasi terhadap model, maka dapat dilakukan proses simulasi dan analisa. Pada proses simulasi, model atau benda dengan beban yang sama diuji dengan variasi arah dan sudut pemasangan *lifting eyes*. Setelah dilakukan simulasi, dapat dilakukan proses analisa terhadap *stress*, *displacement*, *strain*, dan *factor of safety* yang aman untuk dilakukan pada kondisi pengangkatan maupun pembalikan *block* sesuai kondisi yang ada. Berikut tahap-tahap simulasi:

4.10.1. Pemilihan Tipe Simulasi

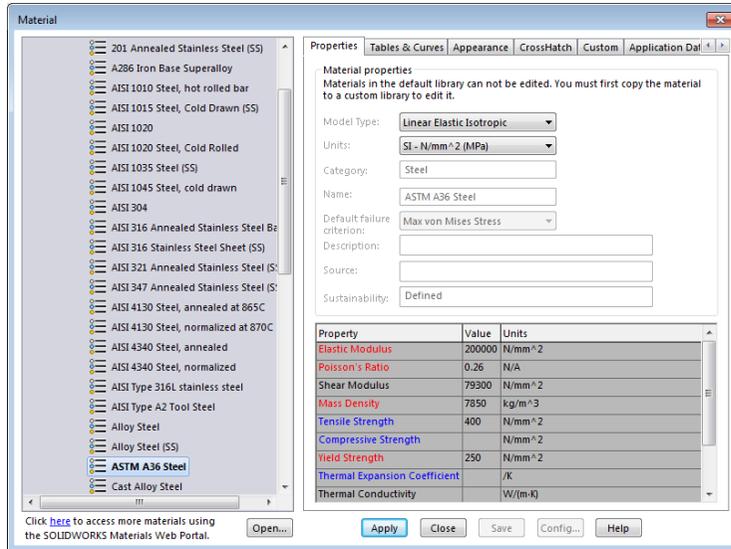
Simulasi yang akan dilakukan yaitu simulasi dengan *type static analysis*. Simulasi ini bertujuan untuk menentukan dan menganalisa *stress*, *displacement*, *strain*, dan *factor of safety* yang terjadi pada permodelan *lifting eyes* serta *bracket*. Pemilihan seperti pada gambar berikut.



Gambar 4.47. *Type Static Analysis*

4.10.2. Pemilihan Jenis Material

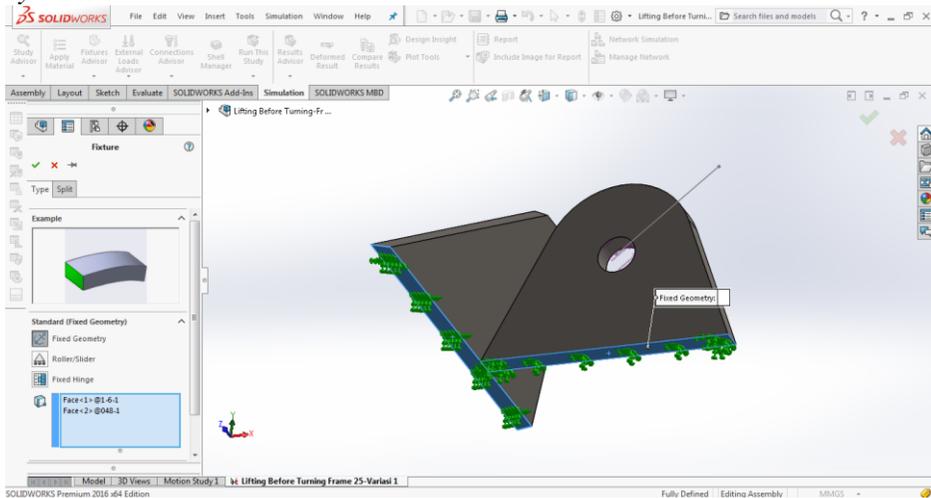
Jenis material yang dipilih yaitu material baja dengan *grade A*. Material *grade A* merupakan jenis material *mild steel*. Dalam pengaplikasiannya, dilakukan permodelan menggunakan *software solidwork*, jenis material ini ada pada ASTM A36.



Gambar 4.48. Jenis Material ASTM A36

4.10.3. Penentuan Letak *Fixed Geometry*

Penentuan letak *fixed geometry* berfungsi sebagai penentuan letak beban. Pada perencanaan ini dipilih sisi atau entities yang diasumsikan tersambung dengan *block SS1A*. Dimana letak *fixed* berada pada permukaan kaki *lifting eyes* serta *bracket*.

Gambar 4.49. *Fixed Geometry Face*

4.10.4. Penentuan Letak External Load dan Pemberian Gaya

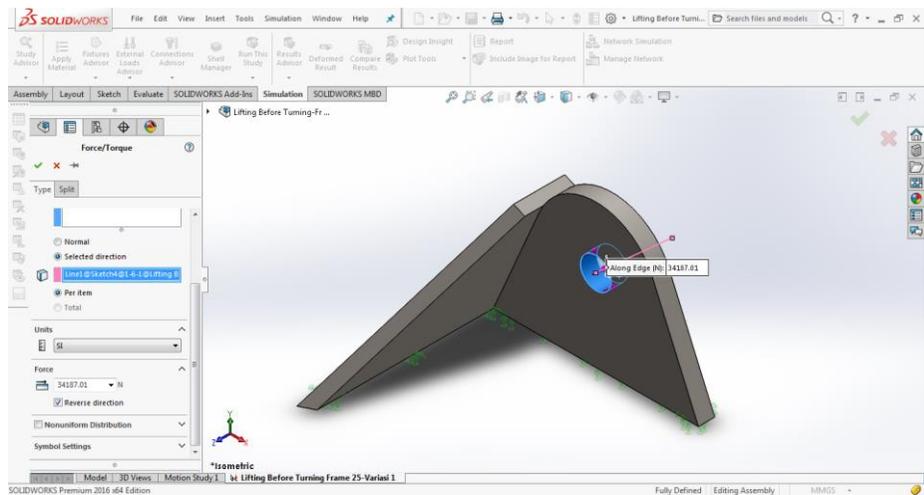
Lifting eyes diberikan beban dan gaya sesuai perencanaan sebelumnya. Kali ini *external load* yang digunakan adalah *force*, dimana arah dan nilai besaran *force* berdasarkan masing-masing kondisi dan variasi, berikut nilai besaran pada kondisi *lifting*, *turning*, dan *hanging*

1. Kondisi *Lifting / Turning*

$$\begin{aligned} F &= (W / \varepsilon \text{ Lifting Eyes}) \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 / \sin 63,43 \\ &= (12467 \text{ kg} / 4) \times 9,81 \text{ m/s}^2 / 0,89 \\ &= 34187,01 \text{ N} \end{aligned}$$

2. Kondisi *Hanging*

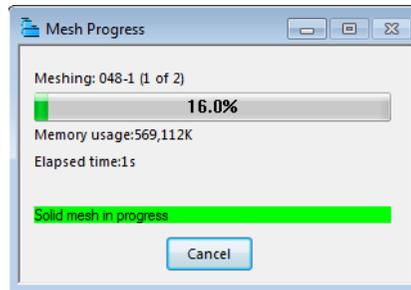
$$\begin{aligned} F &= (W / \varepsilon \text{ Lifting Eyes}) \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 / \sin 63,43 \\ &= (12467 \text{ kg} / 2) \times 9,81 \text{ m/s}^2 / 0,89 \\ &= 68374,02 \text{ N} \end{aligned}$$



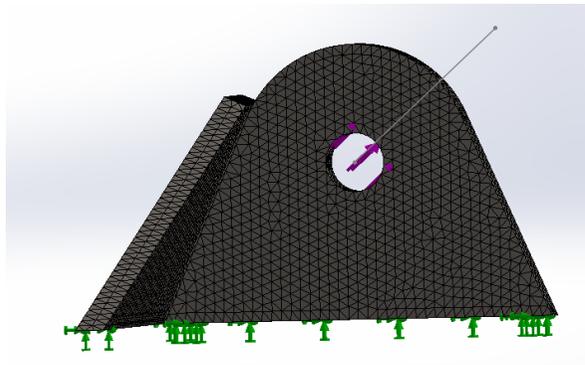
Gambar 4.50. Eksternal Load Face

4.10.5. Mesh and Run

Setelah dilakukan pemberian *fixed geometry* serta *force* pada *external load* pada *lifting eyes* serta *bracket*, Maka selanjutnya dilakukan *meshing* untuk membagi geometri kedalam entities yang relatif kecil dan sederhana. Model dibagi menjadi jaring-jaring bagian yang akan dilakukan pengujian kekuatan. Lalu dilakukan *running* untuk mendapatkan hasil akhir simulasi, yaitu *stress*, *displacement*, *strain*, dan *factor of safety*.



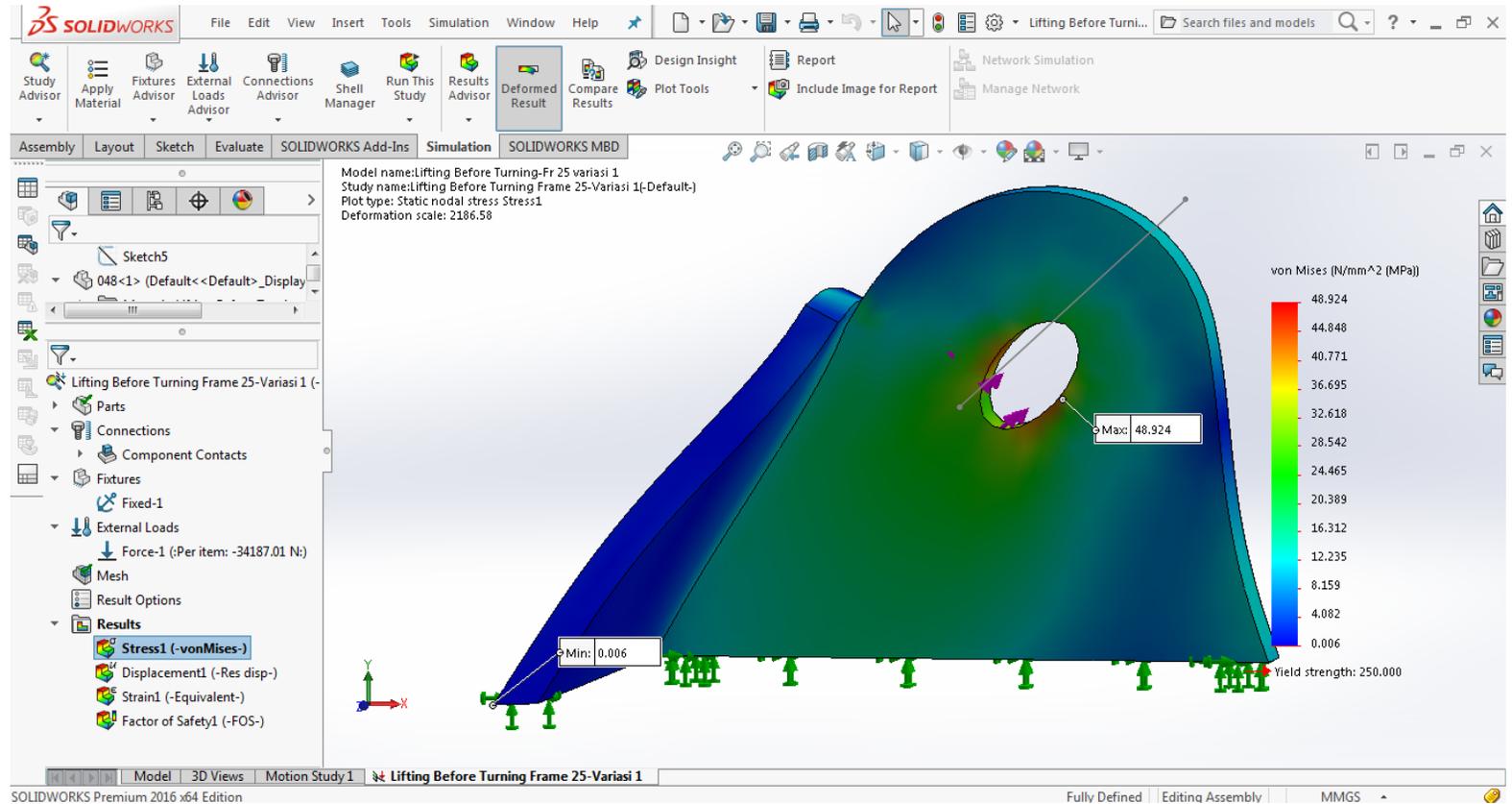
Gambar 4.51. *Mesh Progress*



Gambar 4.52. *Meshing Model*

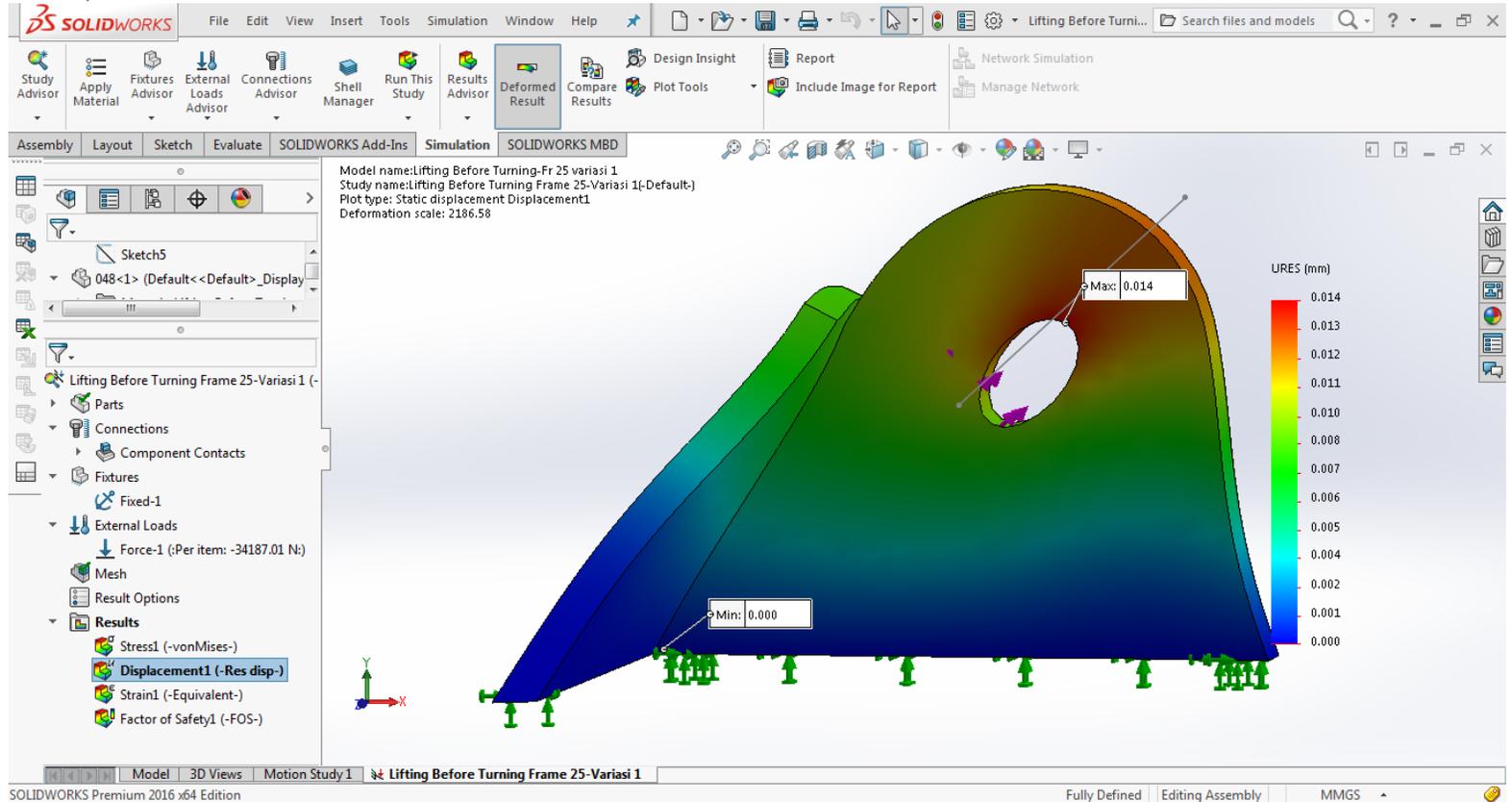
Setelah *meshing* telah dilakukan, selanjutnya dilakukan *running* pada simulasi untuk mengetahui hasil dari perencanaan simulasi yang telah dilakukan. Berikut hasil simulasi yang dilakukan pada *lifting eyes* dan *bracket* untuk pada masing-masing kondisi serta variasi.

4.11. Hasil simulasi pada perancangan *lifting eyes* dan *bracket* pada kondisi *lifting before turning* (Frame 25 bagian bottom) Stress yang terjadi pada variasi 1 (melintang) *lifting eyes* dan *bracket* untuk *lifting before turning* (Frame 25 bagian bottom)



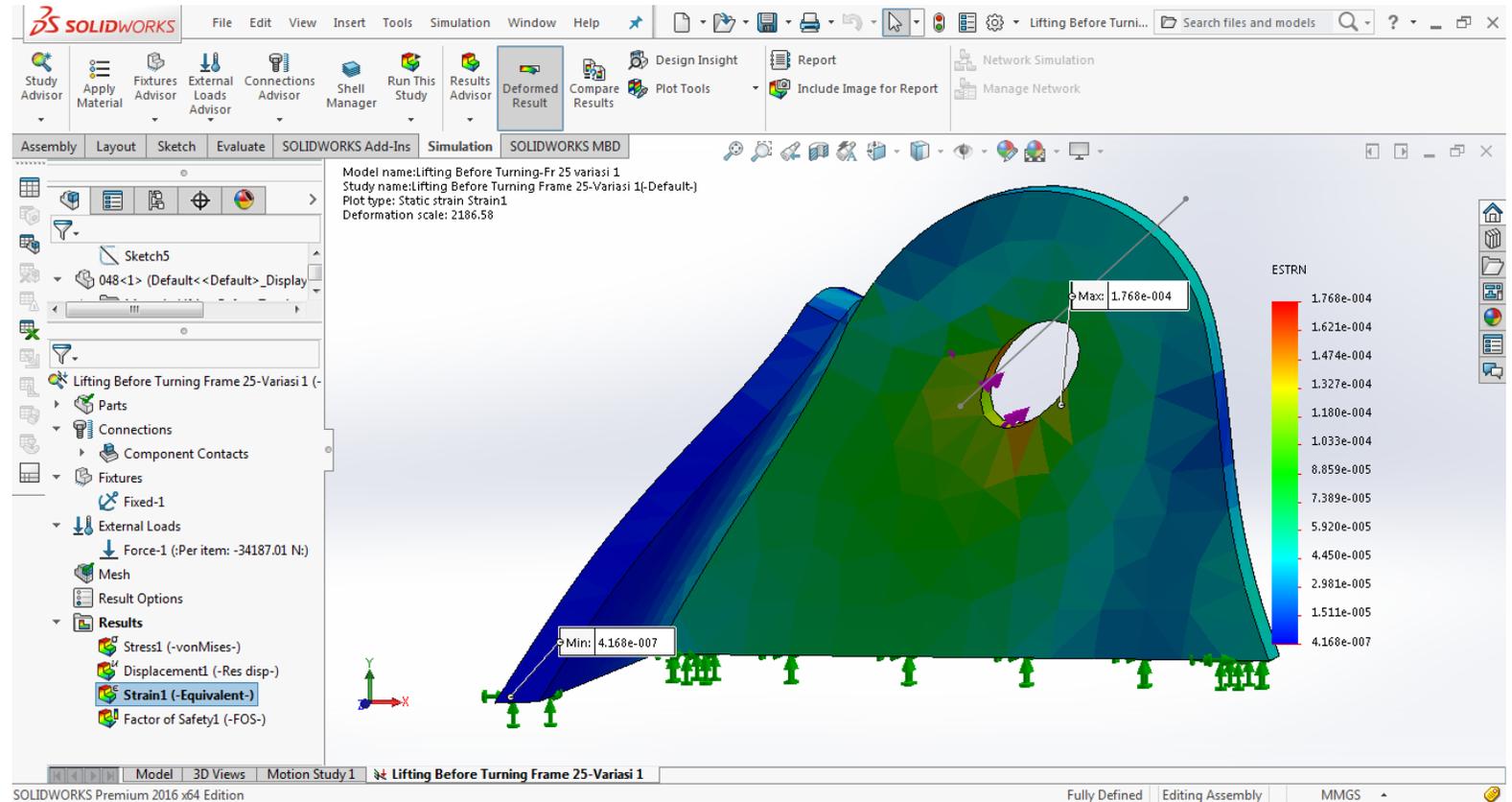
Gambar 4.53. Stress pada *Lifting eyes* 1-6 dan *Bracket* 6443/048

Displacement yang terjadi pada variasi 1 (melintang) *lifting eyes* dan *bracket* untuk *lifting before turning* (Frame 25 bagian bottom)



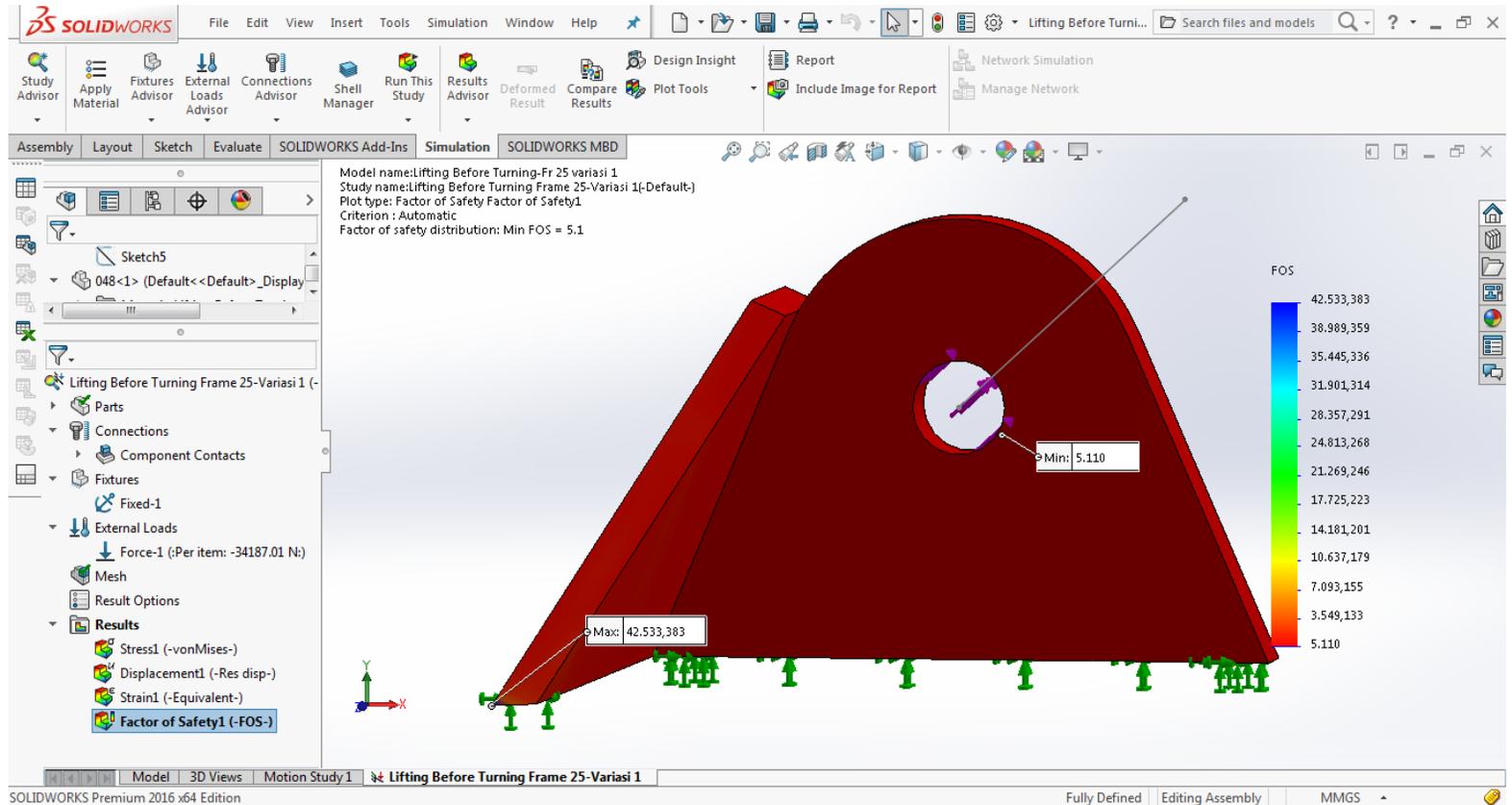
Gambar 4.54. Displacement pada *Lifting eyes* 1-6 dan *Bracket* 6443/048

Strain yang terjadi pada variasi 1 (melintang) *lifting eyes* dan *bracket* untuk *lifting before turning* (Frame 25 bagian bottom)



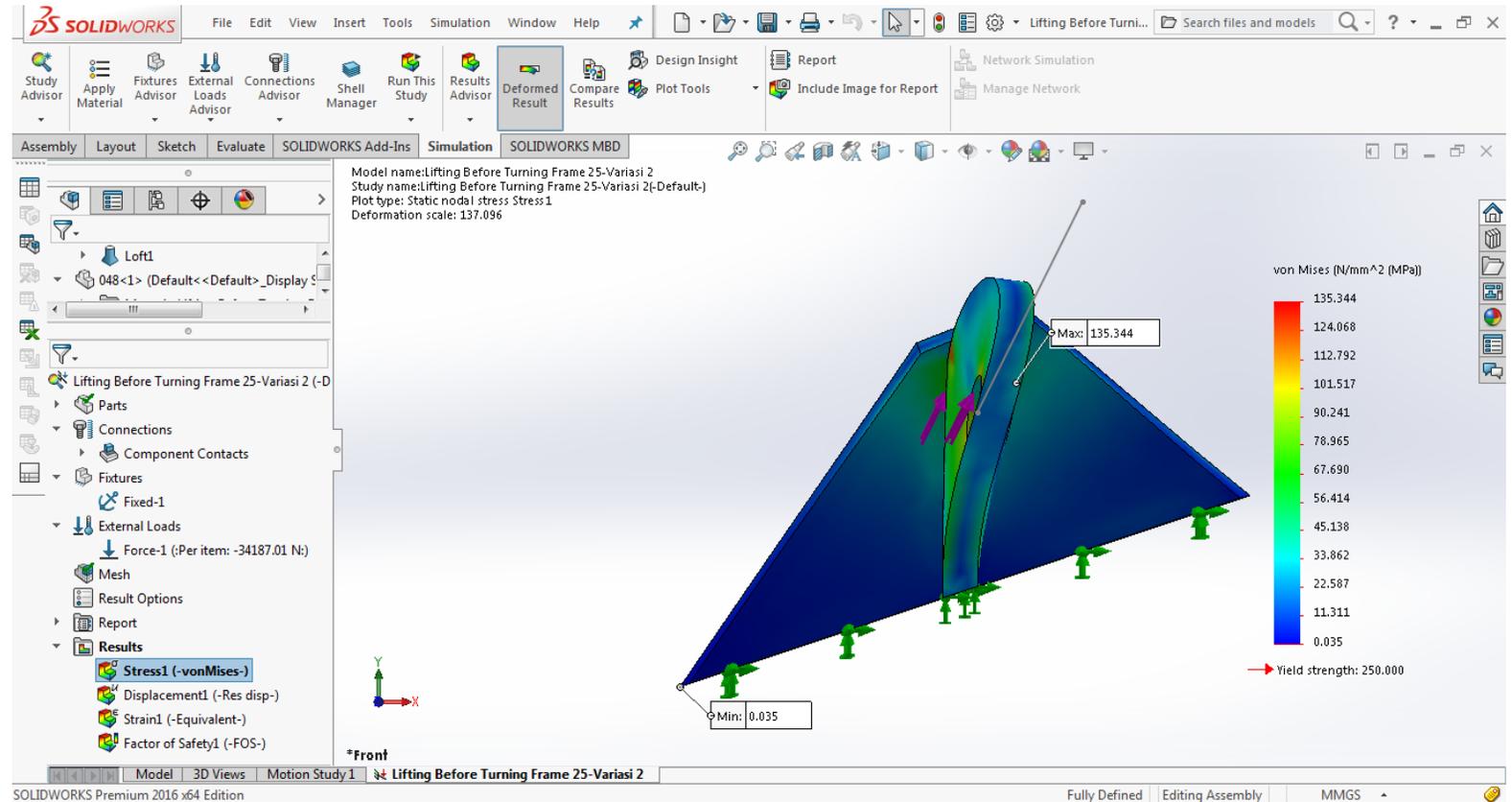
Gambar 4.55. Strain pada *Lifting eyes* 1-6 dan *Bracket* 6443/048

Factor of safety yang terjadi pada variasi 1 (melintang) *lifting eyes* dan *bracket* untuk *lifting before turning* (Frame 25 bagian bottom)



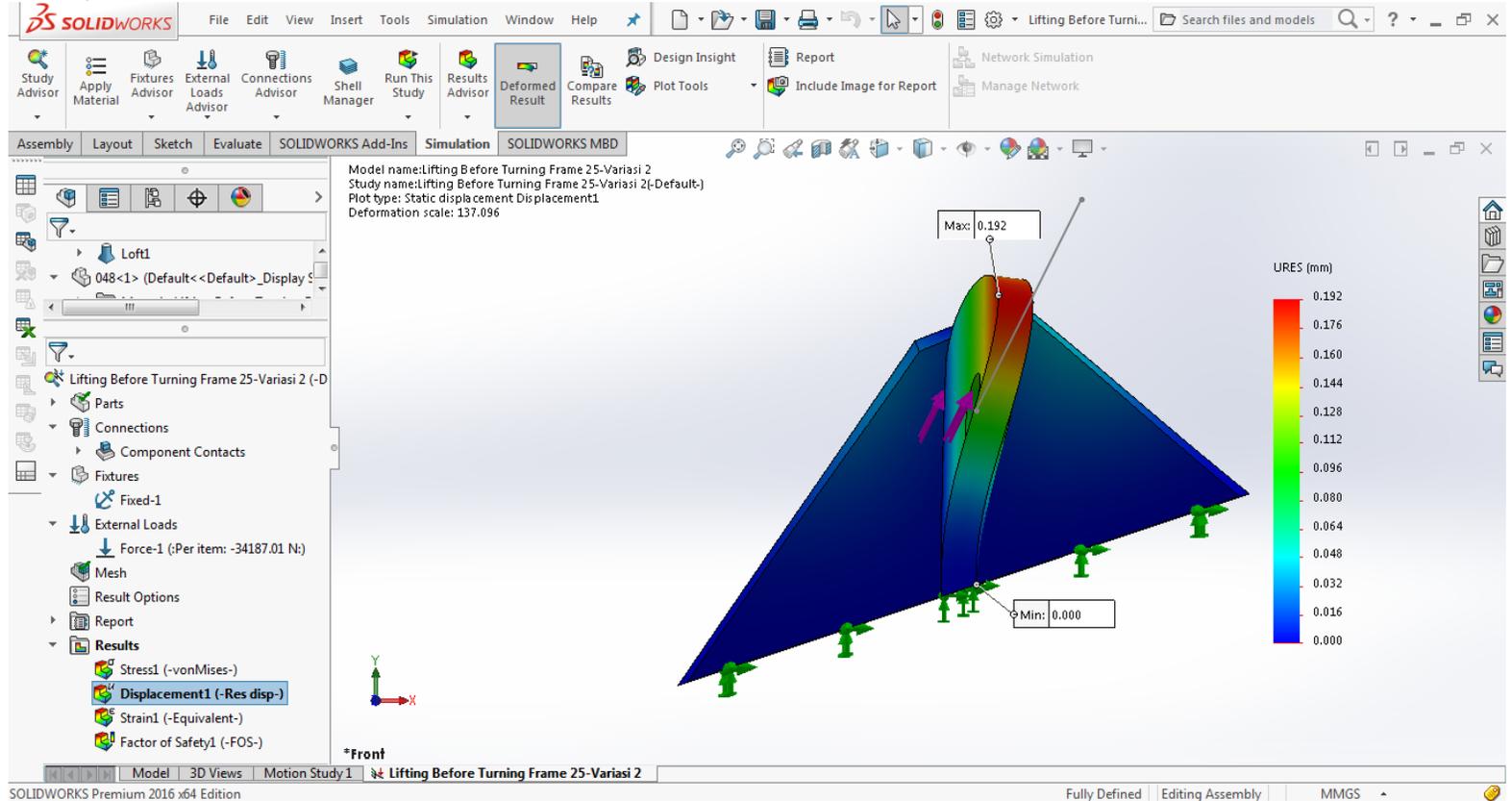
Gambar 4.56. Factor of safety pada *Lifting eyes* 1-6 dan *Bracket* 6443/048

Stress yang terjadi pada variasi 2 (memanjang) *lifting eyes* dan *bracket* untuk *lifting before turning* (Frame 25 bagian bottom)



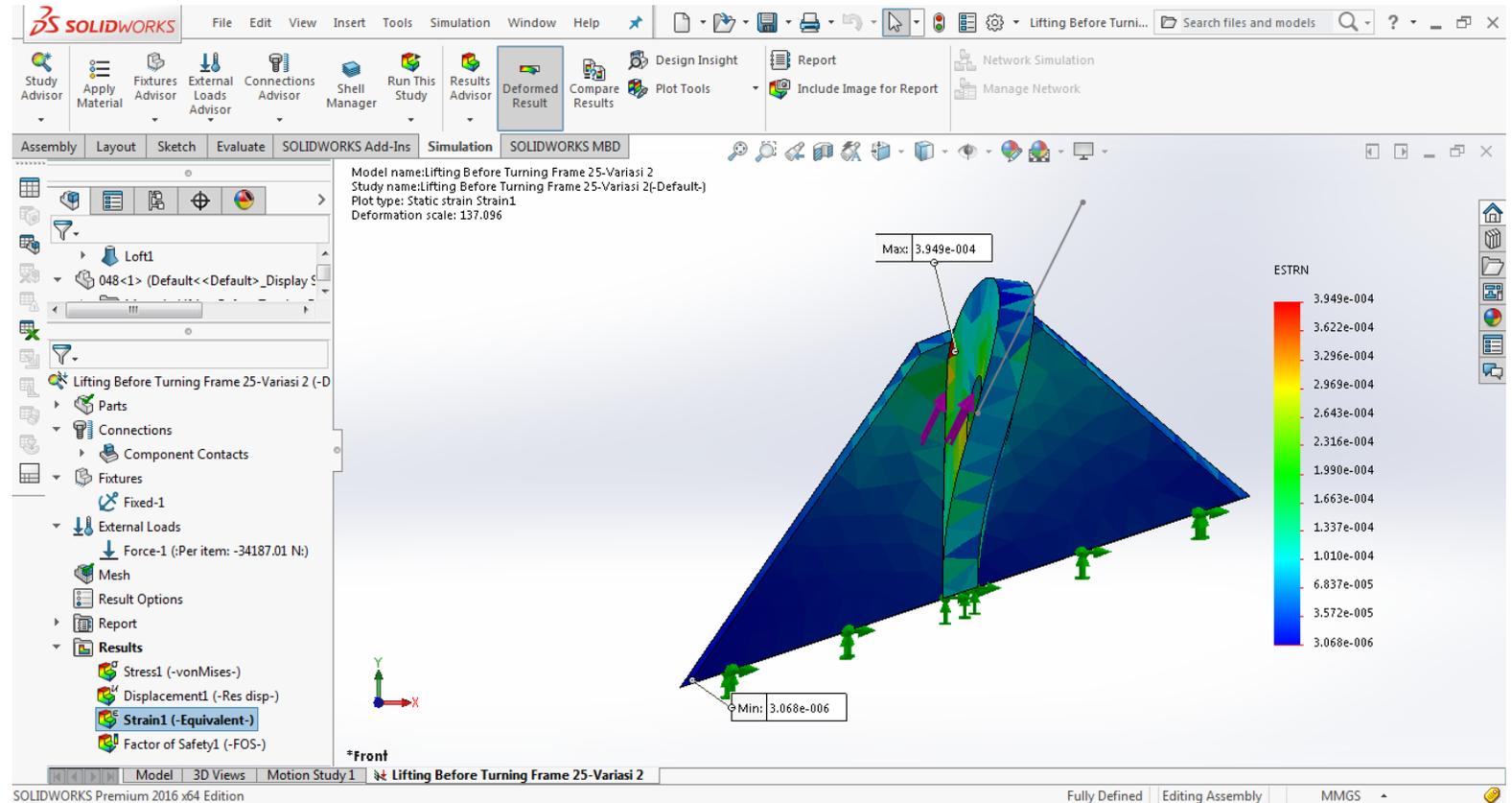
Gambar 4.57. Stress pada *Lifting eyes* 1-6 dan *Bracket* 6443/048

Displacement yang terjadi pada variasi 2 (memanjang) lifting eyes dan bracket untuk lifting before turning (Frame 25 bagian bottom)



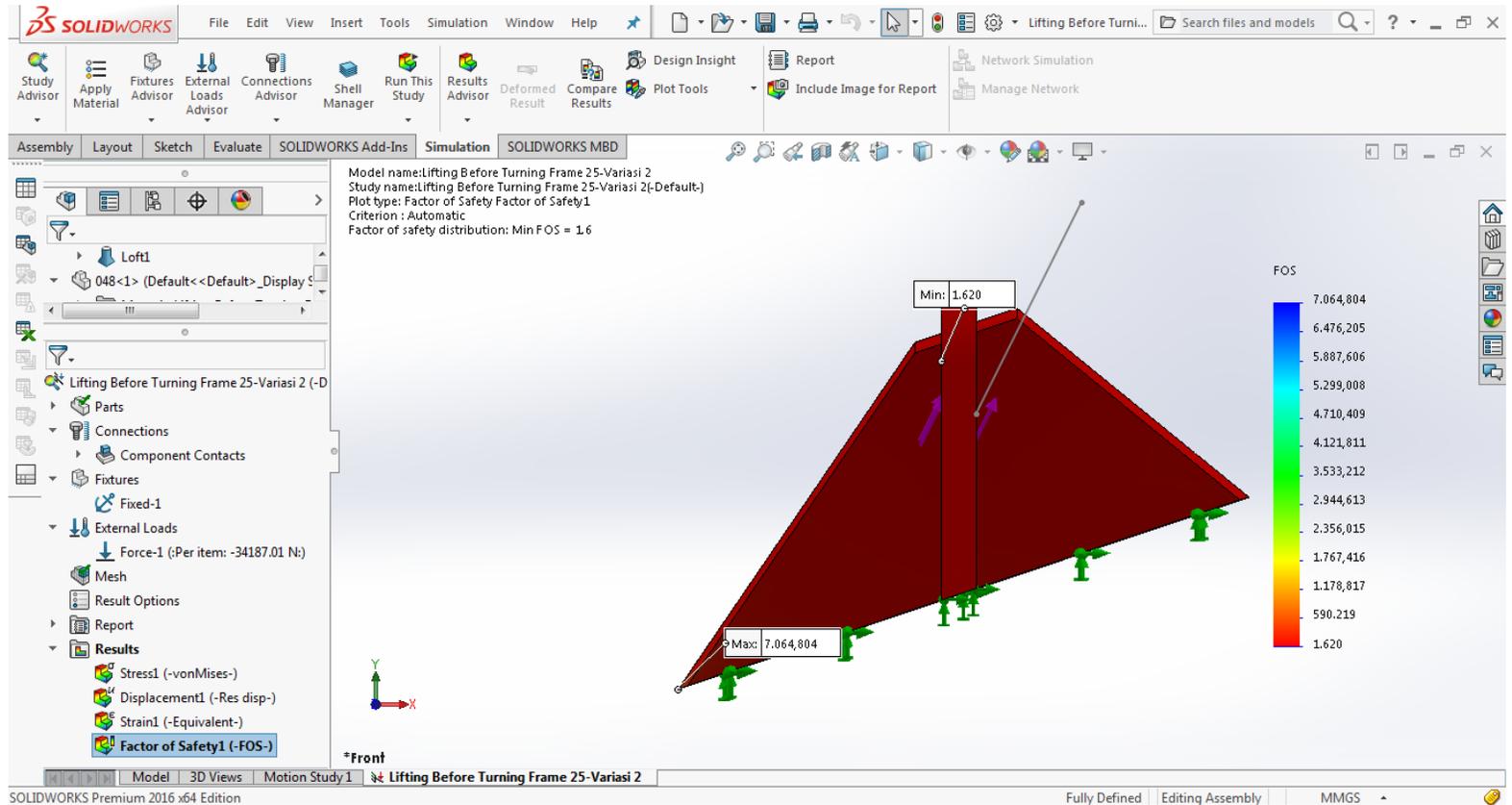
Gambar 4.58. *Displacement pada Lifting eyes 1-6 dan Bracket 6443/048*

Strain yang terjadi pada variasi 2 (memanjang) *lifting eyes* dan *bracket* untuk *lifting before turning* (Frame 25 bagian bottom)



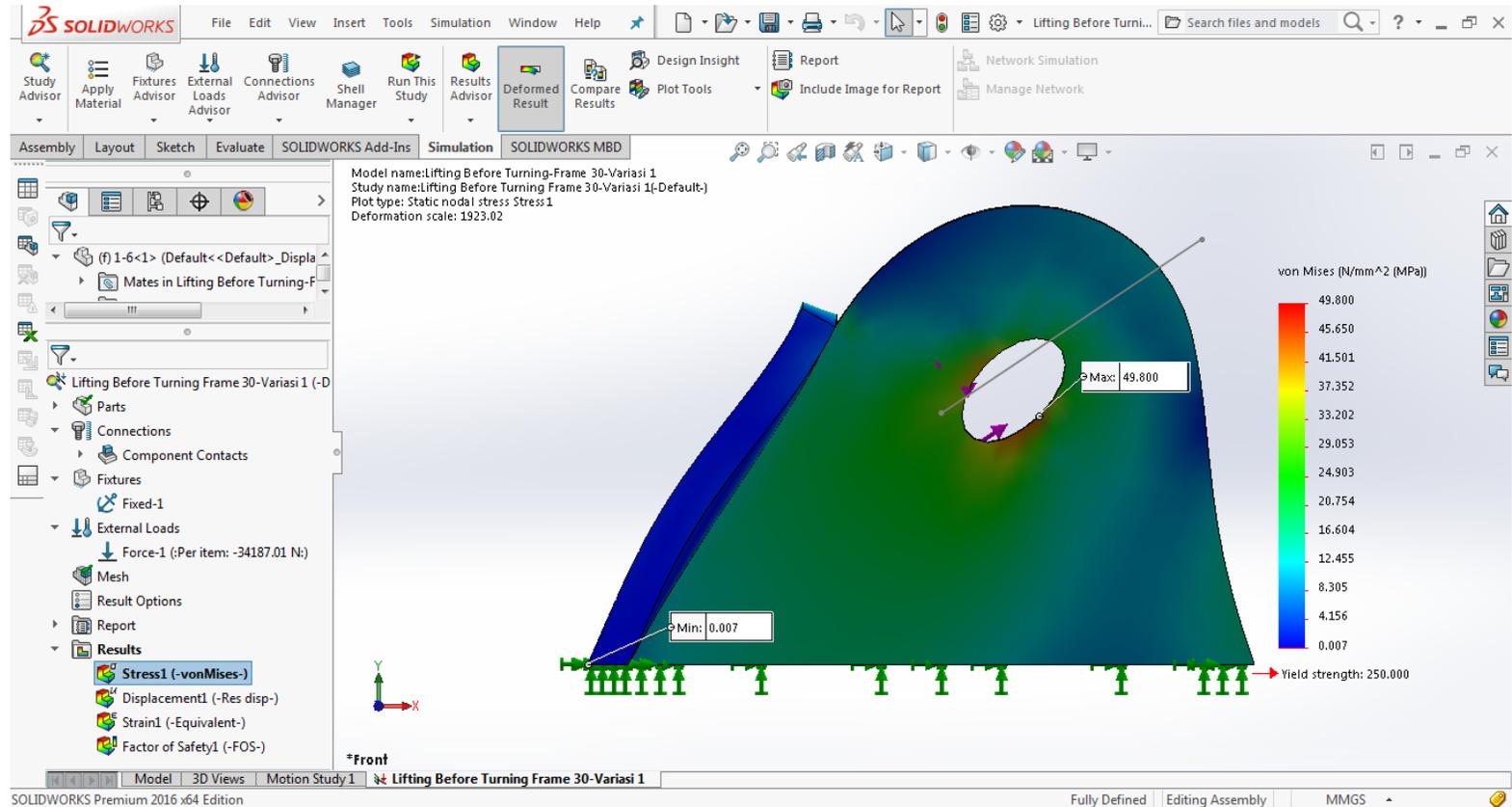
Gambar 4.59. Strain pada *Lifting eyes* 1-6 dan *Bracket* 6443/048

Factor of safety yang terjadi pada variasi 2 (memanjang) lifting eyes dan bracket untuk lifting before turning (Frame 25 bagian bottom)



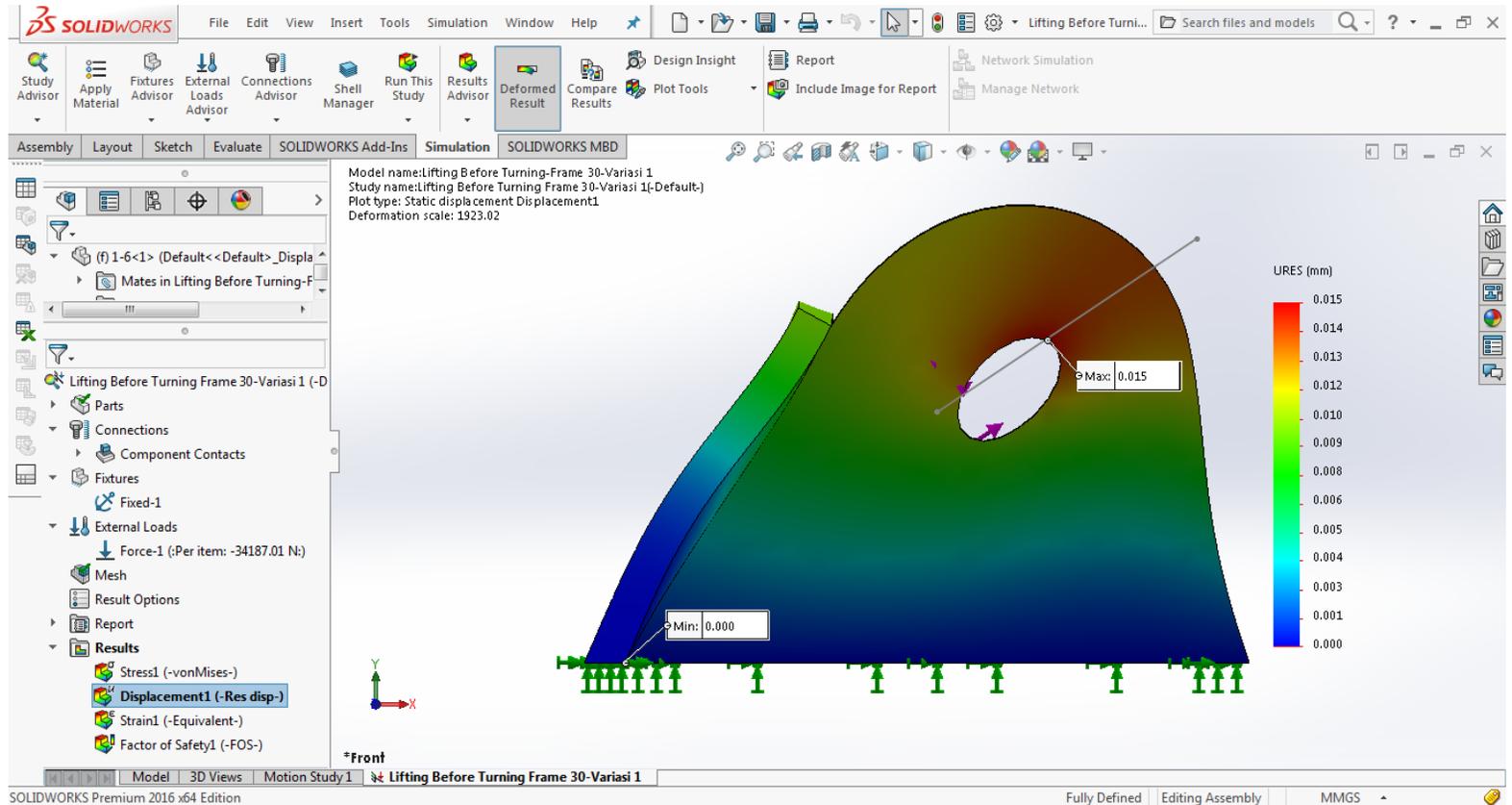
Gambar 4.60. *Factor of safety pada Lifting eyes 1-6 dan Bracket 6443/048*

**4.12. Hasil simulasi pada perancangan *lifting eyes* dan *bracket* pada kondisi *lifting before turning* (Frame 30 bagian bottom)
Stress yang terjadi pada variasi 1 (melintang) *lifting eyes* dan *bracket* untuk *lifting before turning* (Frame 30 bagian bottom)**



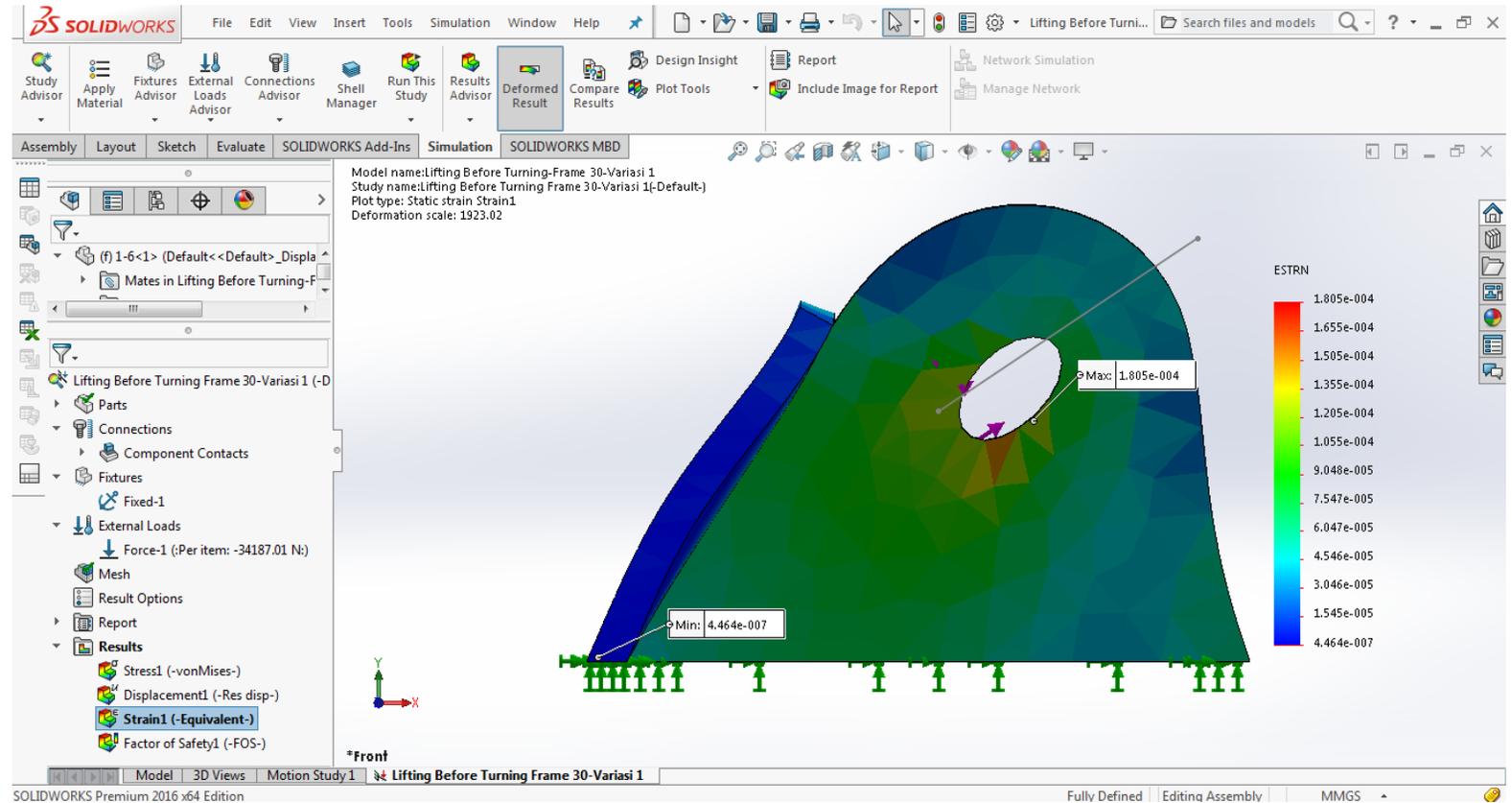
Gambar 4.61. Stress pada *Lifting eyes* 1-6 dan *Bracket* 6443/048

Displacement yang terjadi pada variasi 1 (melintang) *lifting eyes* dan *bracket* untuk *lifting before turning turning* (Frame 30 bagian bottom)



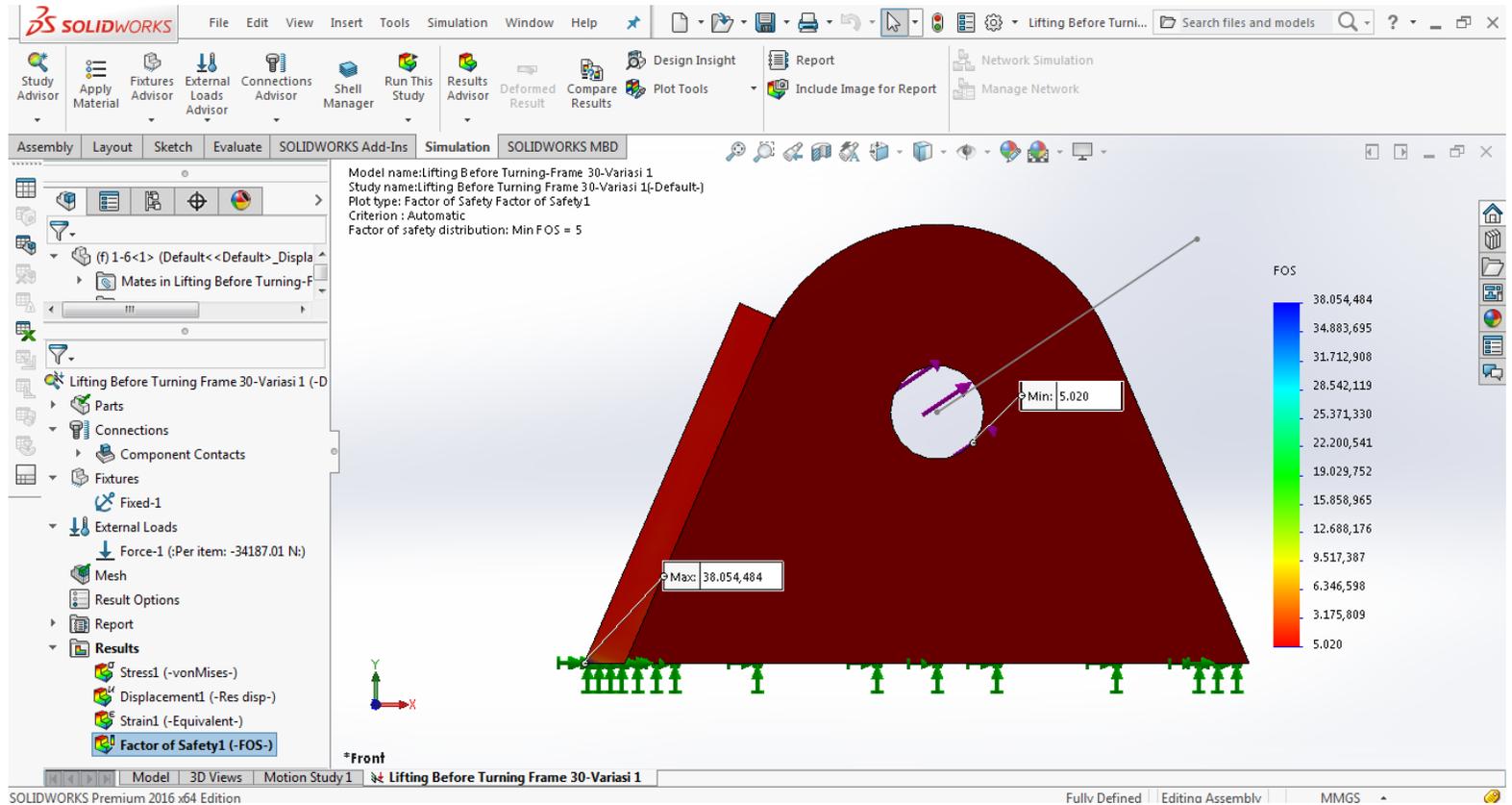
Gambar 4.62. Displacement pada *Lifting eyes* 1-6 dan *Bracket* 6443/048

Strain yang terjadi pada variasi 1 (melintang) *lifting eyes* dan *bracket* untuk *lifting before turning* (Frame 30 bagian bottom)



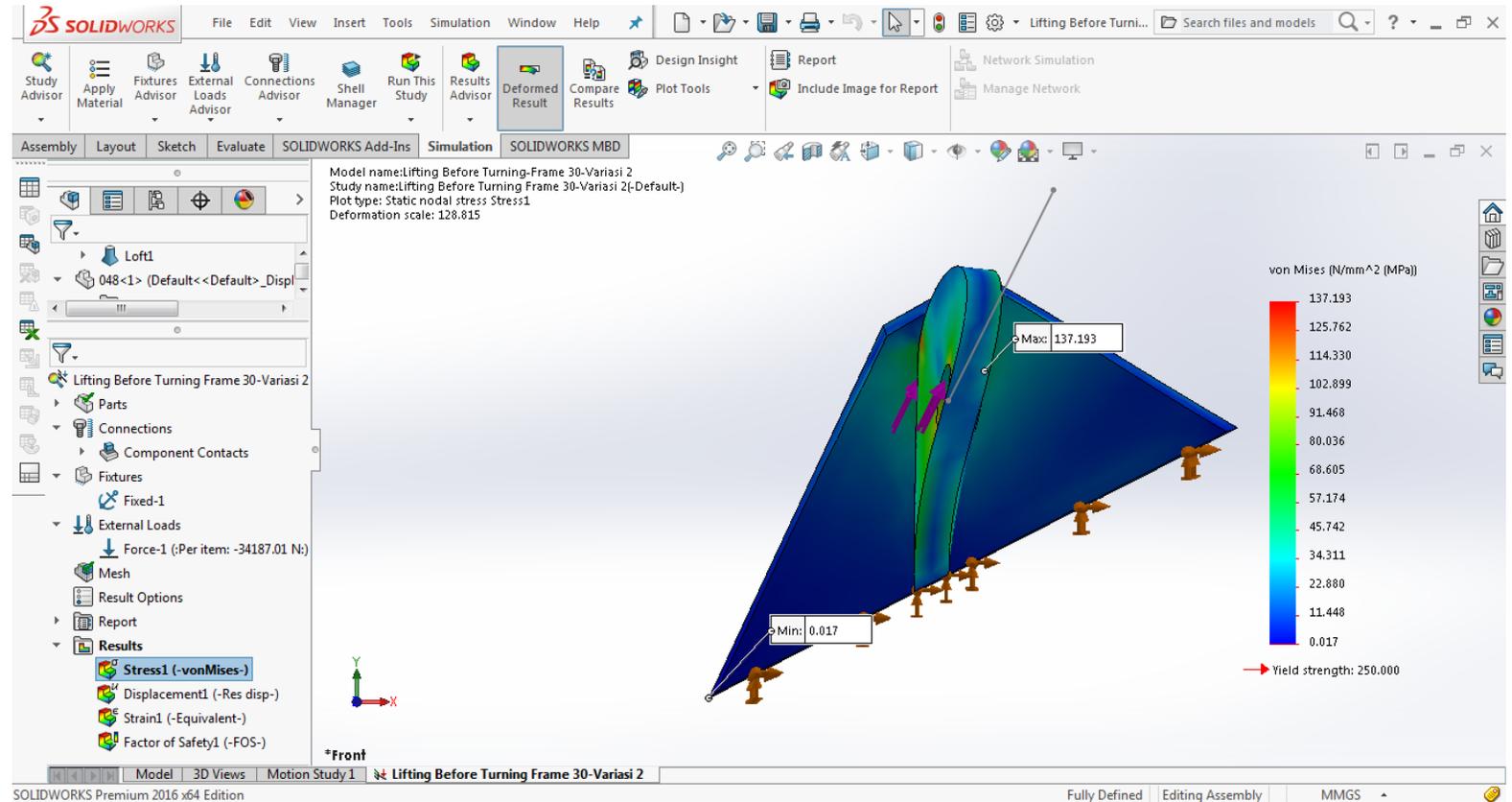
Gambar 4.63. Strain pada *Lifting eyes* 1-6 dan *Bracket* 6443/048

Factor of safety yang terjadi pada variasi 1 (melintang) *lifting eyes* dan *bracket* untuk *lifting before turning* (Frame 30 bagian bottom)



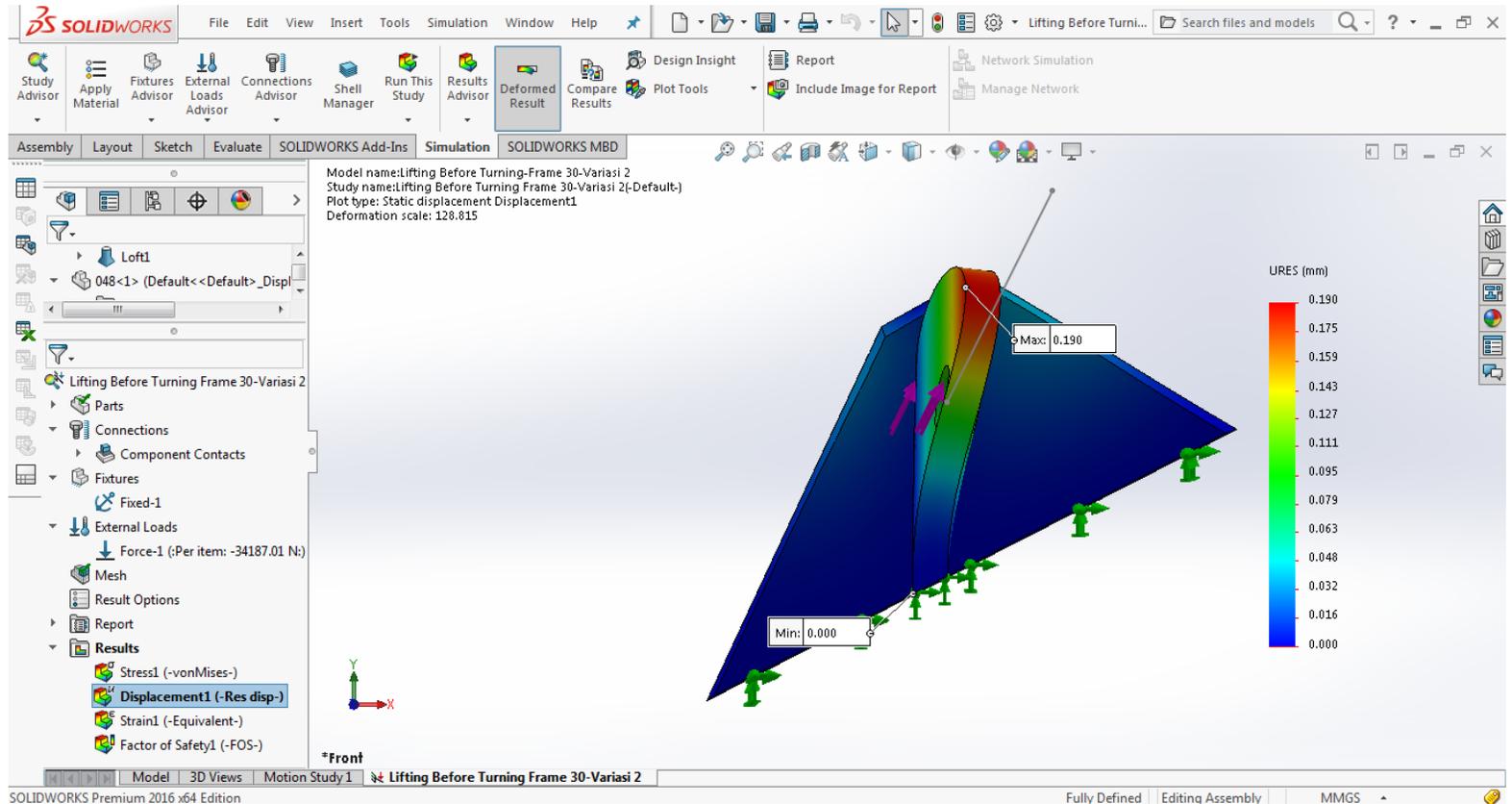
Gambar 4.64. Factor of safety pada *Lifting eyes* 1-6 dan *Bracket* 6443/048

Stress yang terjadi pada variasi 2 (memanjang) *lifting eyes* dan *bracket* untuk *lifting before turning* (Frame 30 bagian bottom)



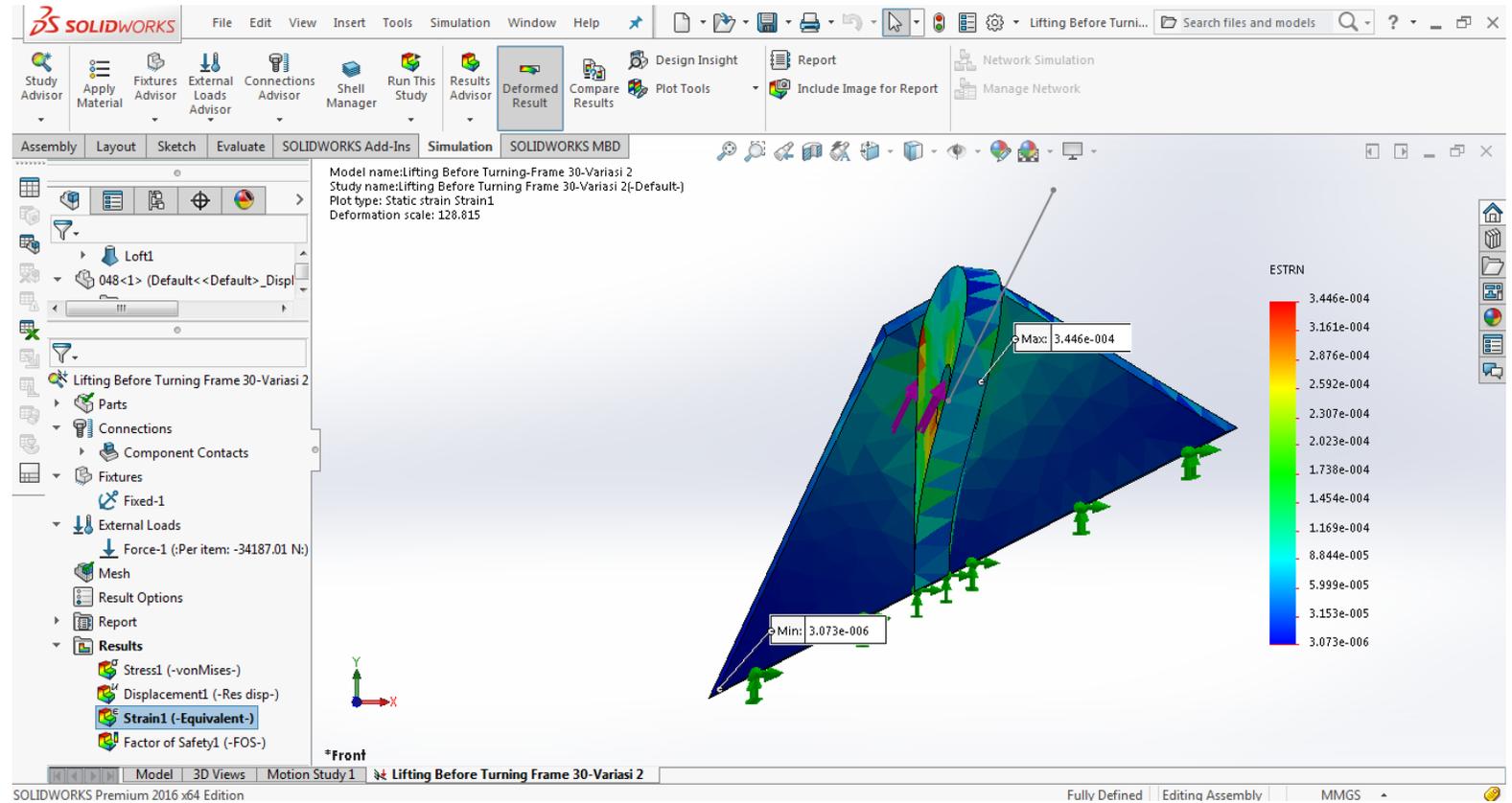
Gambar 4.65. Stress pada *Lifting eyes* 1-6 dan *Bracket* 6443/048

Displacement yang terjadi pada variasi 2 (memanjang) lifting eyes dan bracket untuk lifting before turning turning (Frame 30 bagian bottom)



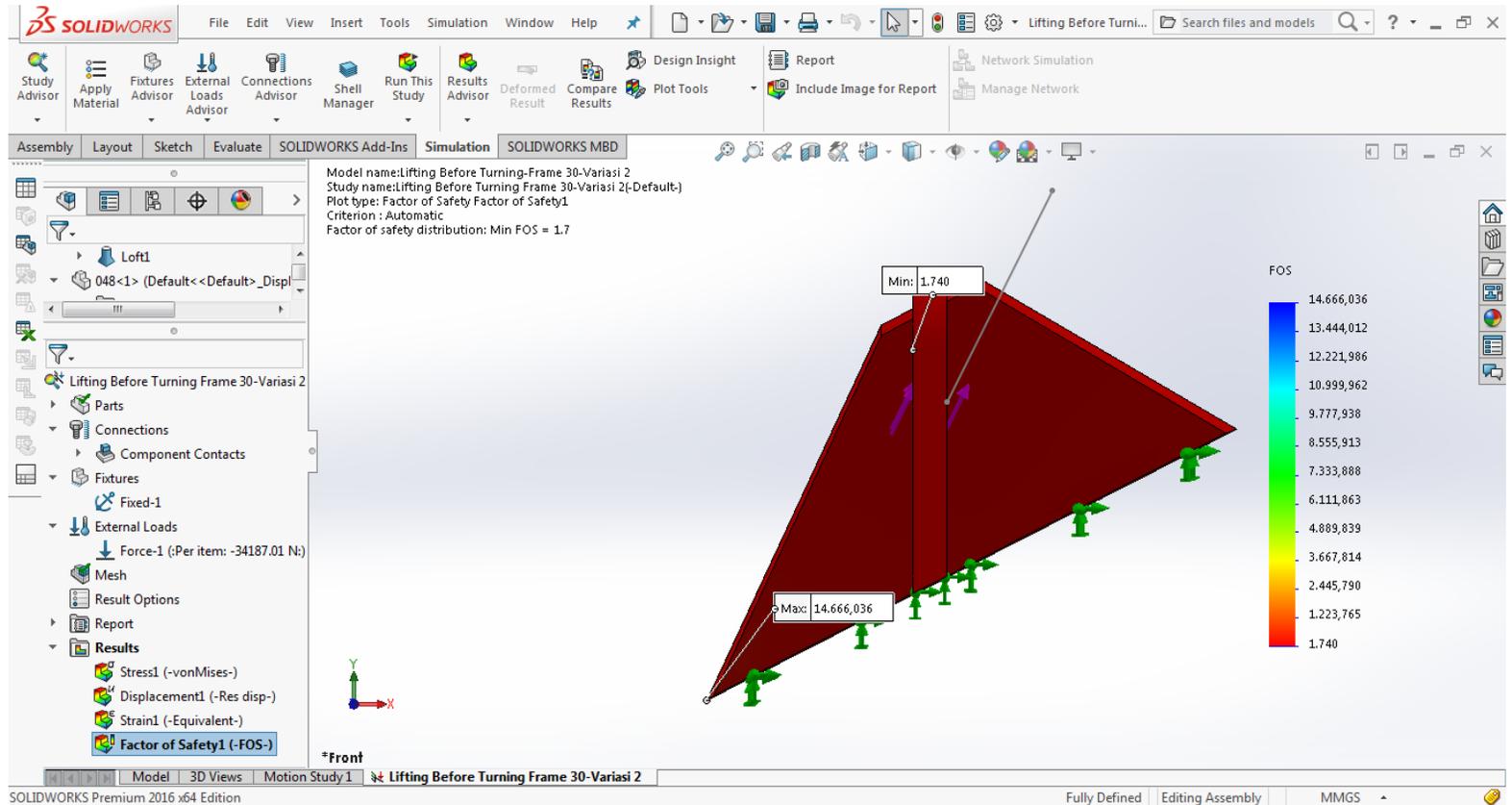
Gambar 4.66. Displacement pada Lifting eyes 1-6 dan Bracket 6443/048

Strain yang terjadi pada variasi 2 (memanjang) *lifting eyes* dan *bracket* untuk *lifting before turning* (Frame 30 bagian bottom)



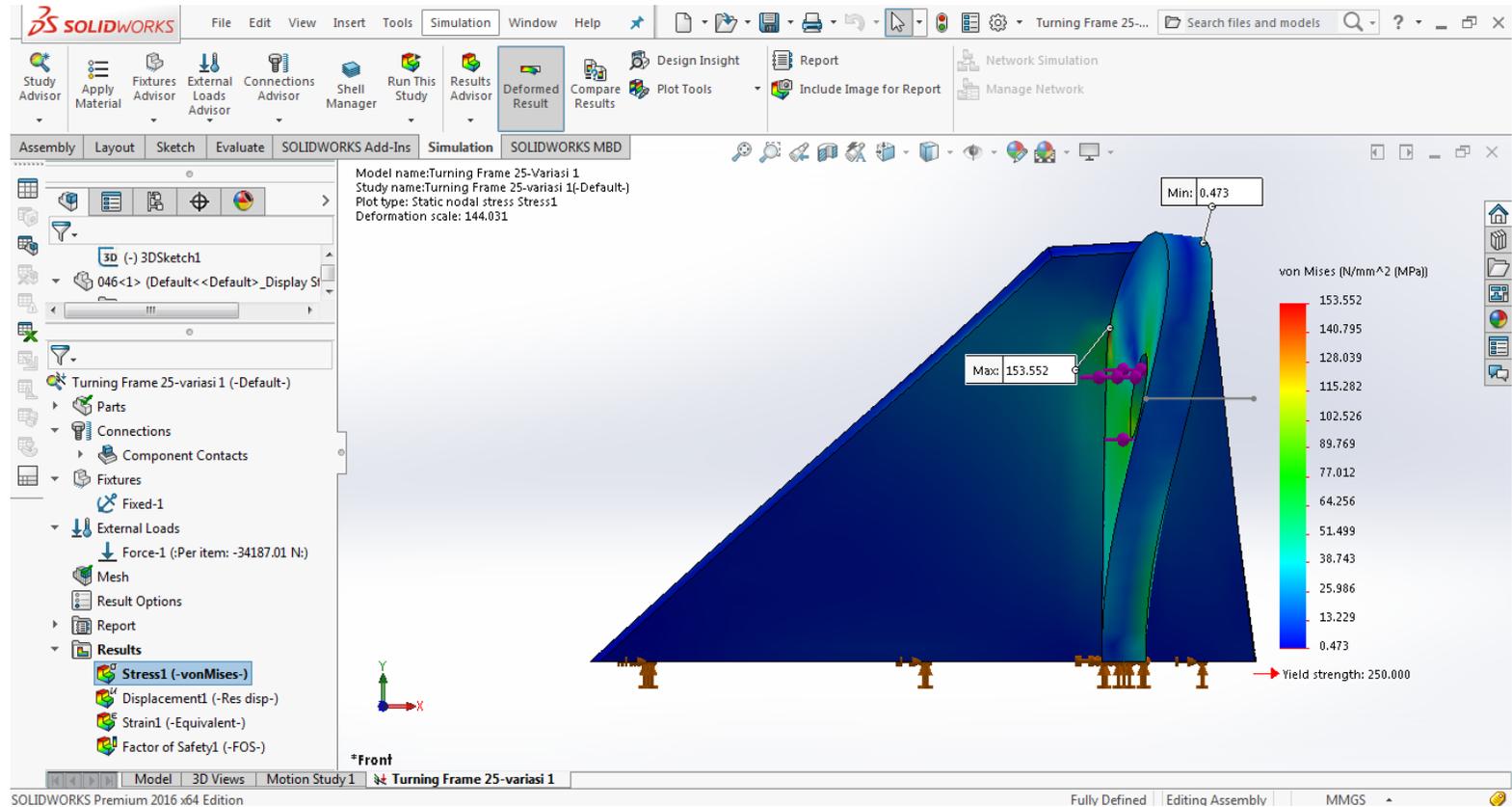
Gambar 4.67. Strain pada *Lifting eyes* 1-6 dan *Bracket* 6443/048

Factor of safety yang terjadi pada variasi 2 (memanjang) *lifting eyes* dan *bracket* untuk *lifting before turning* (Frame 30 bagian bottom)



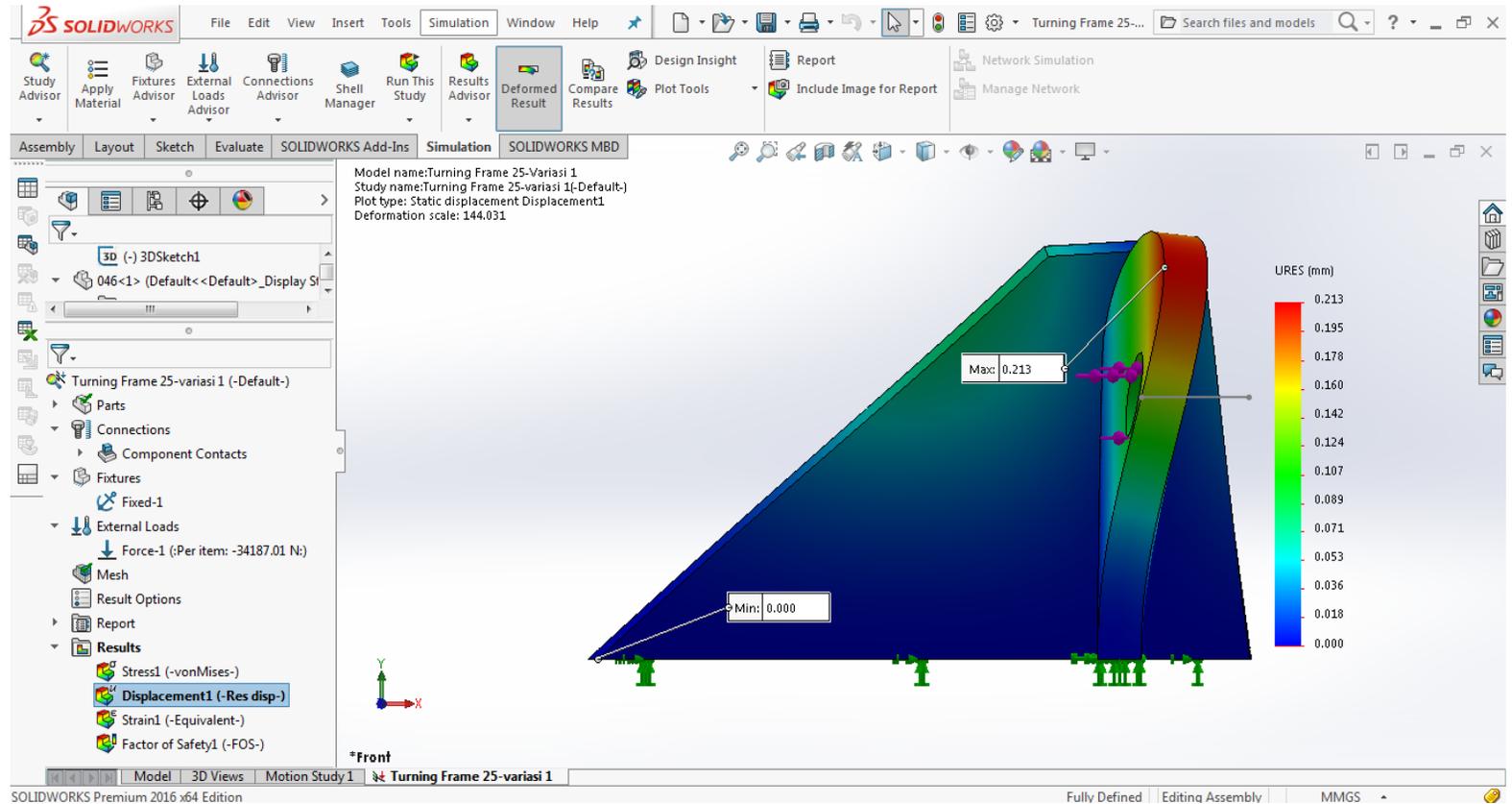
Gambar 4.68. Factor of safety pada *Lifting eyes* 1-6 dan *Bracket* 6443/048

4.13. Hasil simulasi pada perancangan *lifting eyes* dan *bracket* pada kondisi *turning* (Frame 25 bagian deck)
Stress yang terjadi pada variasi 1 *lifting eyes* dengan sudut 90° dan *bracket* untuk *turning* (Frame 25 bagian deck)



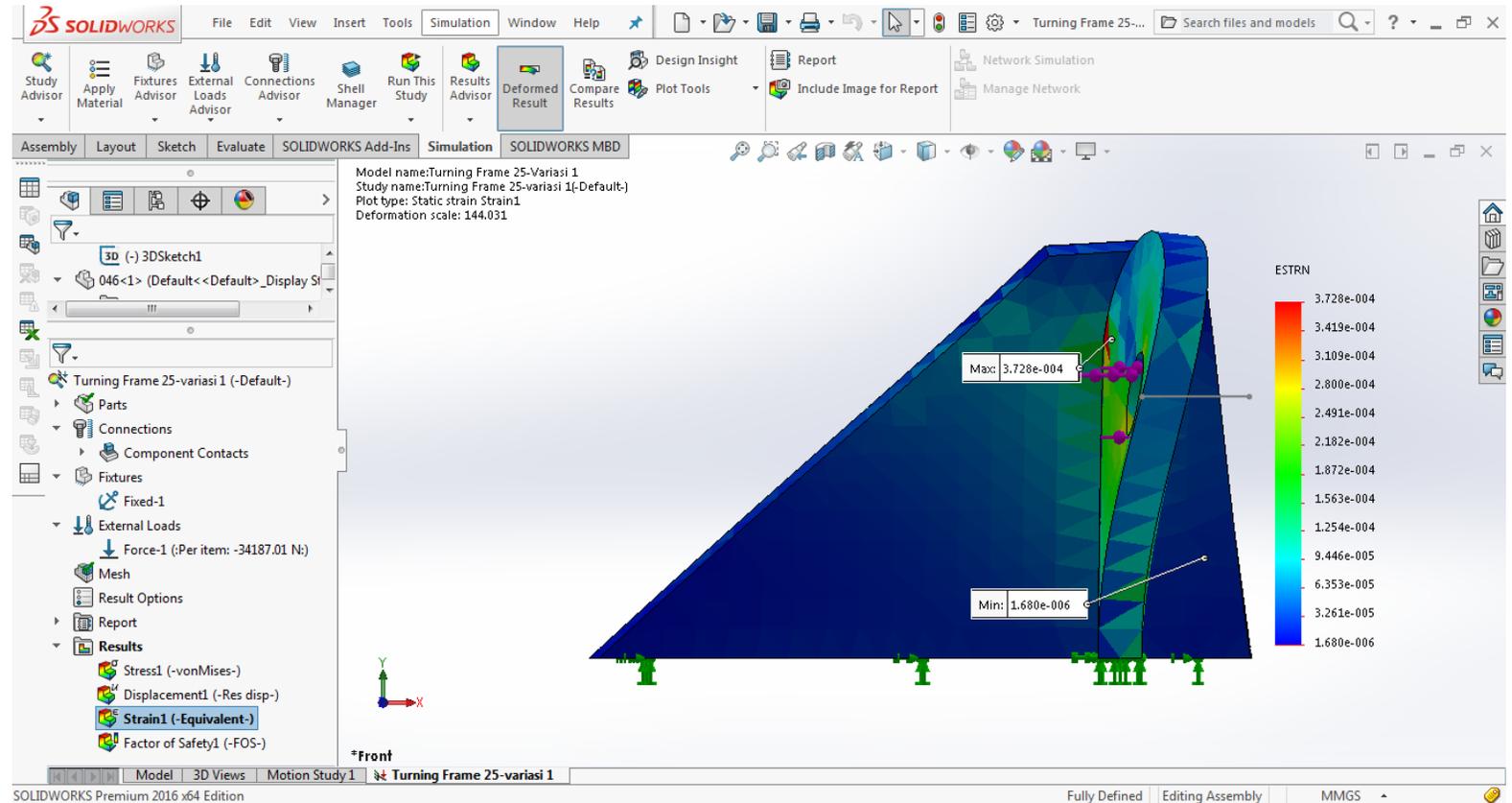
Gambar 4.69. *Stress* pada *Lifting eyes* 1-12 dan *Bracket* 6443/046

Displacement yang terjadi pada variasi 1 lifting eyes dengan sudut 90° dan bracket untuk turning (Frame 25 bagian deck)



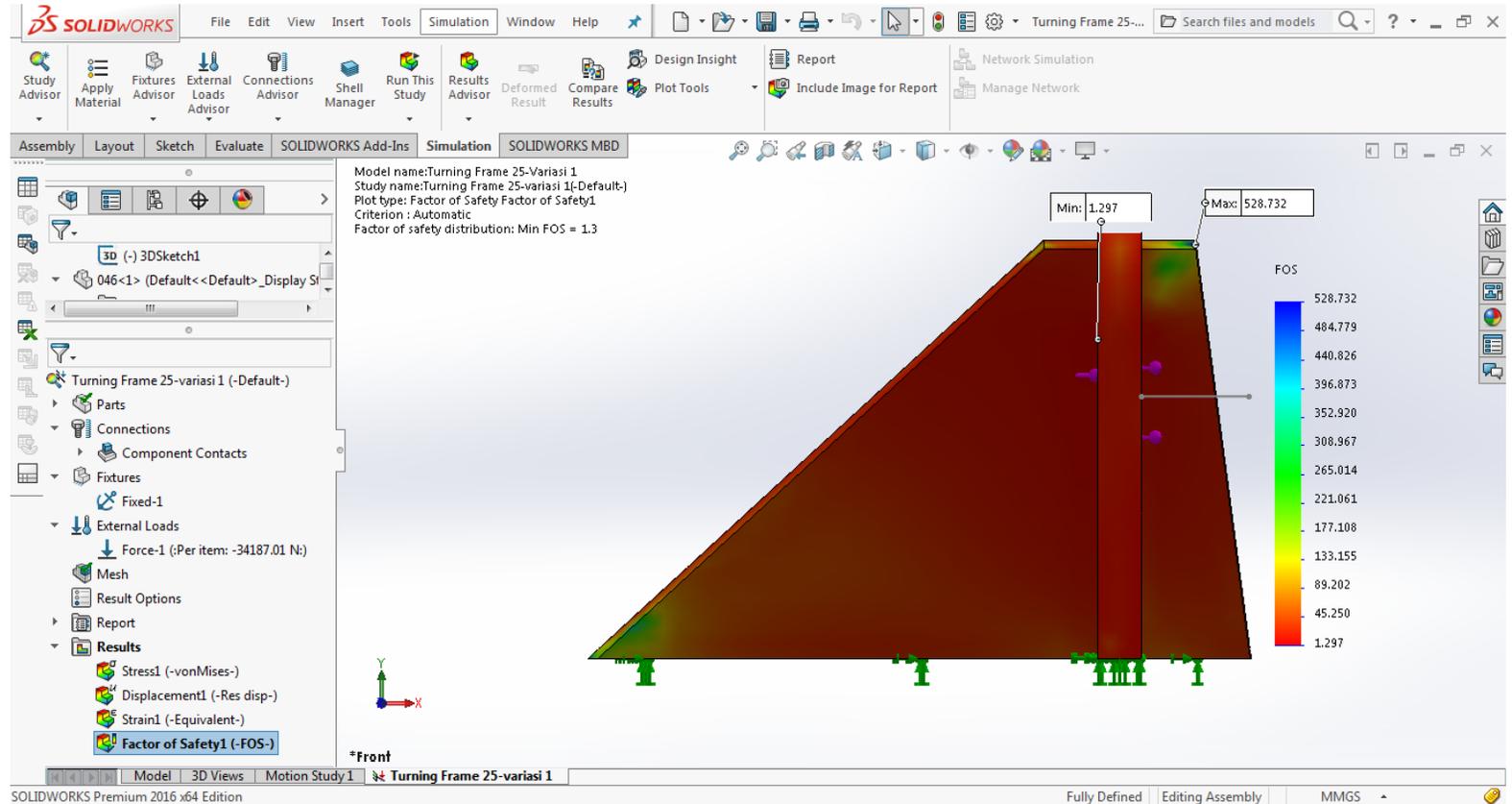
Gambar 4.70. Displacement pada Lifting eyes 1-12 dan Bracket 6443/046

Strain yang terjadi pada variasi 1 *lifting eyes* dengan sudut 90° dan *bracket* untuk *turning* (Frame 25 bagian deck)



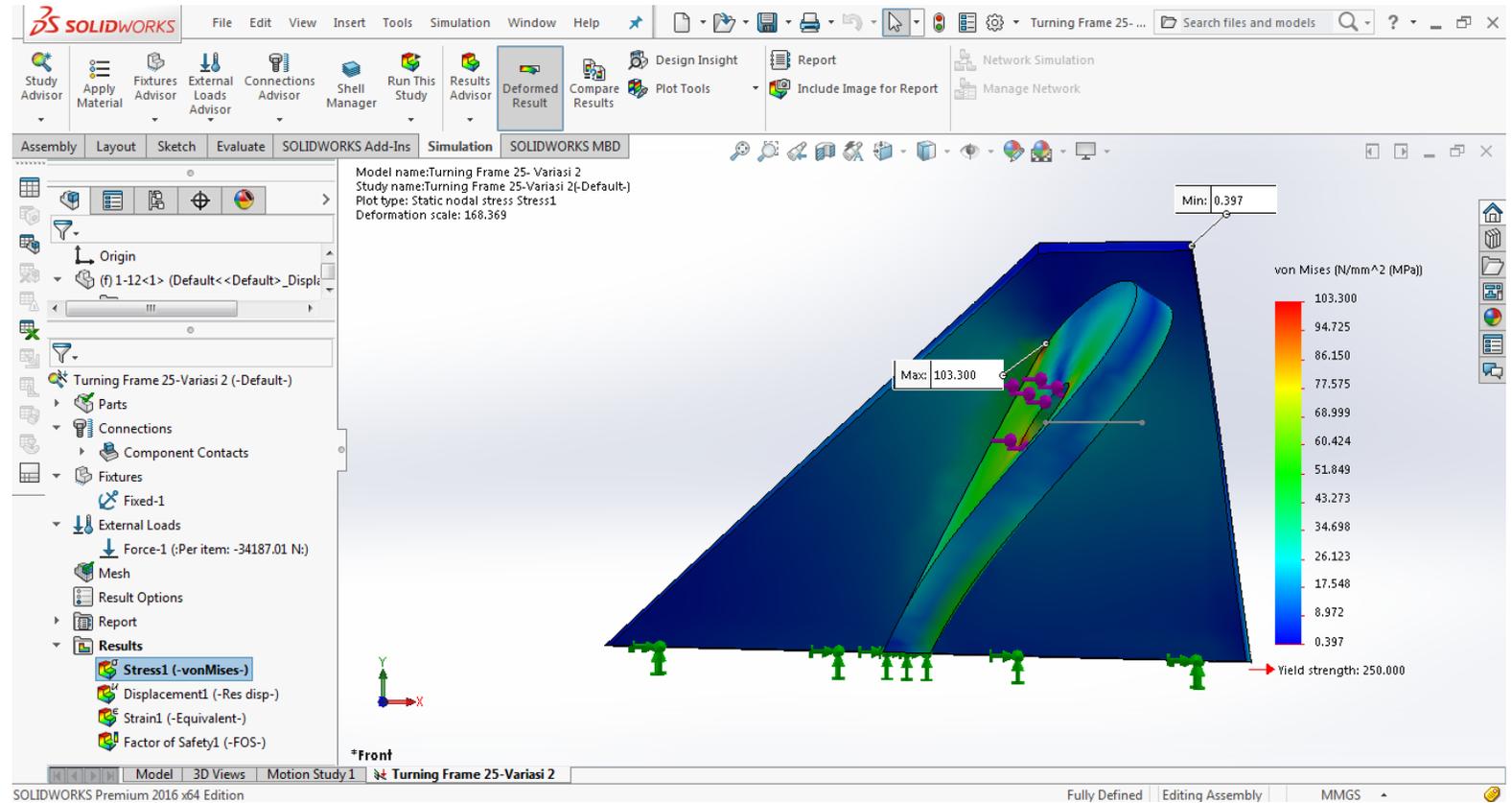
Gambar 4.71. Strain pada *Lifting eyes* 1-12 dan *Bracket* 6443/046

Factor of safety yang terjadi pada variasi 1 *lifting eyes* dengan sudut 90° dan *bracket* untuk *turning* (Frame 25 bagian *deck*)



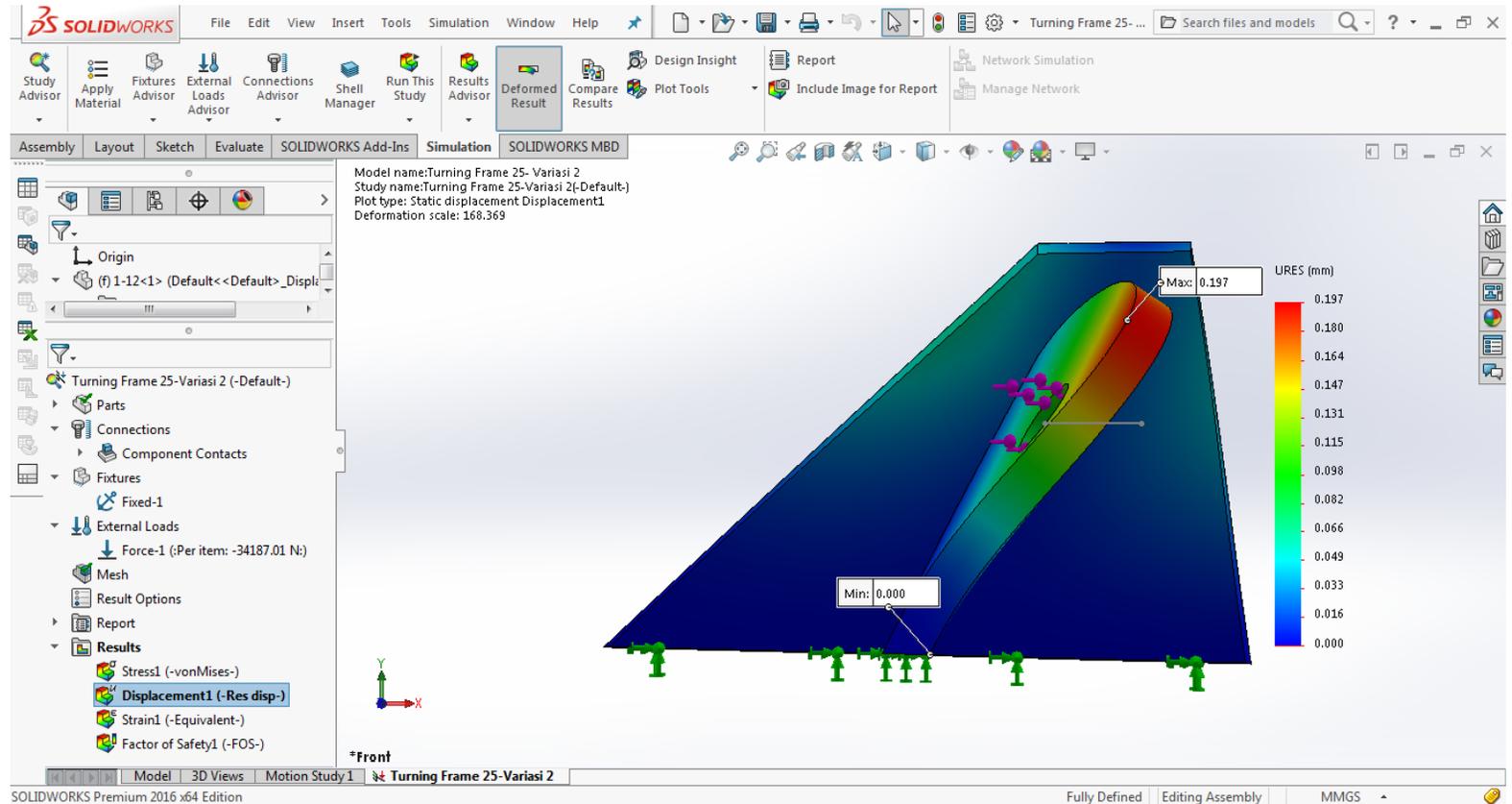
Gambar 4.72. Factor of safety pada *Lifting eyes* 1-12 dan *Bracket* 6443/046

Stress yang terjadi pada variasi 2 *lifting eyes* dengan sudut $63,43^\circ$ dan *bracket* untuk *turning* (Frame 25 bagian *deck*)



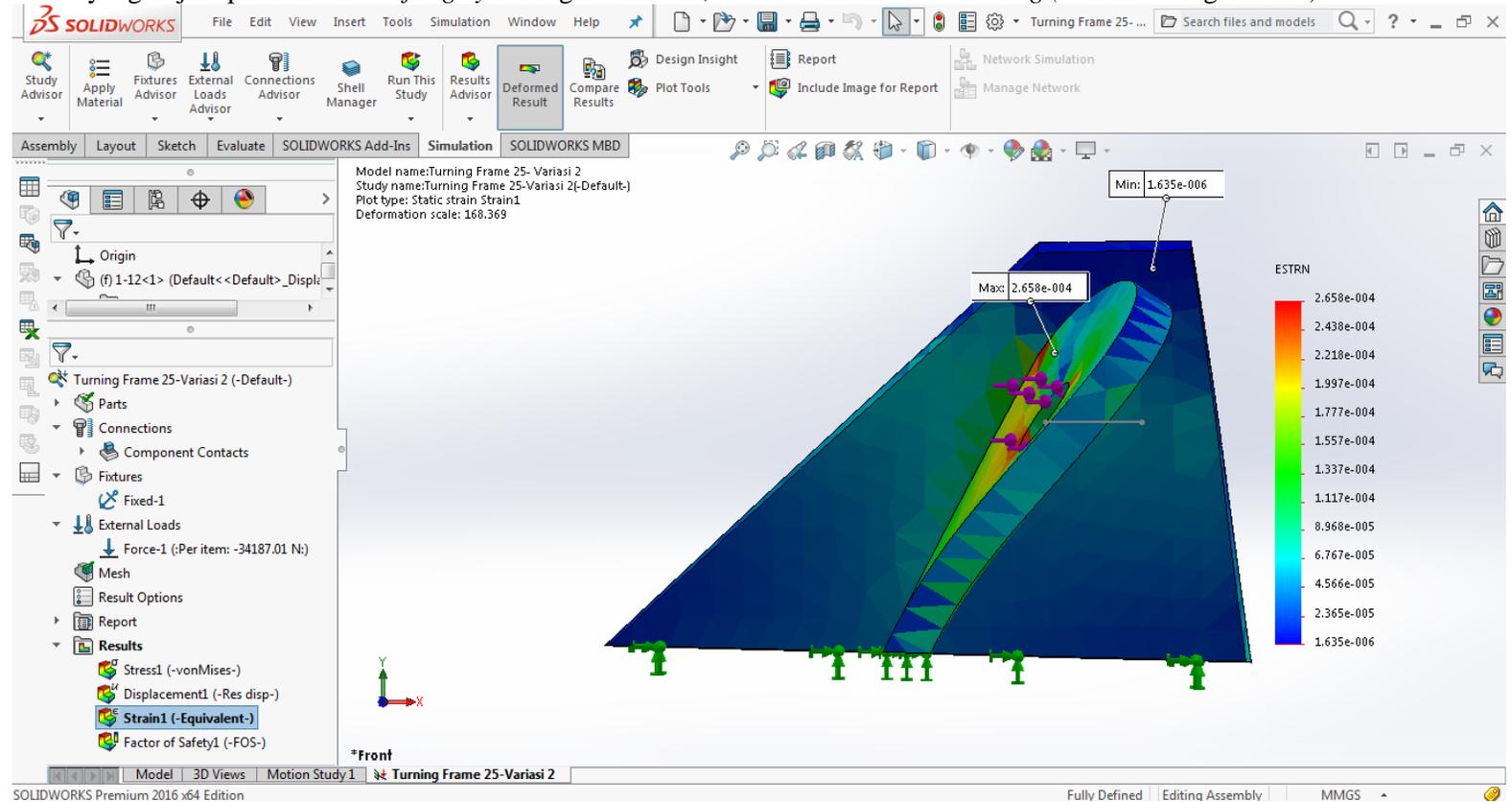
Gambar 4.73. Stress pada *Lifting eyes* 1-12 dan *Bracket* 6443/046

Displacement yang terjadi pada variasi 2 lifting eyes dengan sudut 63,43° dan bracket untuk turning (Frame 25 bagian deck)



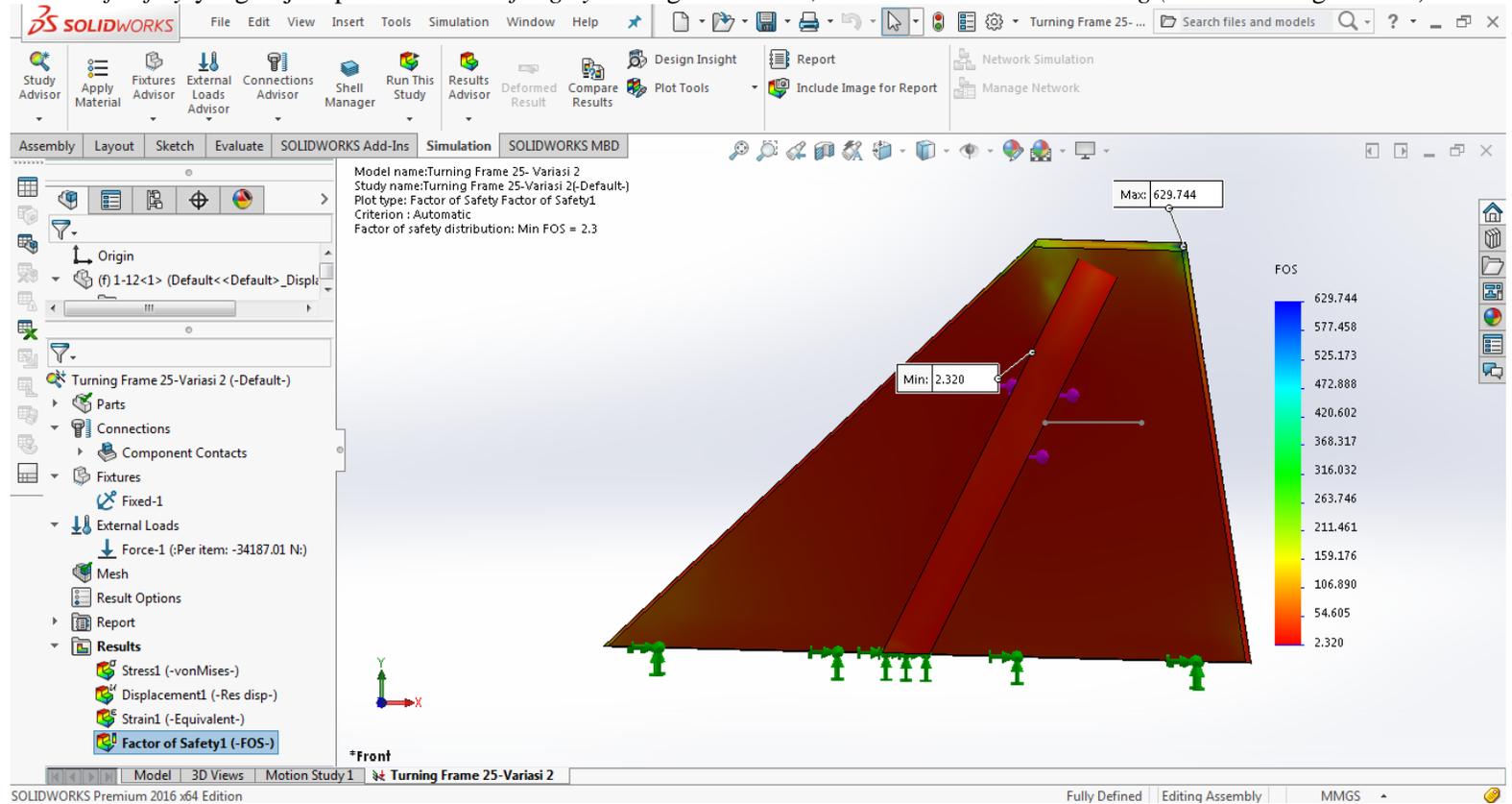
Gambar 4.74. *Displacement pada Lifting eyes 1-12 dan Bracket 6443/046*

Strain yang terjadi pada variasi 2 *lifting eyes* dengan sudut $63,43^\circ$ dan *bracket* untuk *turning* (Frame 25 bagian *deck*)



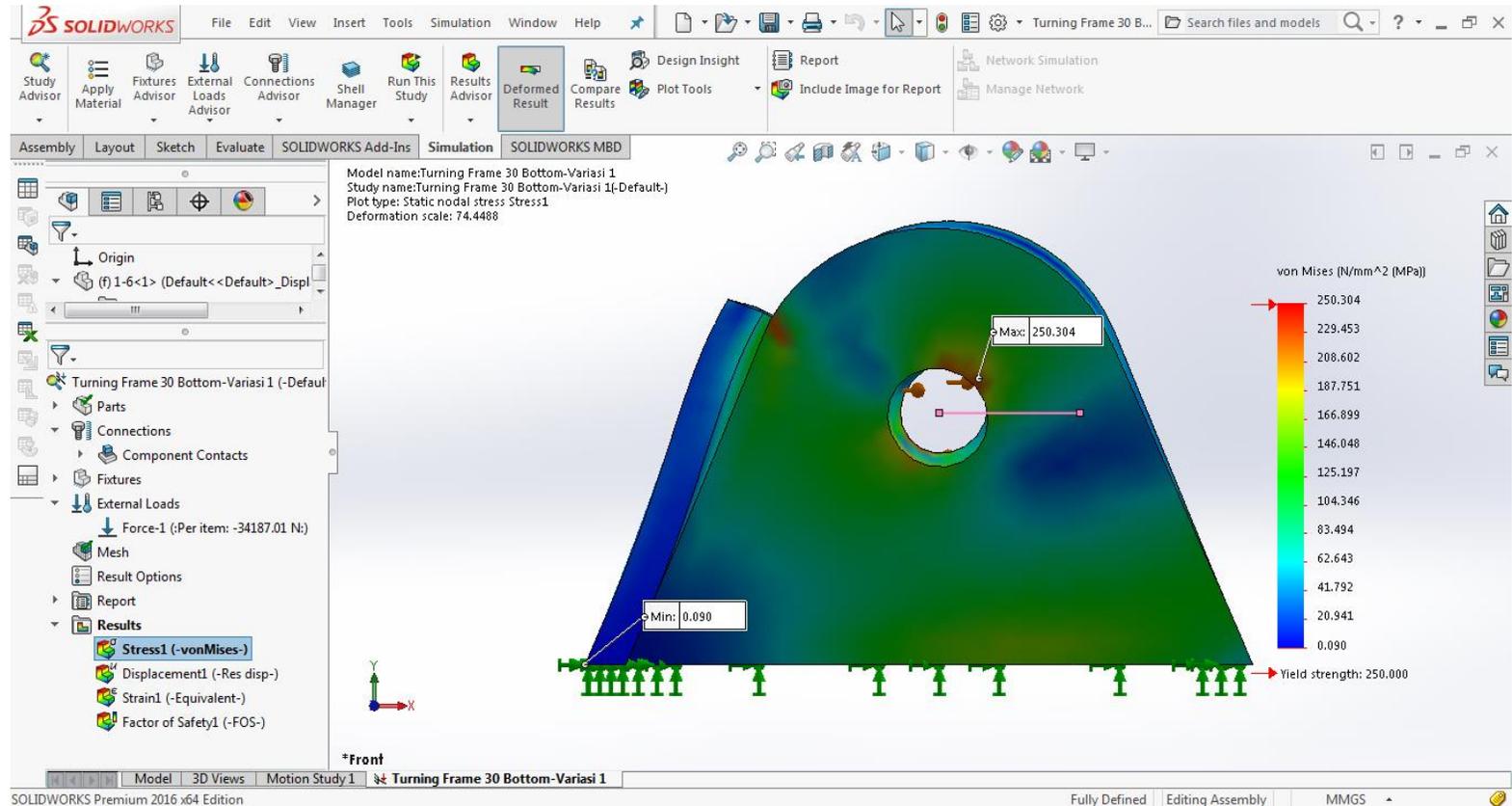
Gambar 4.75. Strain pada *Lifting eyes* 1-12 dan *Bracket* 6443/046

Factor of safety yang terjadi pada variasi 2 lifting eyes dengan sudut 63,43° dan bracket untuk turning (Frame 25 bagian deck)



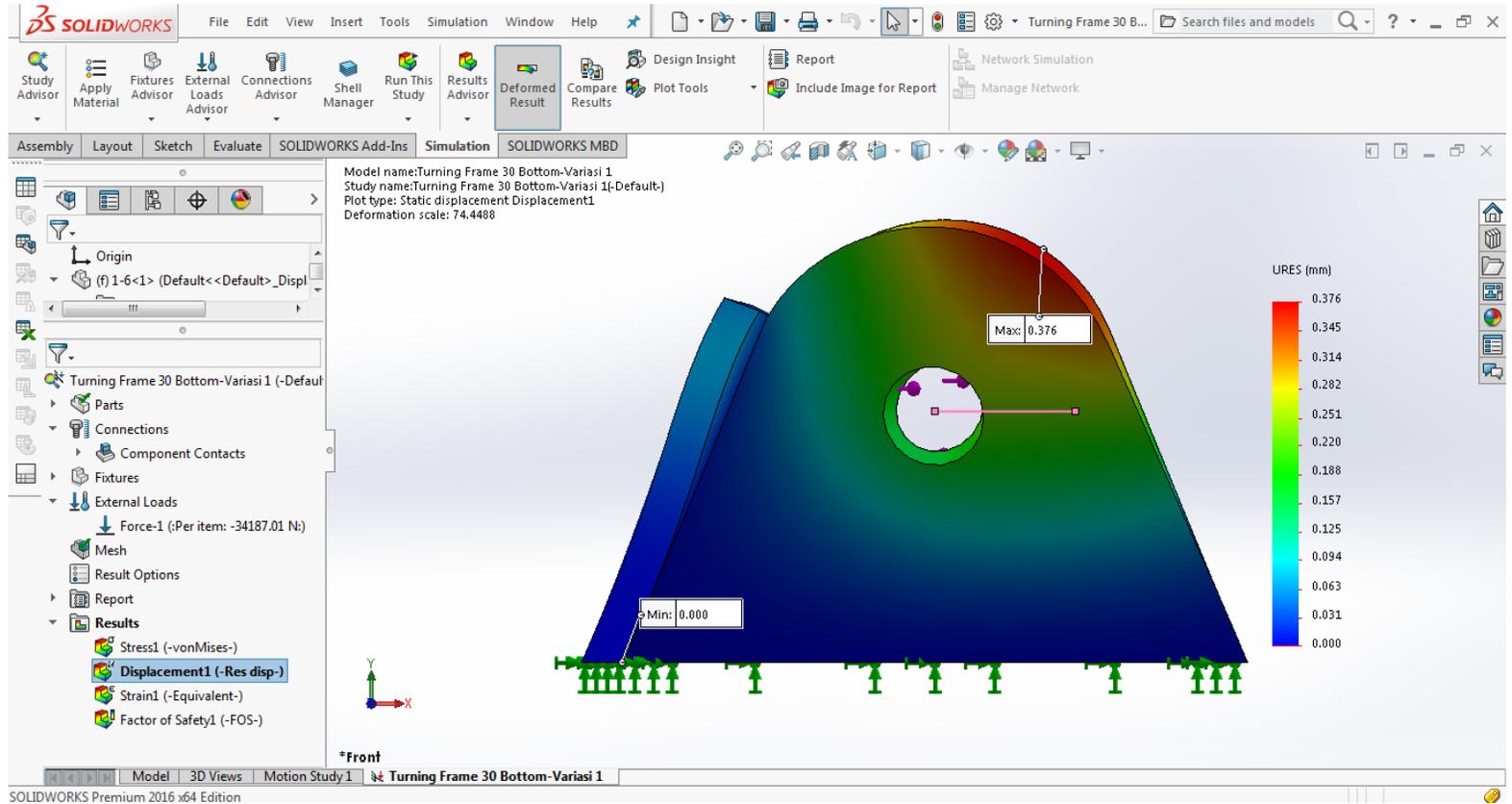
Gambar 4.76. *Factor of safety pada Lifting eyes 1-12 dan Bracket 6443/046*

**4.14. Hasil simulasi pada perancangan *lifting eyes* dan *bracket* pada kondisi *turning* (*Frame 30 bagian bottom*)
Stress yang terjadi pada variasi 1 *lifting eyes* (melintang) dan *bracket* untuk *turning* (*Frame 30 bagian bottom*)**



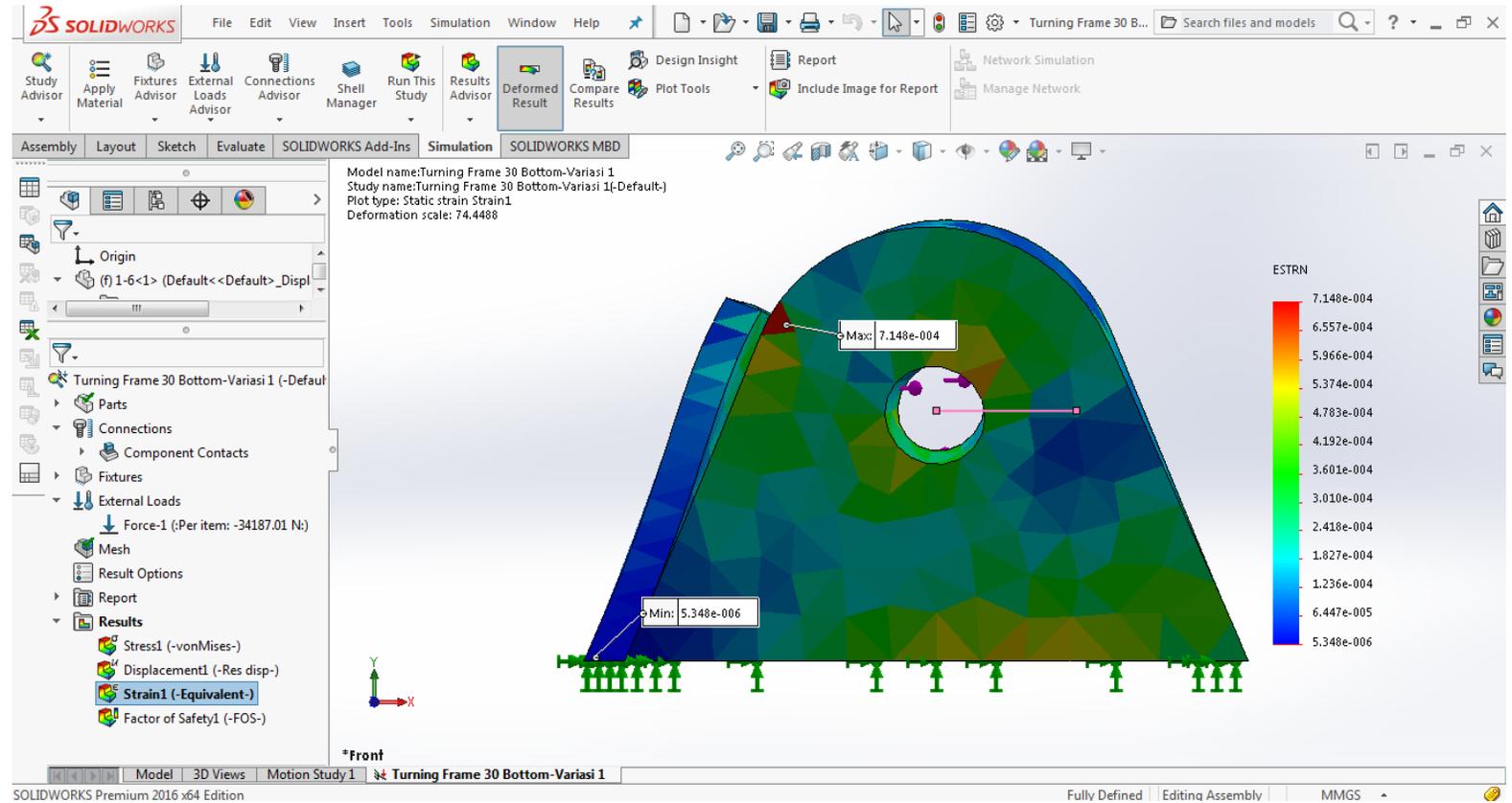
Gambar 4.77. *Stress* pada *Lifting eyes* 1-6 dan *Bracket* 6443/048

Displacement yang terjadi pada variasi 1 lifting eyes (melintang) dan bracket untuk turning (Frame 30 bagian bottom)



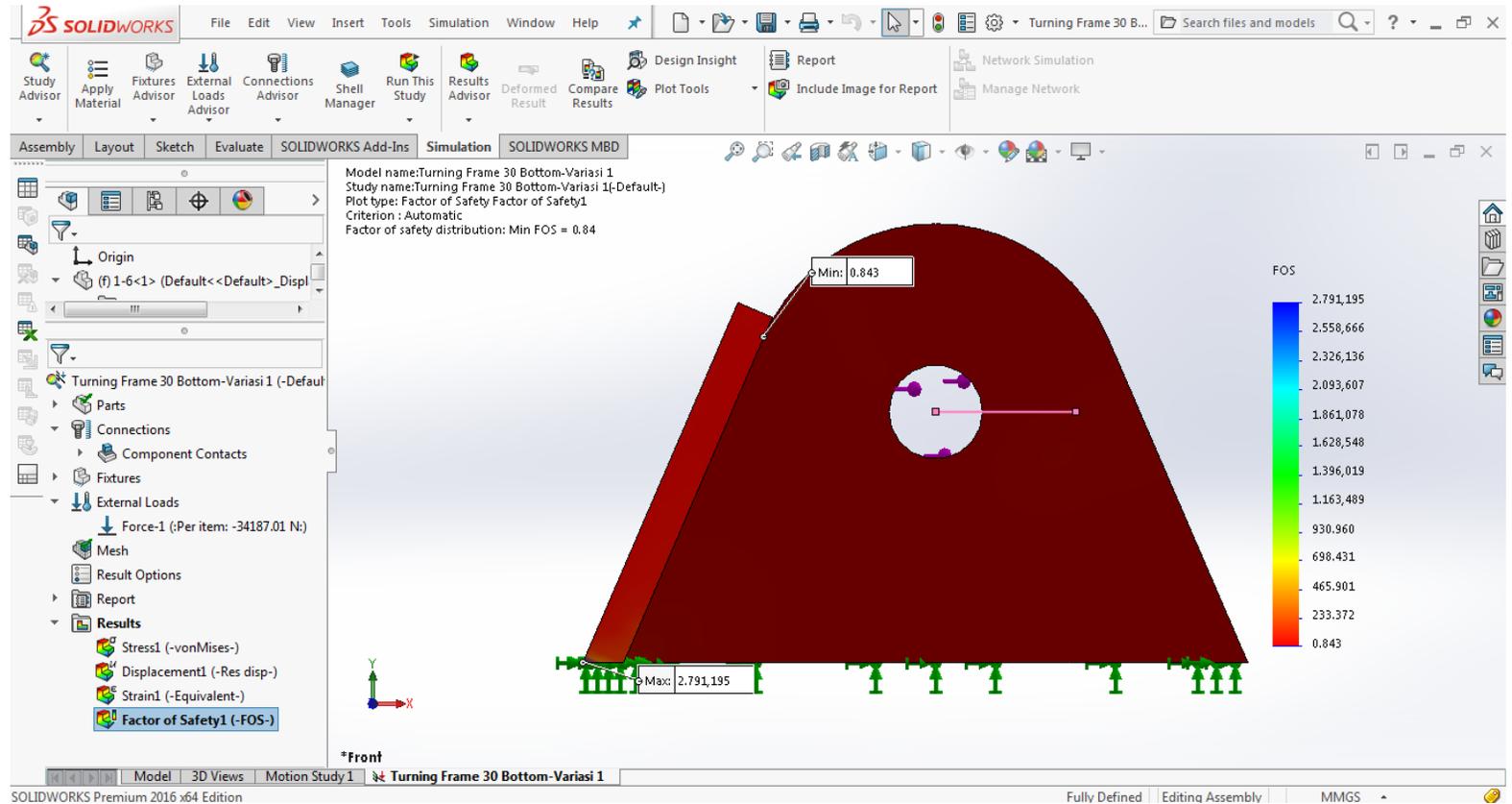
Gambar 4.78. *Displacement pada Lifting eyes 1-6 dan Bracket 6443/048*

Strain yang terjadi pada variasi 1 *lifting eyes* (melintang) dan *bracket* untuk *turning* (Frame 30 bagian bottom)



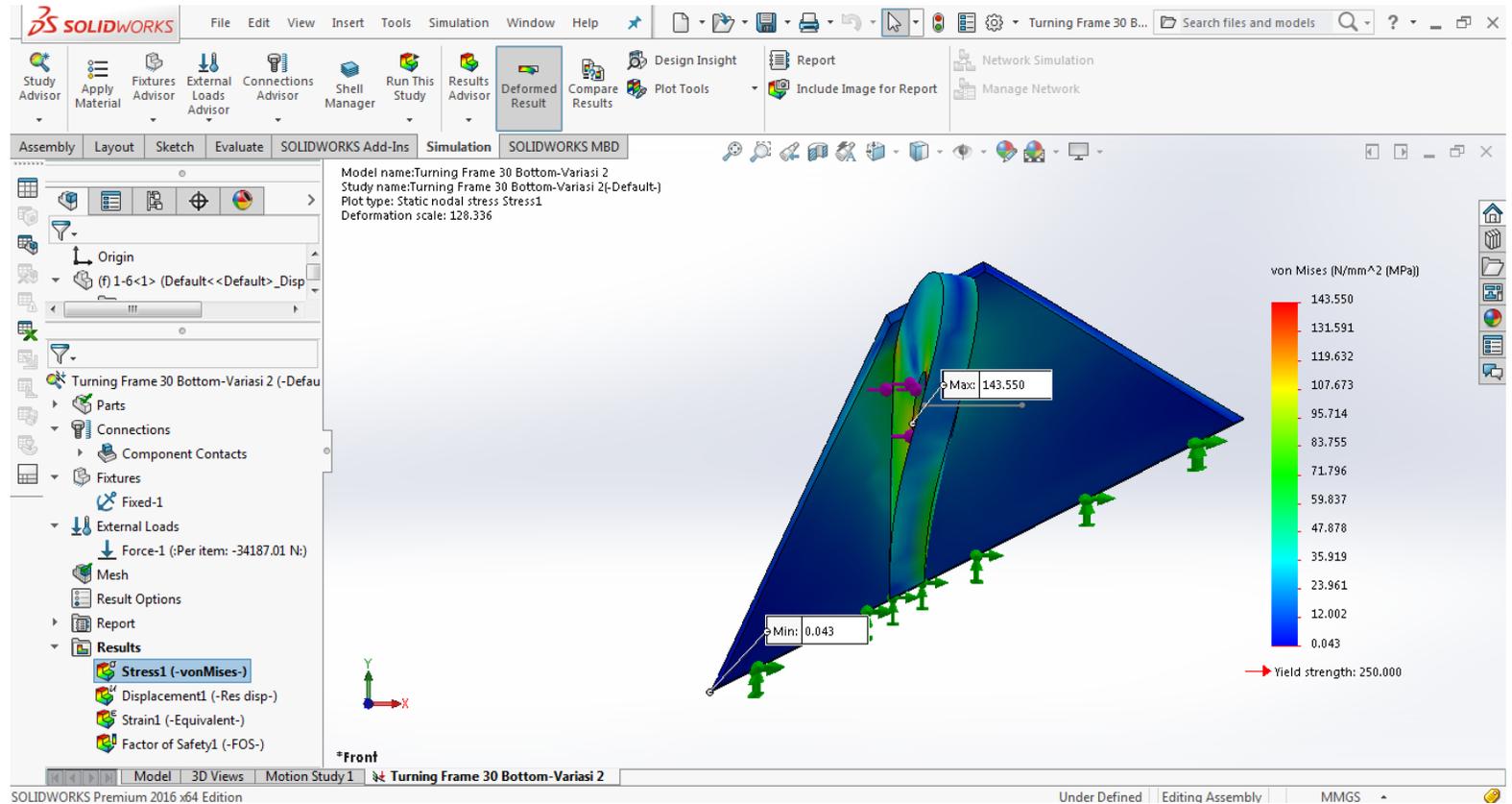
Gambar 4.79. Strain pada *Lifting eyes* 1-6 dan *Bracket* 6443/048

Factor of safety yang terjadi pada variasi 1 *lifting eyes* (melintang) dan *bracket* untuk *turning* (Frame 30 bagian bottom)



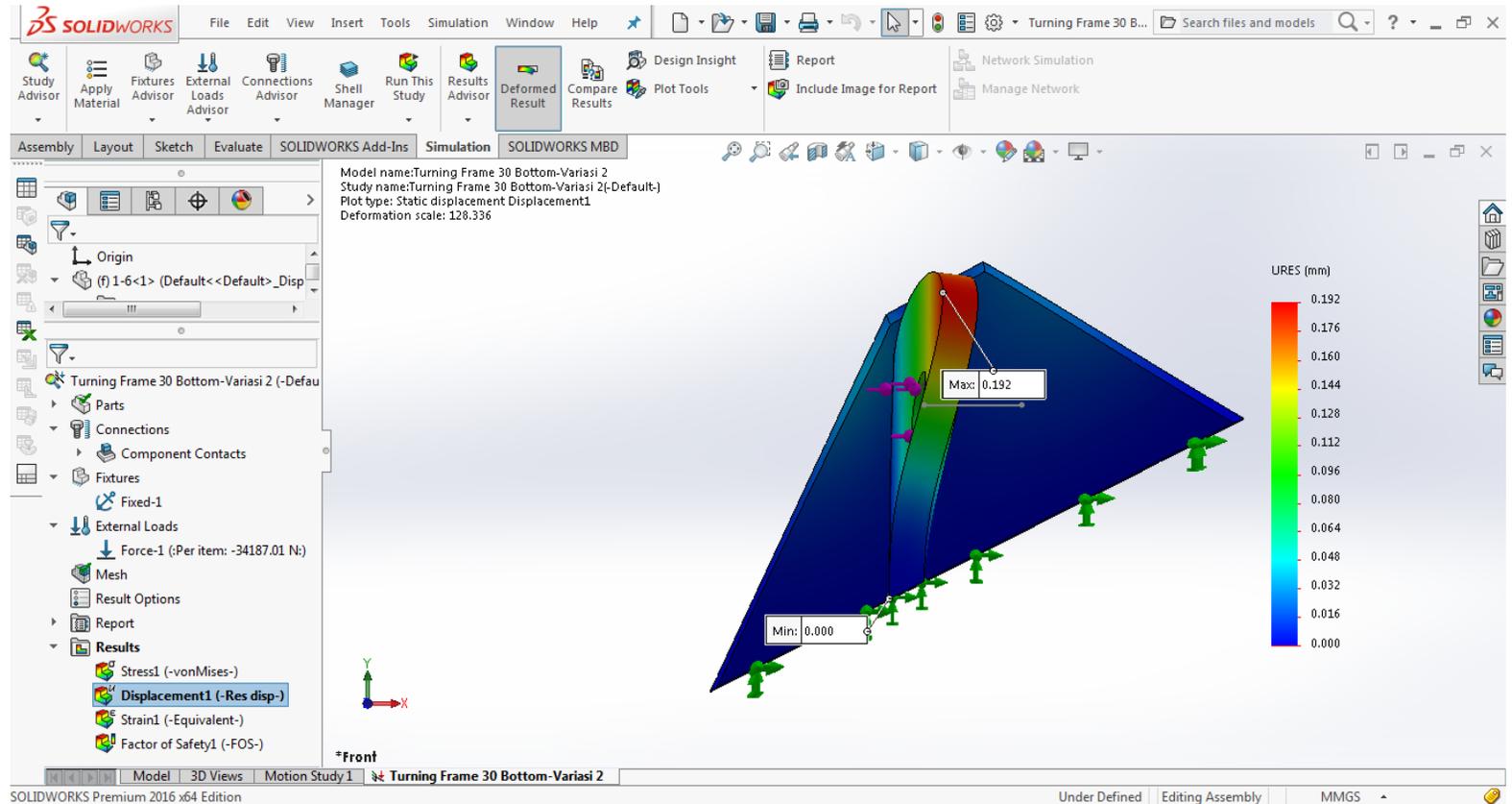
Gambar 4.80. Factor of safety pada *Lifting eyes* 1-6 dan *Bracket* 6443/048

Stress yang terjadi pada variasi 2 *lifting eyes* (memanjang) dan *bracket* untuk *turning* ((*Frame 30 bagian bottom*))



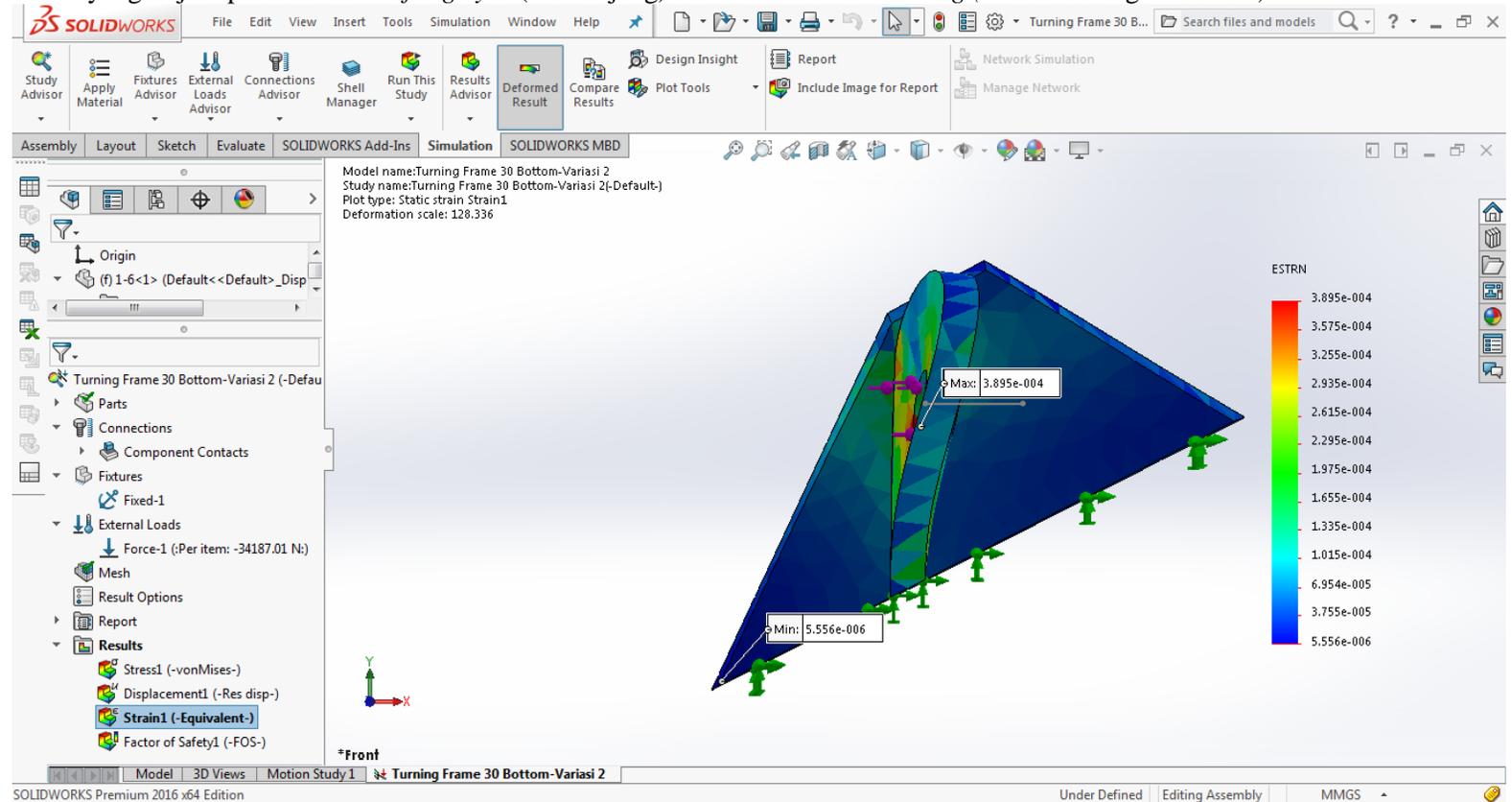
Gambar 4.81. Stress pada *Lifting eyes* 1-6 dan *Bracket* 6443/048

Displacement yang terjadi pada variasi 2 lifting eyes (memanjang) dan bracket untuk turning (Frame 30 bagian bottom)



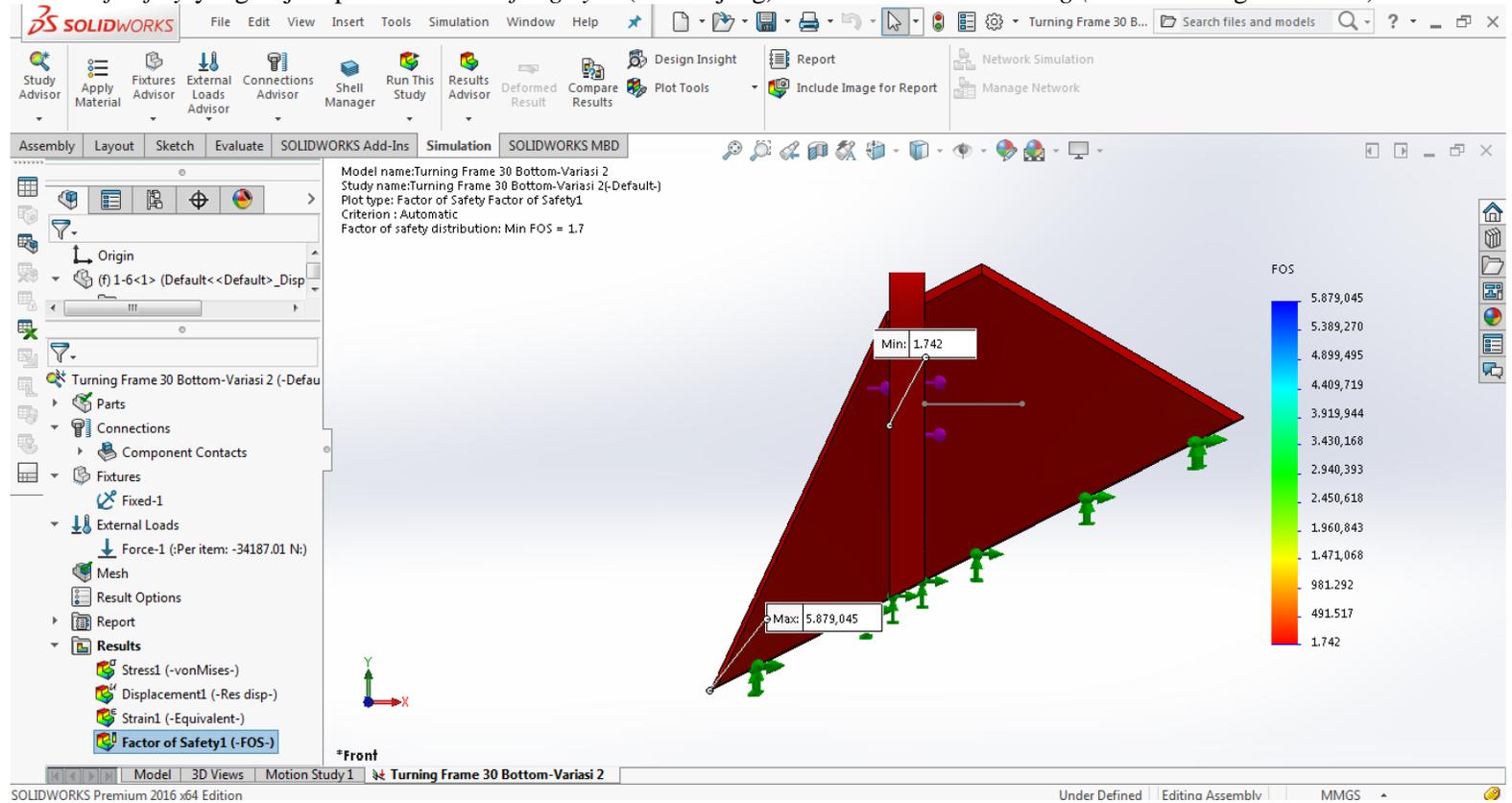
Gambar 4.82. *Displacement pada Lifting eyes 1-6 dan Bracket 6443/048*

Strain yang terjadi pada variasi 2 *lifting eyes* (memanjang) dan *bracket* untuk *turning* (Frame 30 bagian bottom)



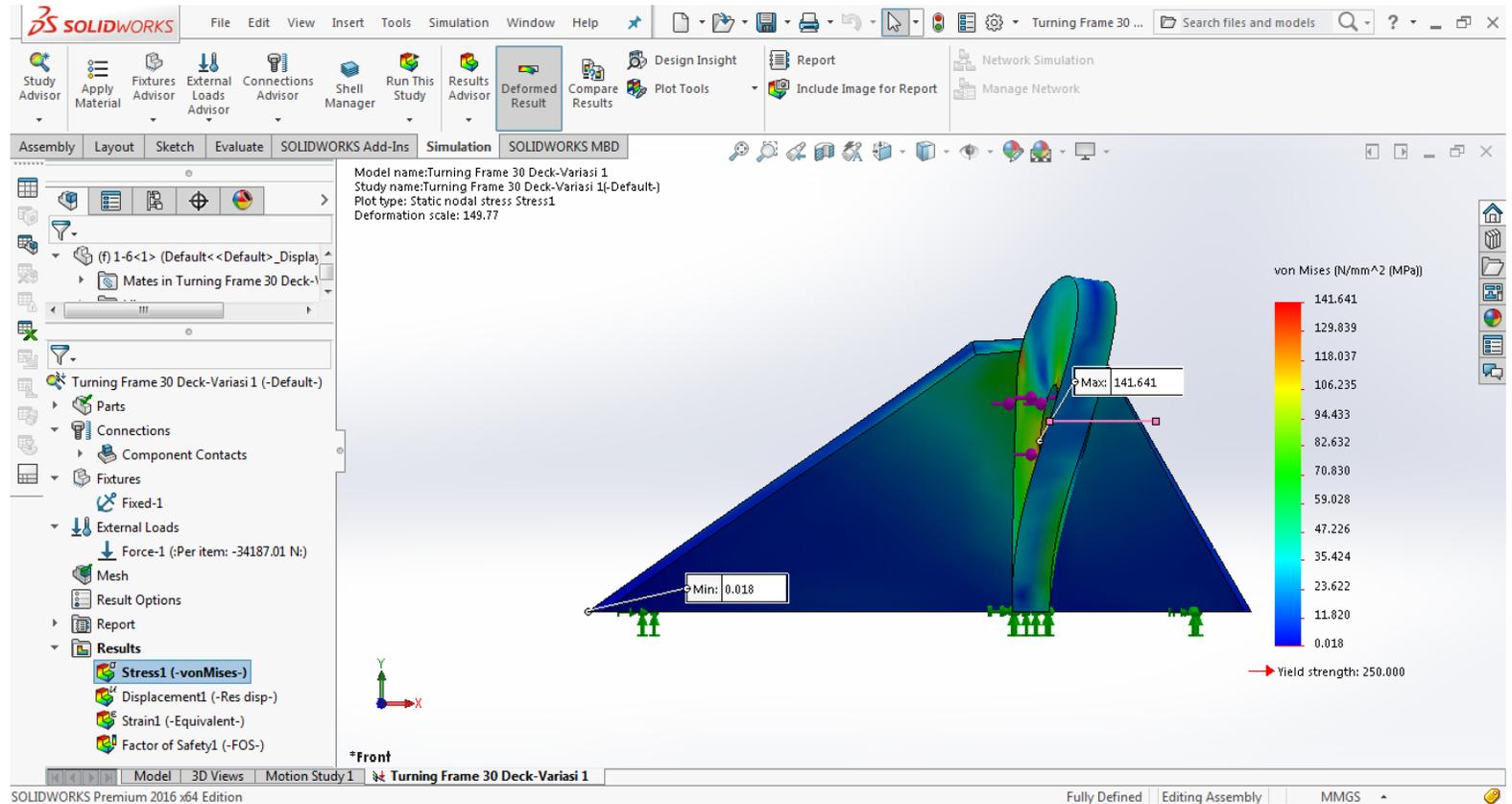
Gambar 4.83. Strain pada *Lifting eyes* 1-6 dan *Bracket* 6443/048

Factor of safety yang terjadi pada variasi 2 lifting eyes (memanjang) dan bracket untuk turning (Frame 30 bagian bottom)



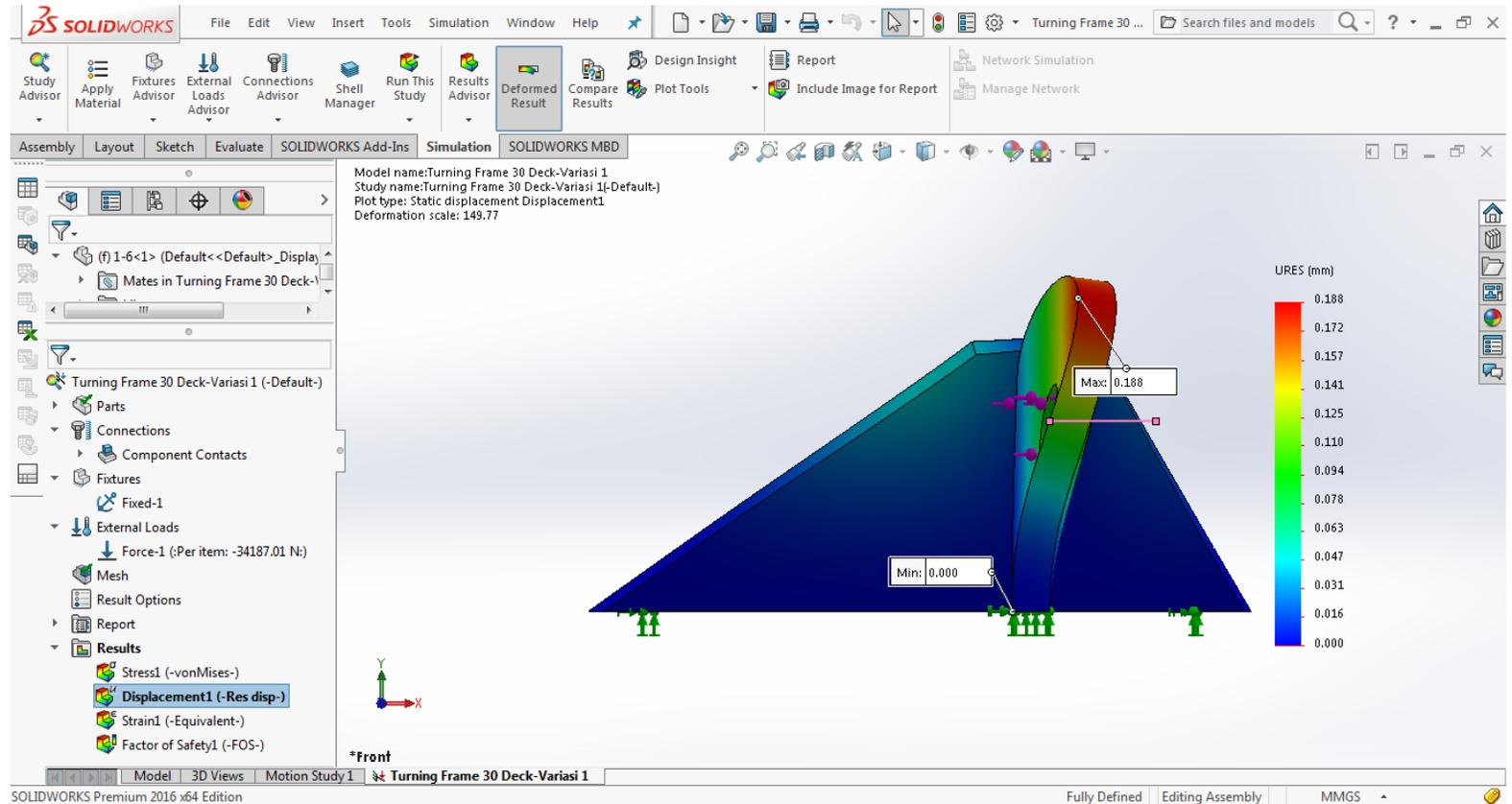
Gambar 4.84. *Factor of safety pada Lifting eyes 1-6 dan Bracket 6443/048*

4.15. Hasil simulasi pada perancangan *lifting eyes* dan *bracket* pada kondisi *turning* (*Frame 30 bagian deck*)
Stress yang terjadi pada variasi 1 *lifting eyes* dengan sudut 90° dan *bracket* untuk *turning* (*Frame 30 bagian deck*)



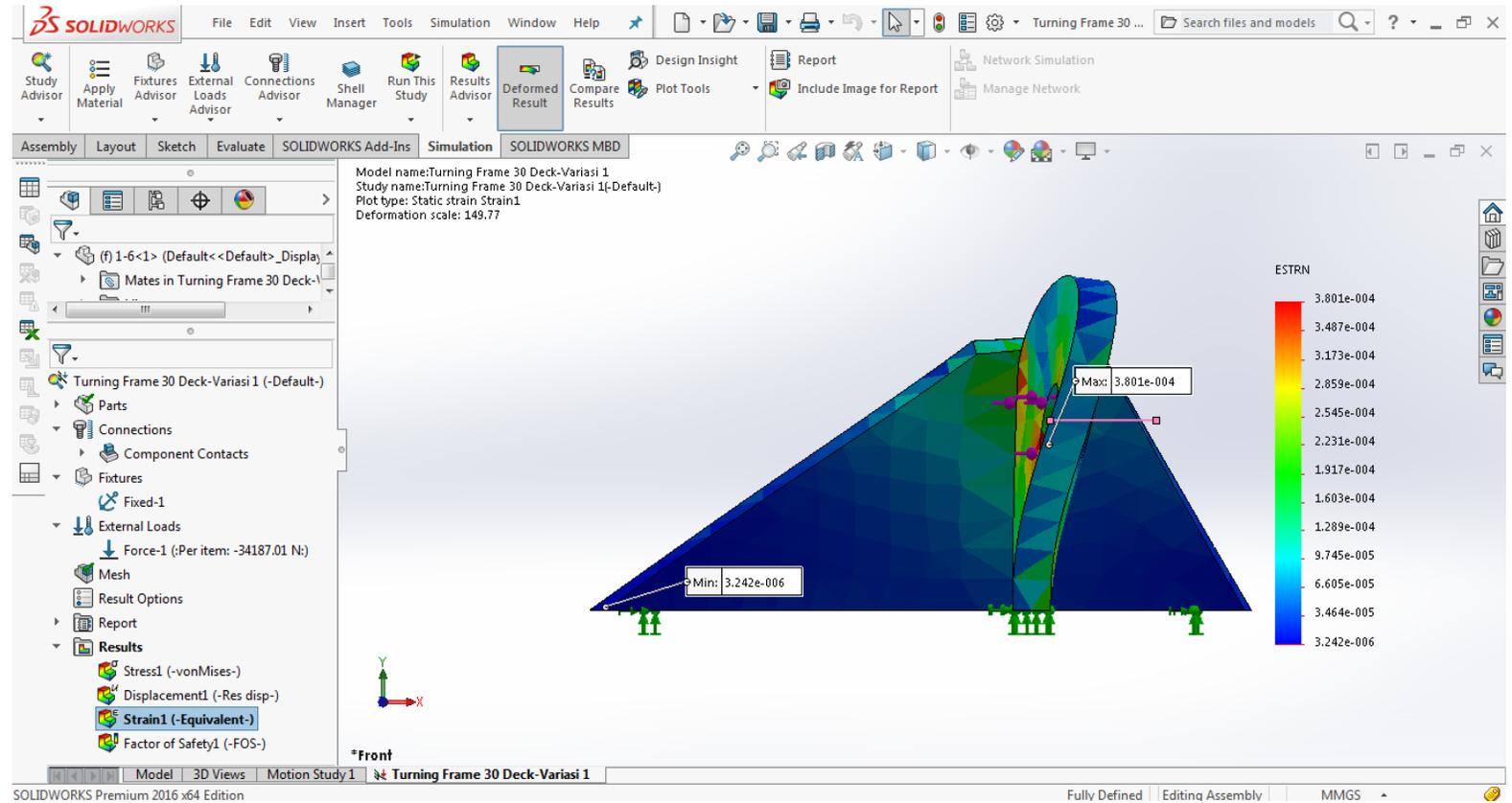
Gambar 4.85. *Stress* pada *Lifting eyes* 1-6 dan *Bracket* 6443/048

Displacement yang terjadi pada variasi 1 lifting eyes dengan sudut 90° dan bracket untuk turning (Frame 30 bagian deck)



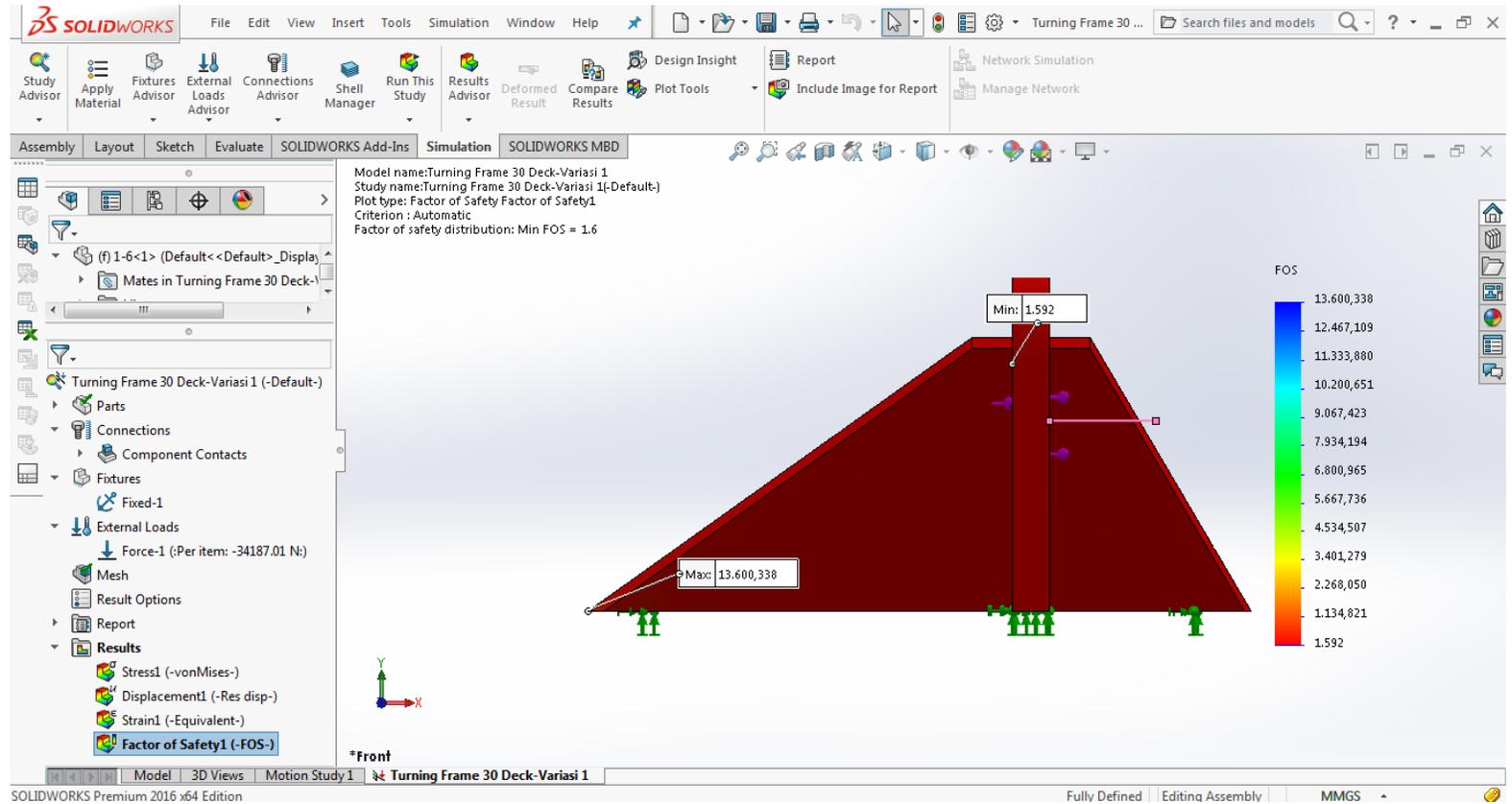
Gambar 4.86. *Displacement pada Lifting eyes 1-6 dan Bracket 6443/048*

Strain yang terjadi pada variasi 1 *lifting eyes* dengan sudut 90° dan *bracket* untuk *turning* (Frame 30 bagian *deck*)



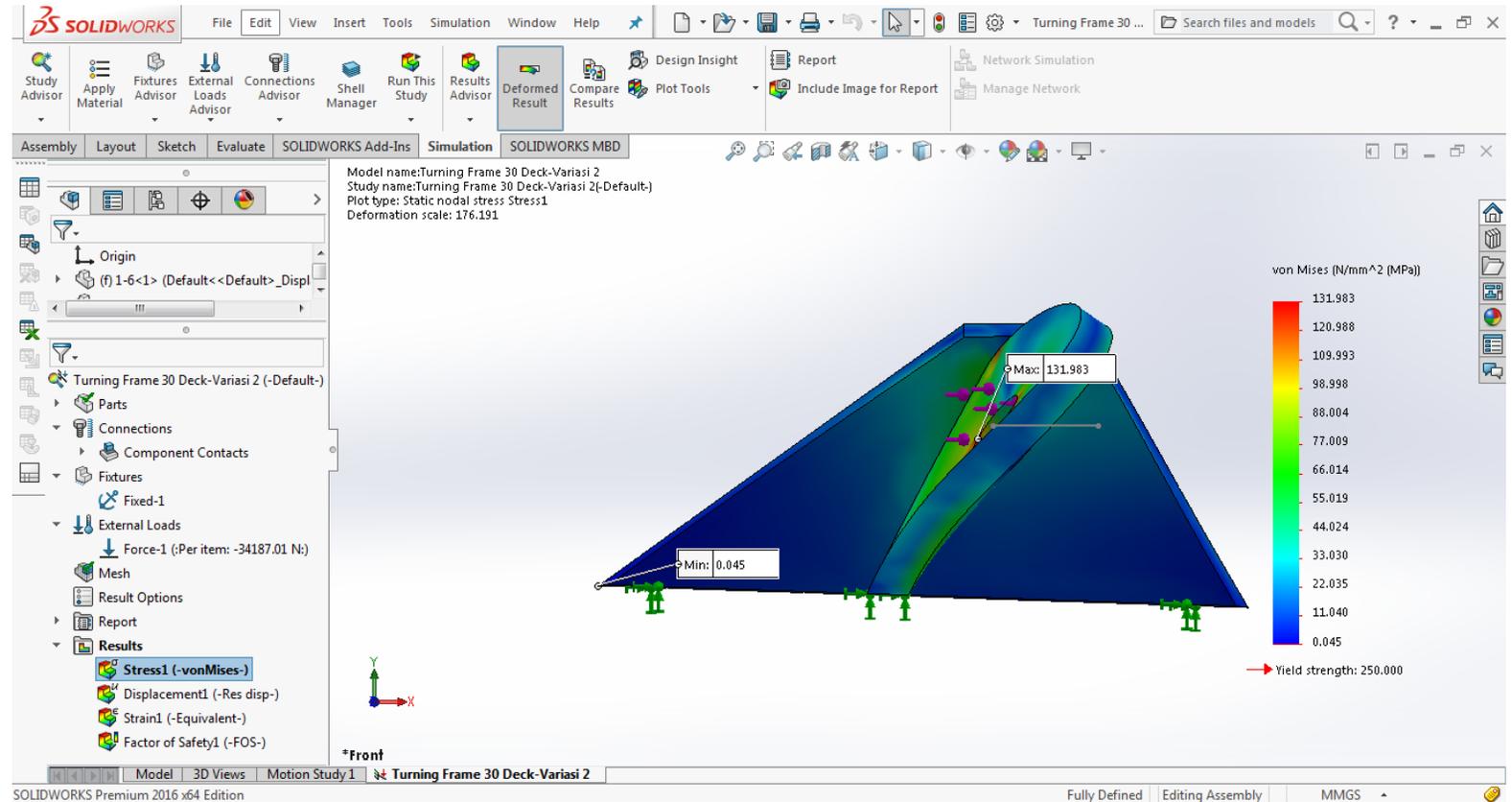
Gambar 4.87. Strain pada *Lifting eyes* 1-6 dan *Bracket* 6443/048

Factor of safety yang terjadi pada variasi 1 *lifting eyes* dengan sudut 90° dan *bracket* untuk *turning* (Frame 30 bagian *deck*)



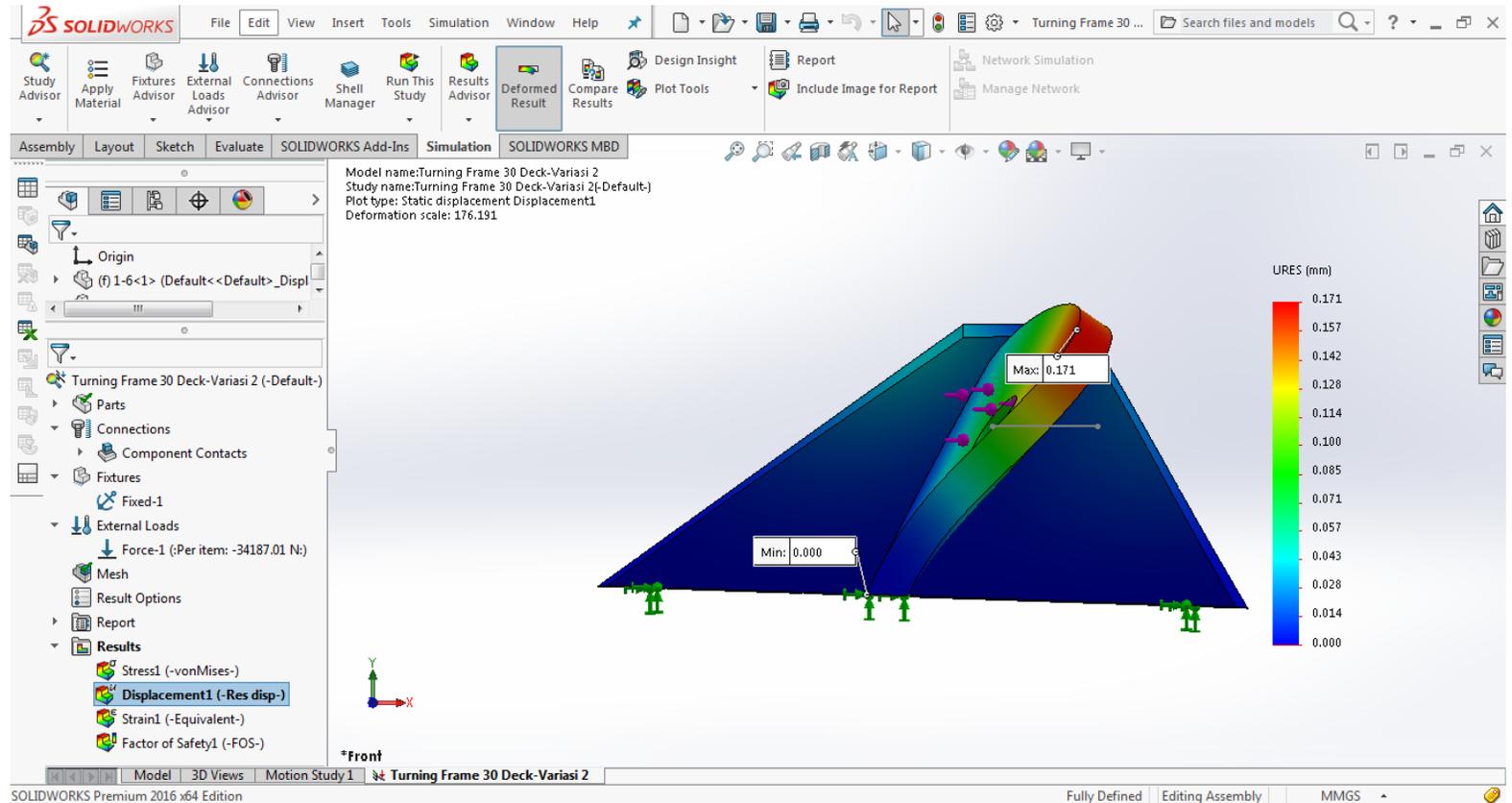
Gambar 4.88. Factor of safety pada *Lifting eyes* 1-6 dan *Bracket* 6443/048

Stress yang terjadi pada variasi 2 *lifting eyes* dengan sudut $63,43^\circ$ dan *bracket* untuk *turning* (Frame 30 bagian *deck*)



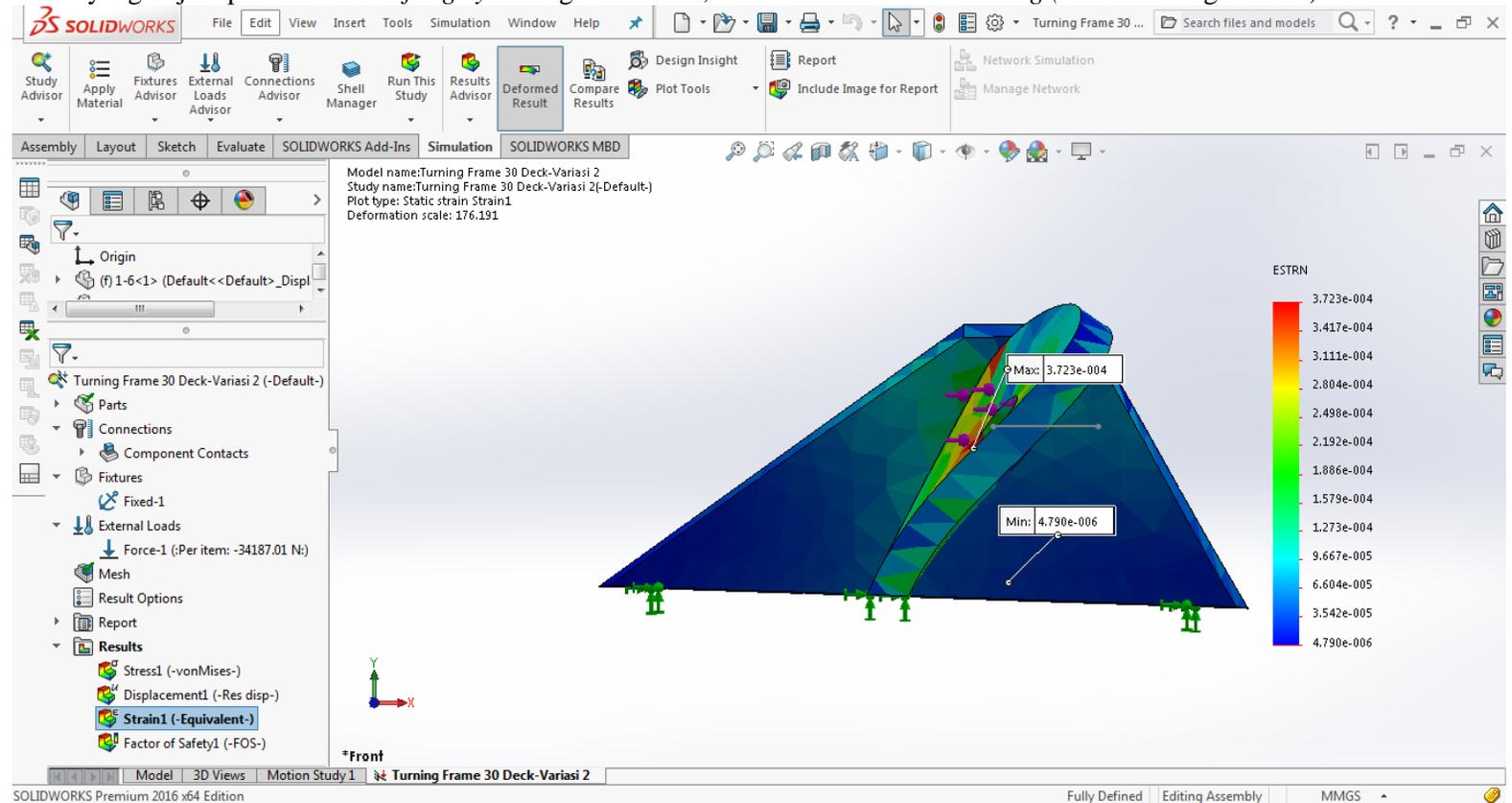
Gambar 4.89. Stress pada *Lifting eyes* 1-6 dan *Bracket* 6443/048

Displacement yang terjadi pada variasi 2 *lifting eyes* dengan sudut $63,43^\circ$ dan *bracket* untuk *turning* (Frame 30 bagian *deck*)



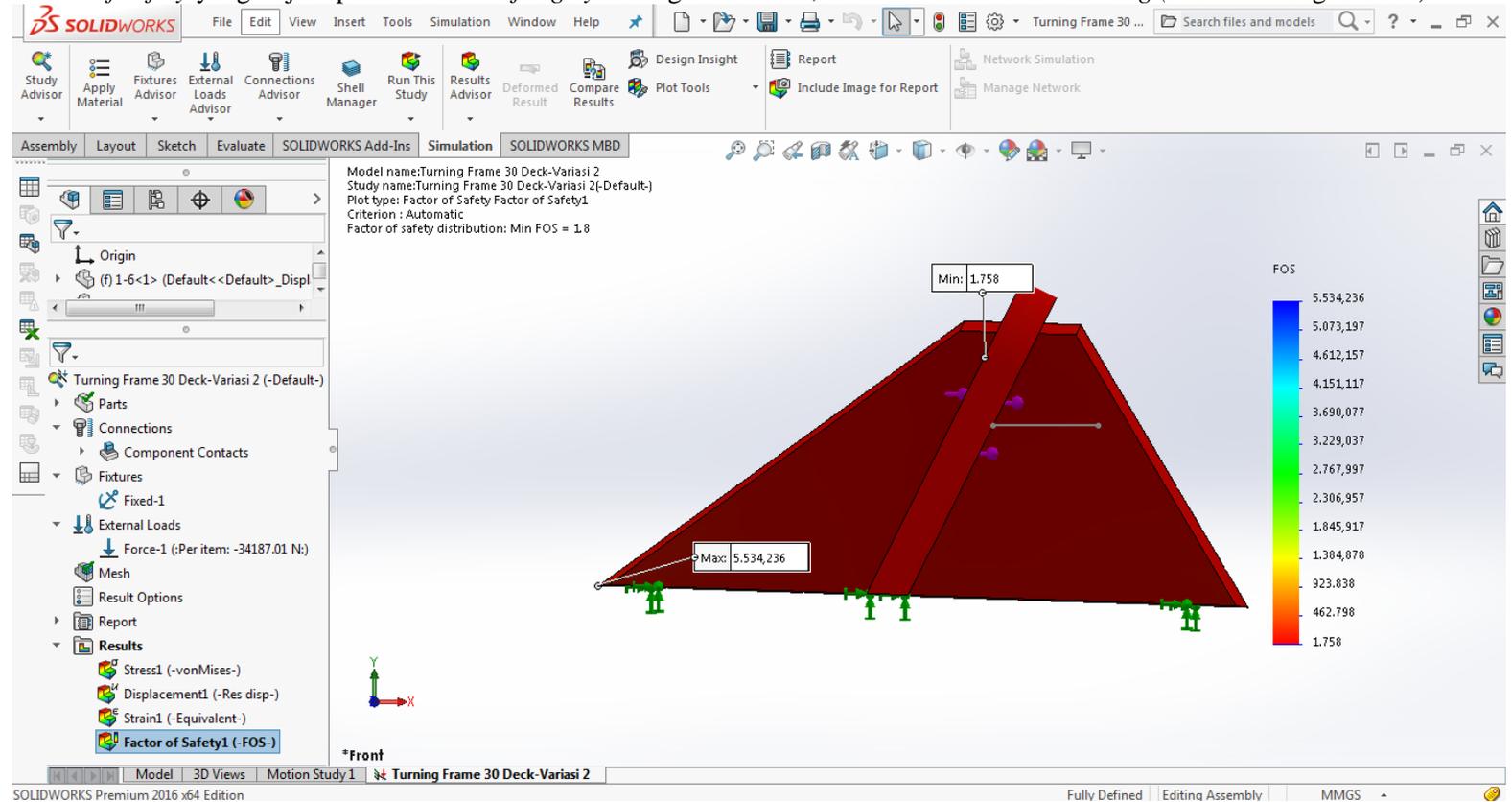
Gambar 4.90. Displacement pada *Lifting eyes* 1-6 dan *Bracket* 6443/048

Strain yang terjadi pada variasi 2 *lifting eyes* dengan sudut $63,43^\circ$ dan *bracket* untuk *turning* (Frame 30 bagian *deck*)



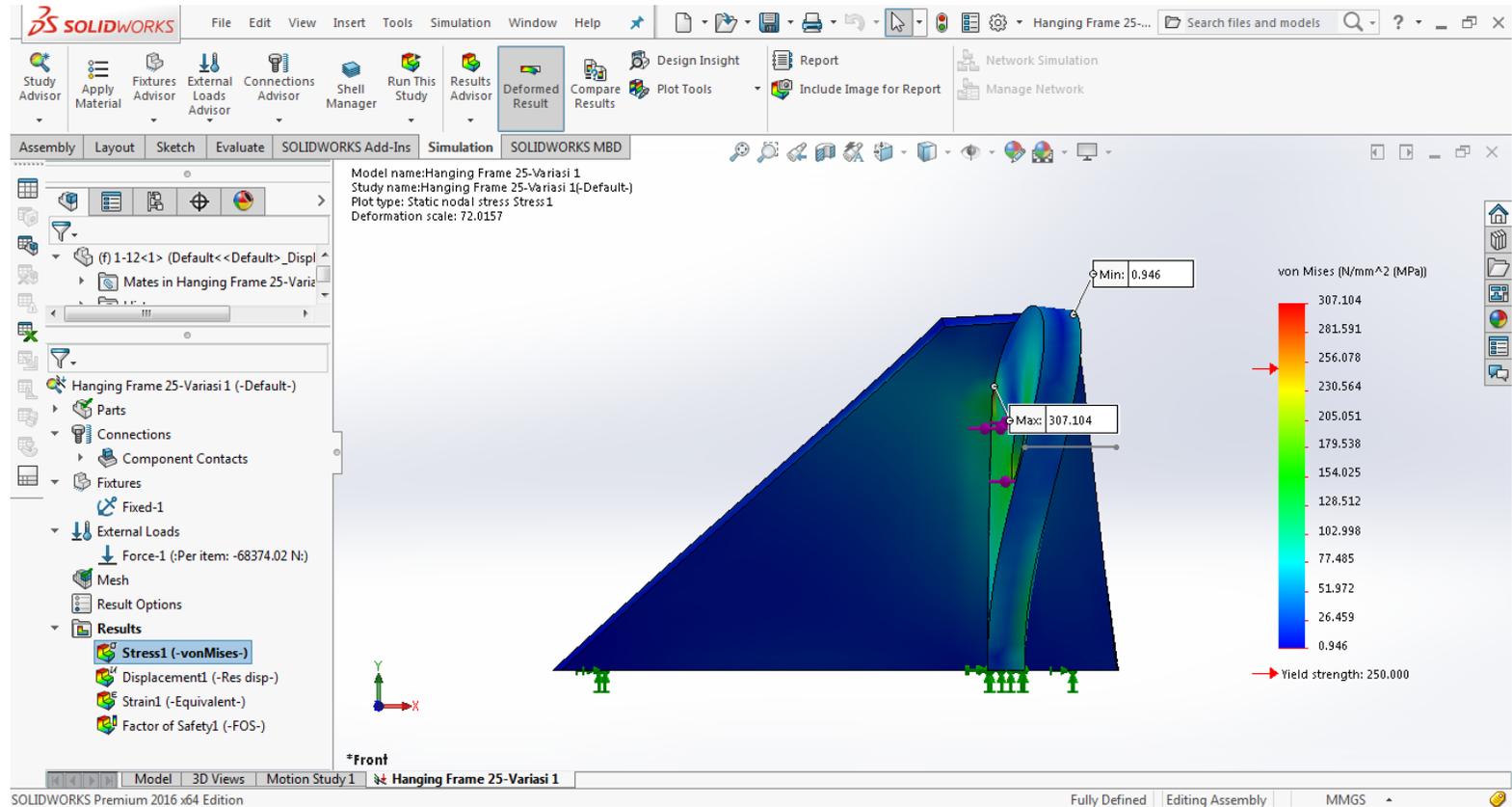
Gambar 4.91. Strain pada *Lifting eyes* 1-6 dan *Bracket* 6443/048

Factor of safety yang terjadi pada variasi 2 *lifting eyes* dengan sudut $63,43^\circ$ dan *bracket* untuk *turning* (Frame 30 bagian *deck*)



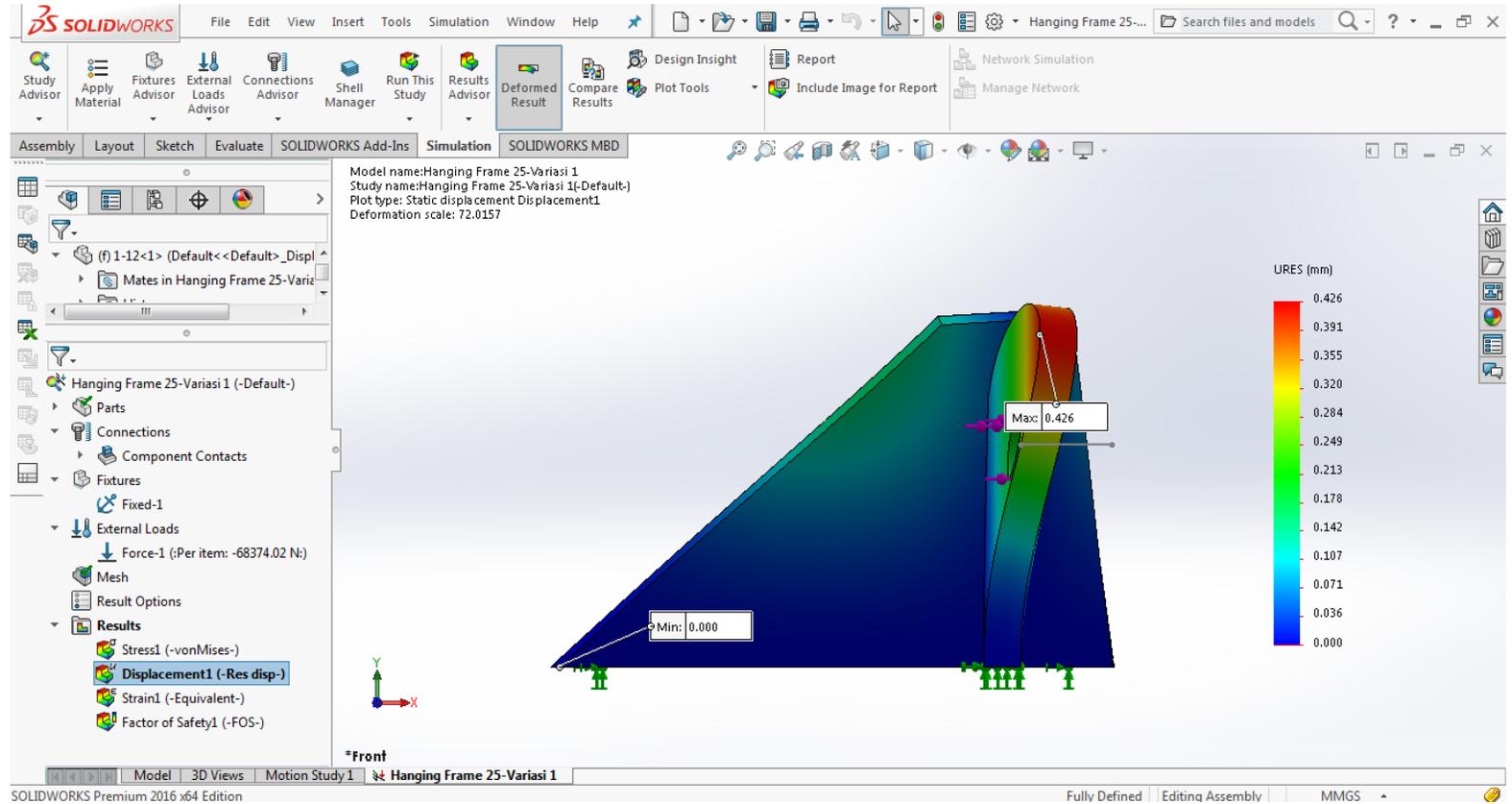
Gambar 4.92. Factor of safety pada *Lifting eyes* 1-6 dan *Bracket* 6443/048

4.16. Hasil simulasi pada perancangan *lifting eyes* dan *bracket* pada kondisi *Hanging* (*Frame 25* bagian *deck*)
Stress yang terjadi pada variasi 1 *lifting eyes* dengan sudut 90° dan *bracket* untuk *hanging* (*Frame 25* bagian *deck*)



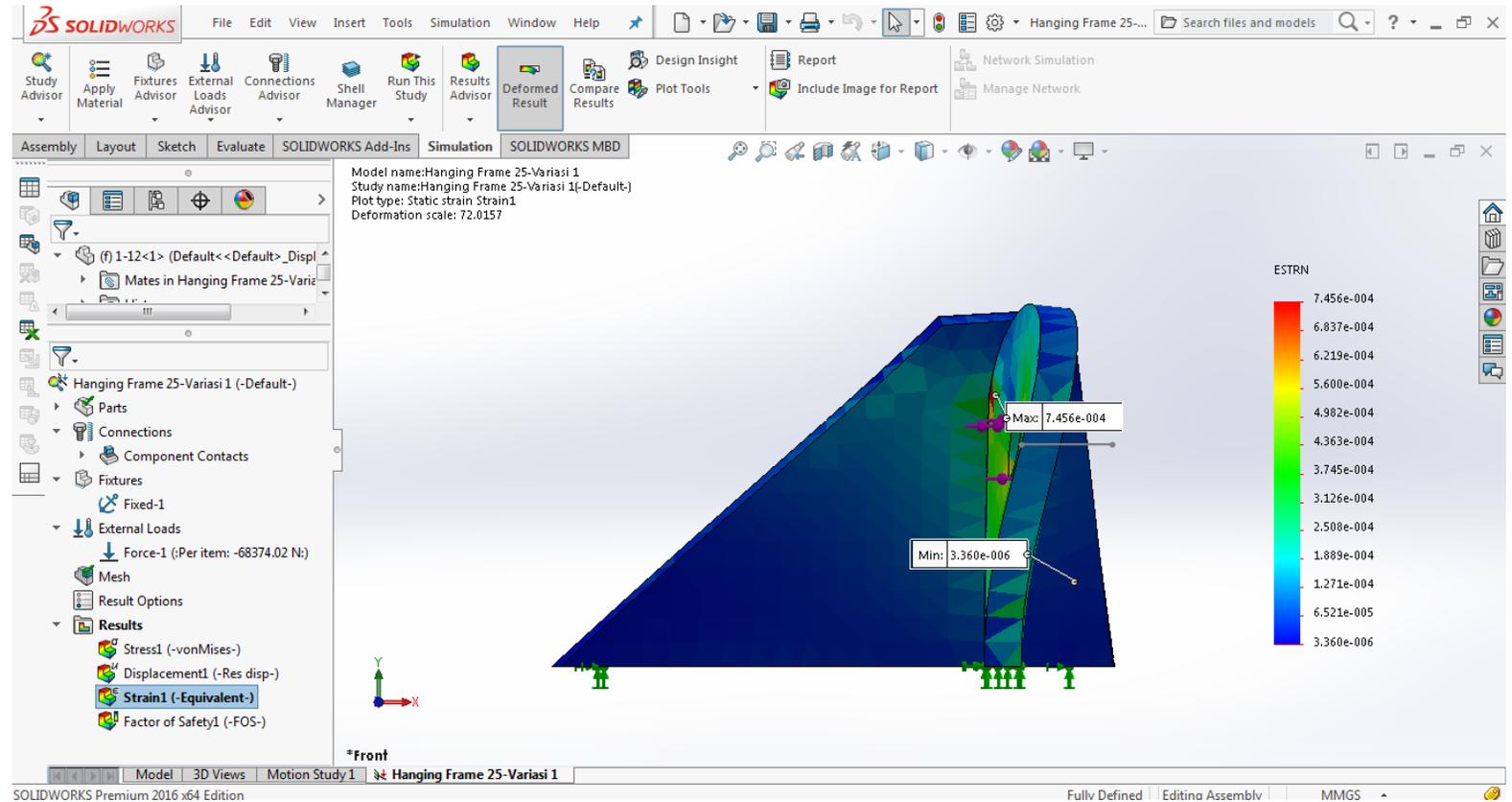
Gambar 4.93. *Stress* pada *Lifting eyes* 1-12 dan *Bracket* 6443/046

Displacement yang terjadi pada variasi 1 lifting eyes dengan sudut 90° dan bracket untuk hanging (Frame 25 bagian deck)



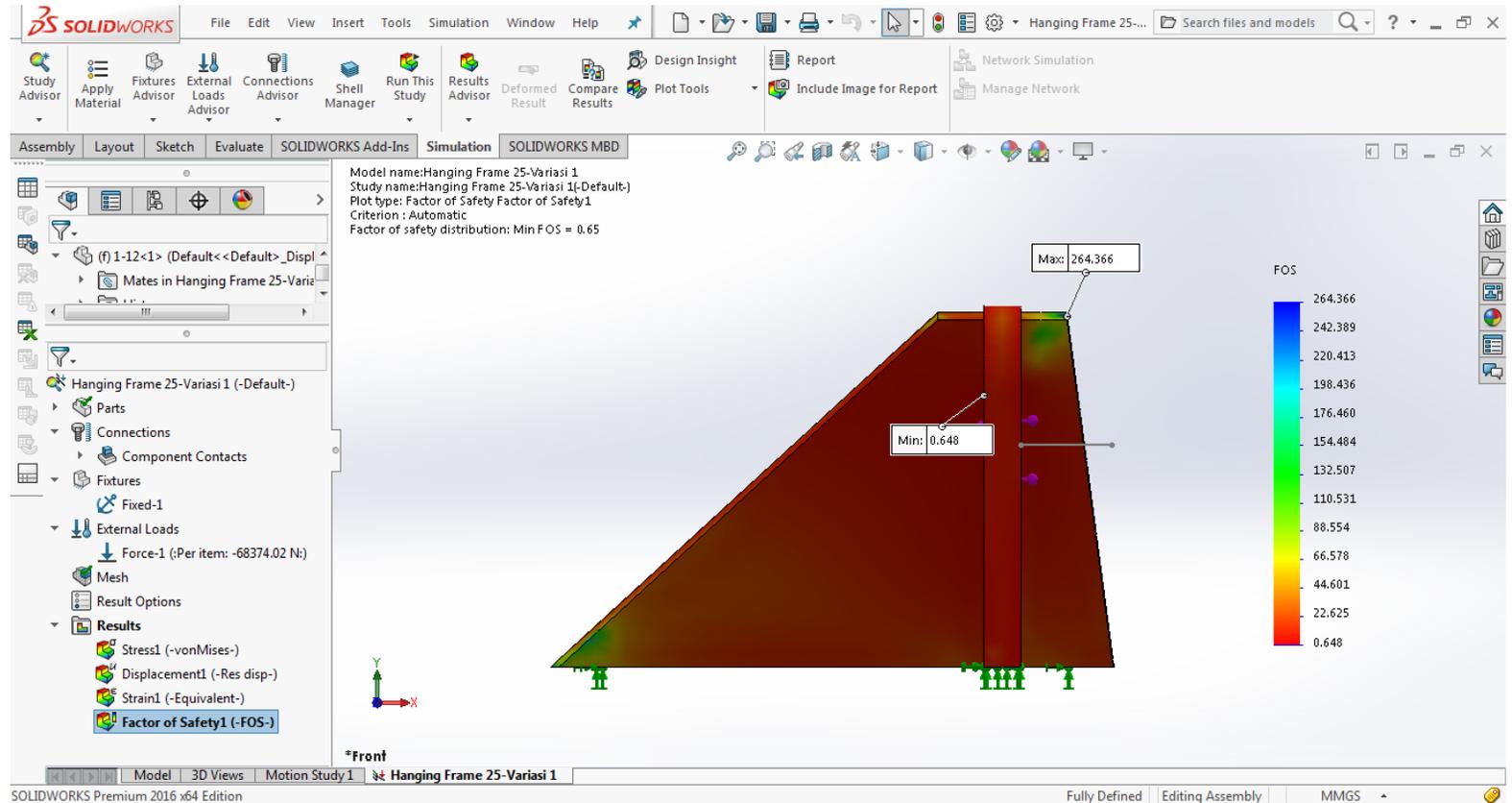
Gambar 4.94. Displacement pada Lifting eyes 1-12 dan Bracket 6443/046

Strain yang terjadi pada variasi 1 *lifting eyes* dengan sudut 90° dan *bracket* untuk *hanging* (Frame 25 bagian *deck*)



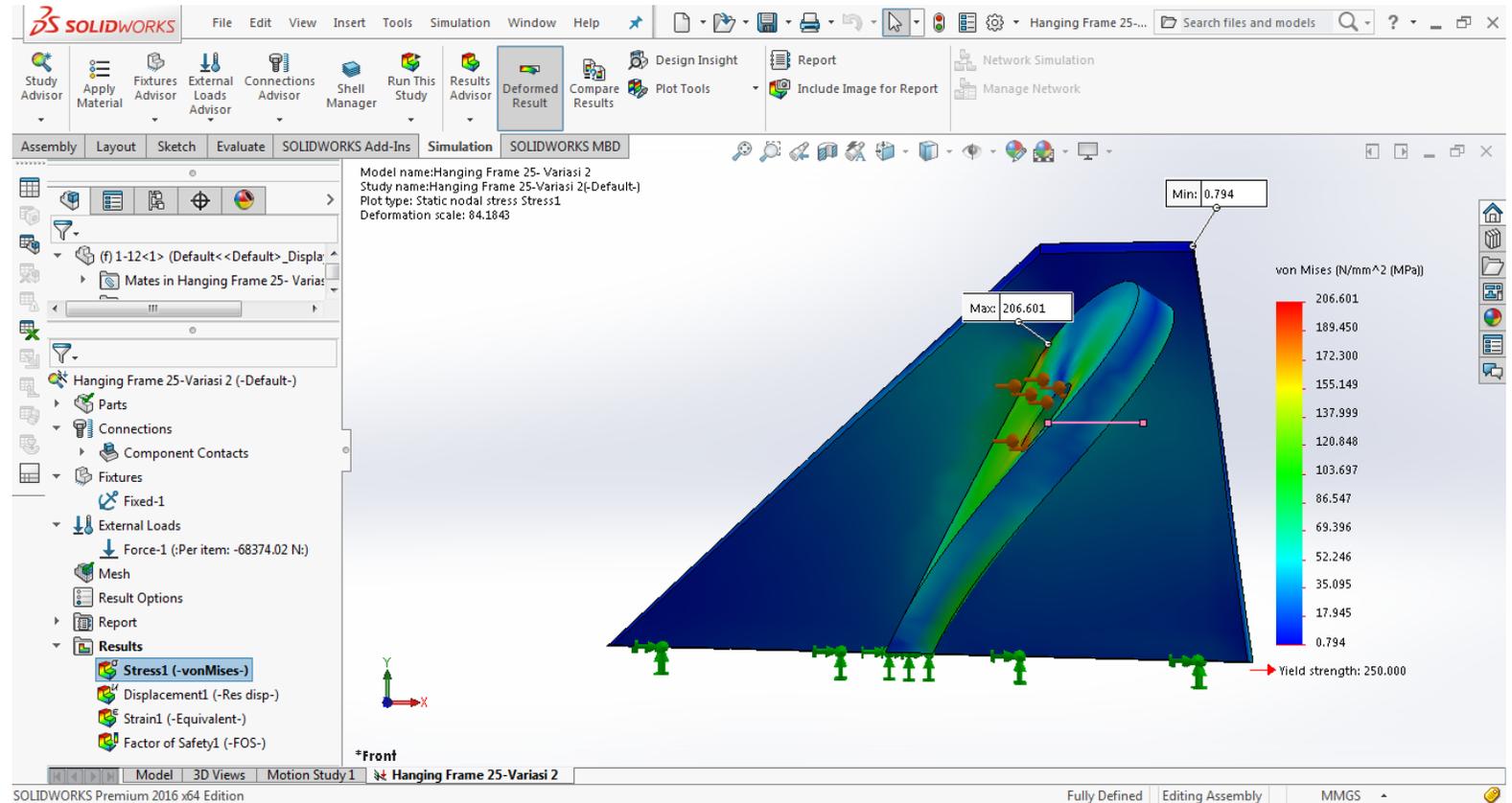
Gambar 4.95. Strain pada *Lifting eyes* 1-12 dan *Bracket* 6443/046

Factor of safety yang terjadi pada variasi 1 *lifting eyes* dengan sudut 90° dan *bracket* untuk *hanging* (Frame 25 bagian *deck*)



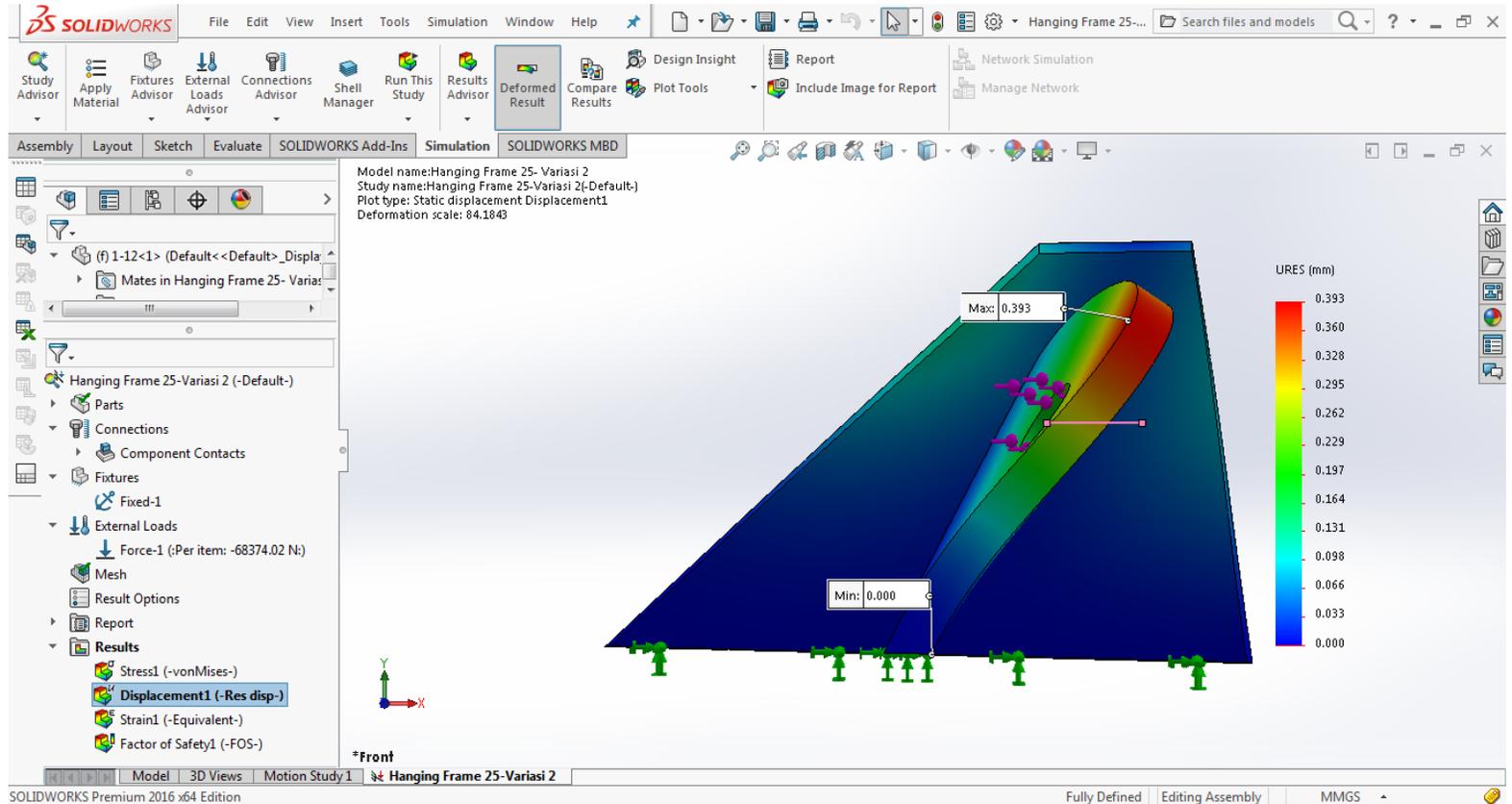
Gambar 4.96. Factor of safety pada *Lifting eyes* 1-12 dan *Bracket* 6443/046

Stress yang terjadi pada variasi 2 *lifting eyes* dengan sudut $63,43^\circ$ dan *bracket* untuk *hanging* (Frame 25 bagian *deck*)



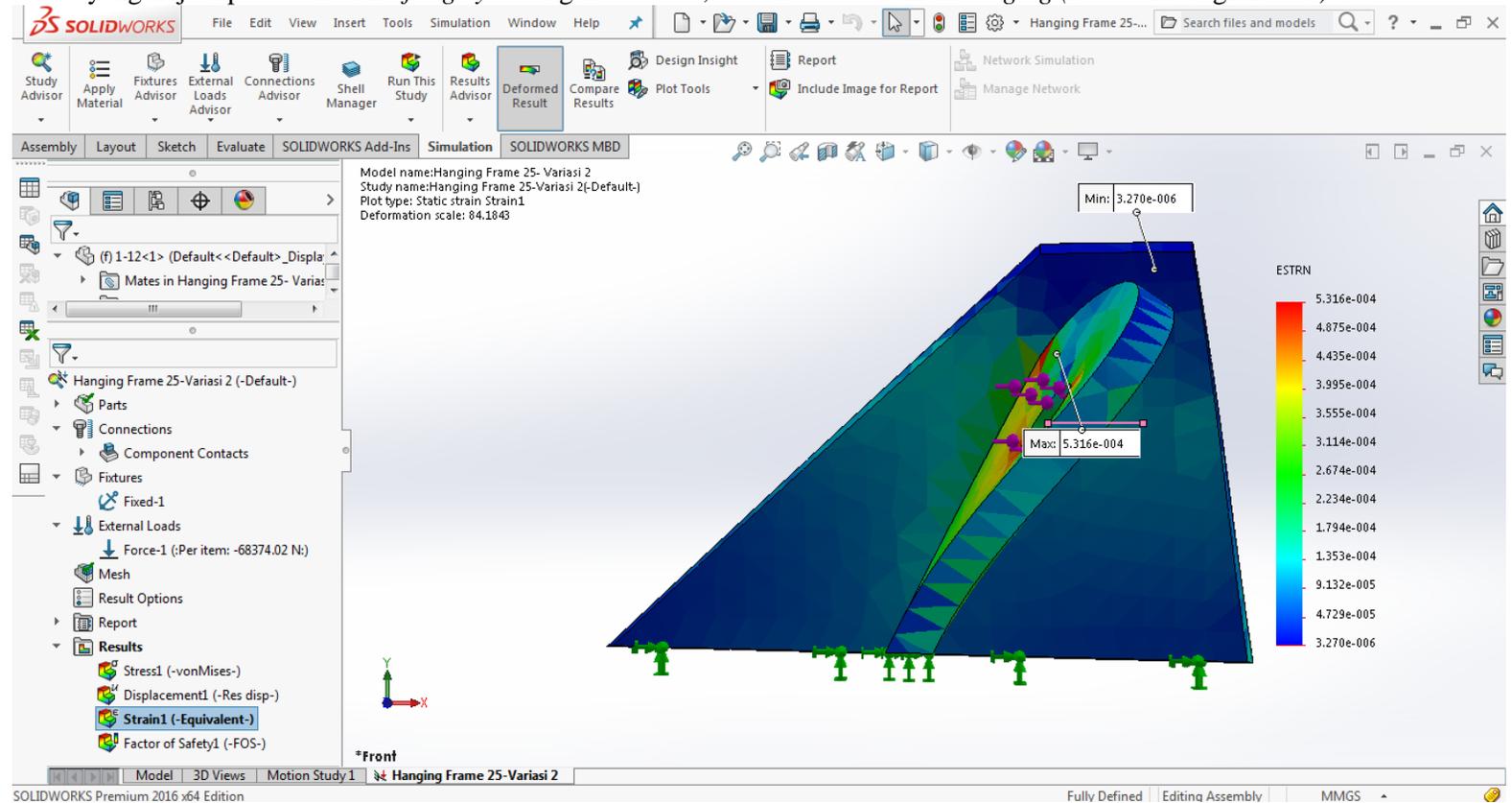
Gambar 4.97. Stress pada *Lifting eyes* 1-12 dan *Bracket* 6443/046

Displacement yang terjadi pada variasi 2 lifting eyes dengan sudut 63,43° dan bracket untuk hanging (Frame 25 bagian deck)



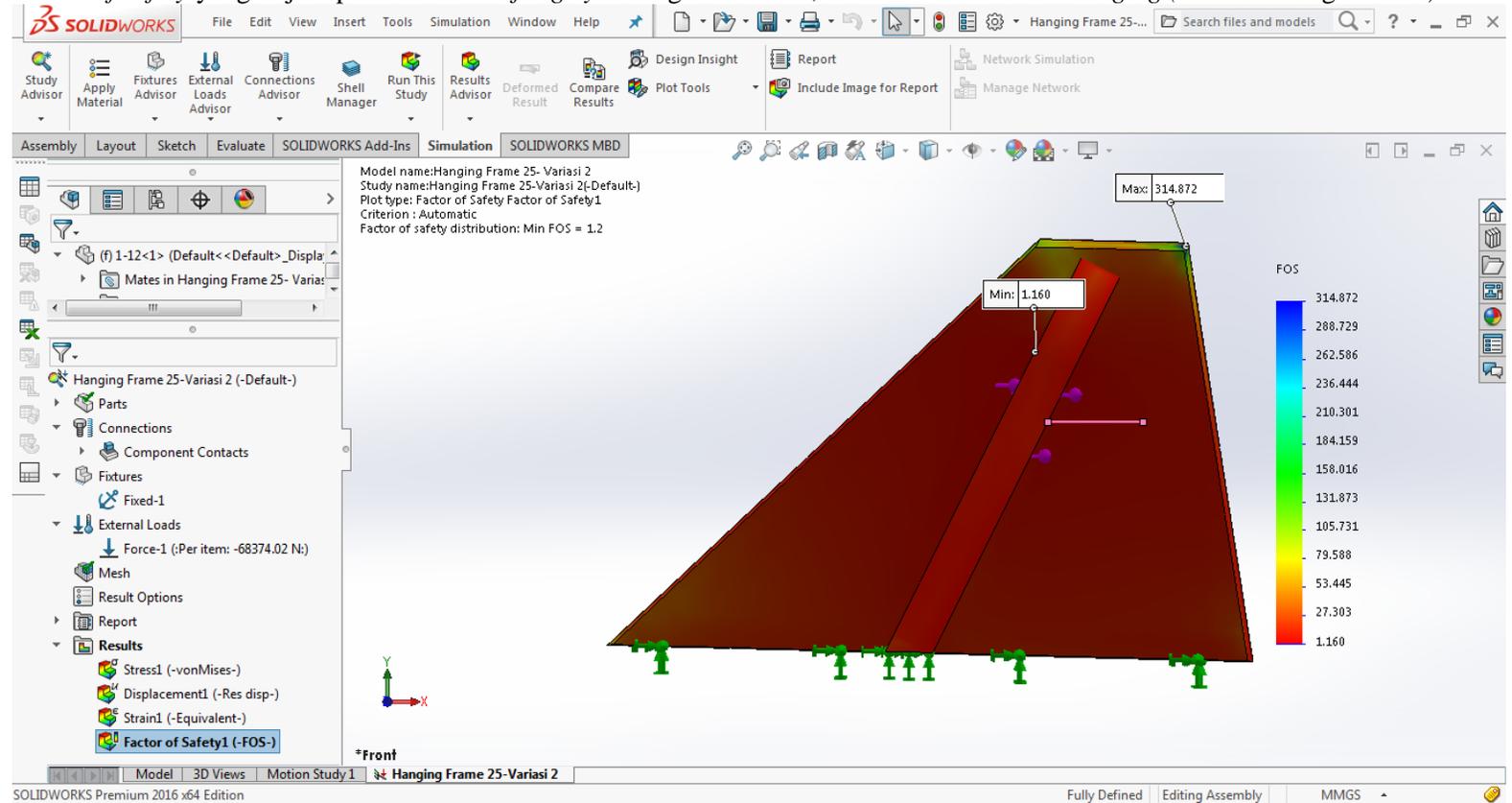
Gambar 4.98. *Displacement pada Lifting eyes 1-12 dan Bracket 6443/046*

Strain yang terjadi pada variasi 2 *lifting eyes* dengan sudut $63,43^\circ$ dan *bracket* untuk *hanging* (Frame 25 bagian *deck*)



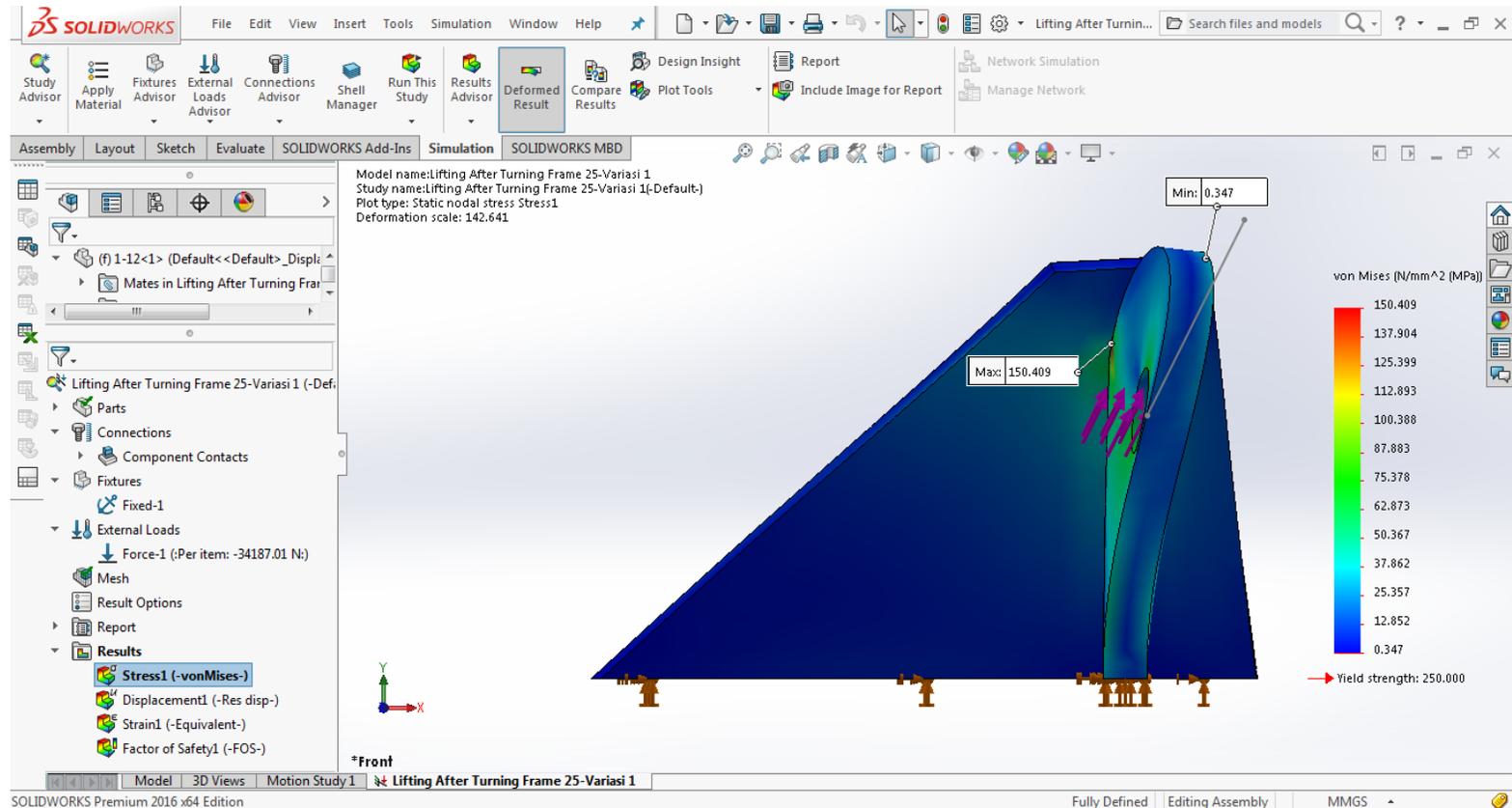
Gambar 4.99. Strain pada *Lifting eyes* 1-12 dan *Bracket* 6443/046

Factor of safety yang terjadi pada variasi 2 lifting eyes dengan sudut 63,43° dan bracket untuk hanging (Frame 25 bagian deck)



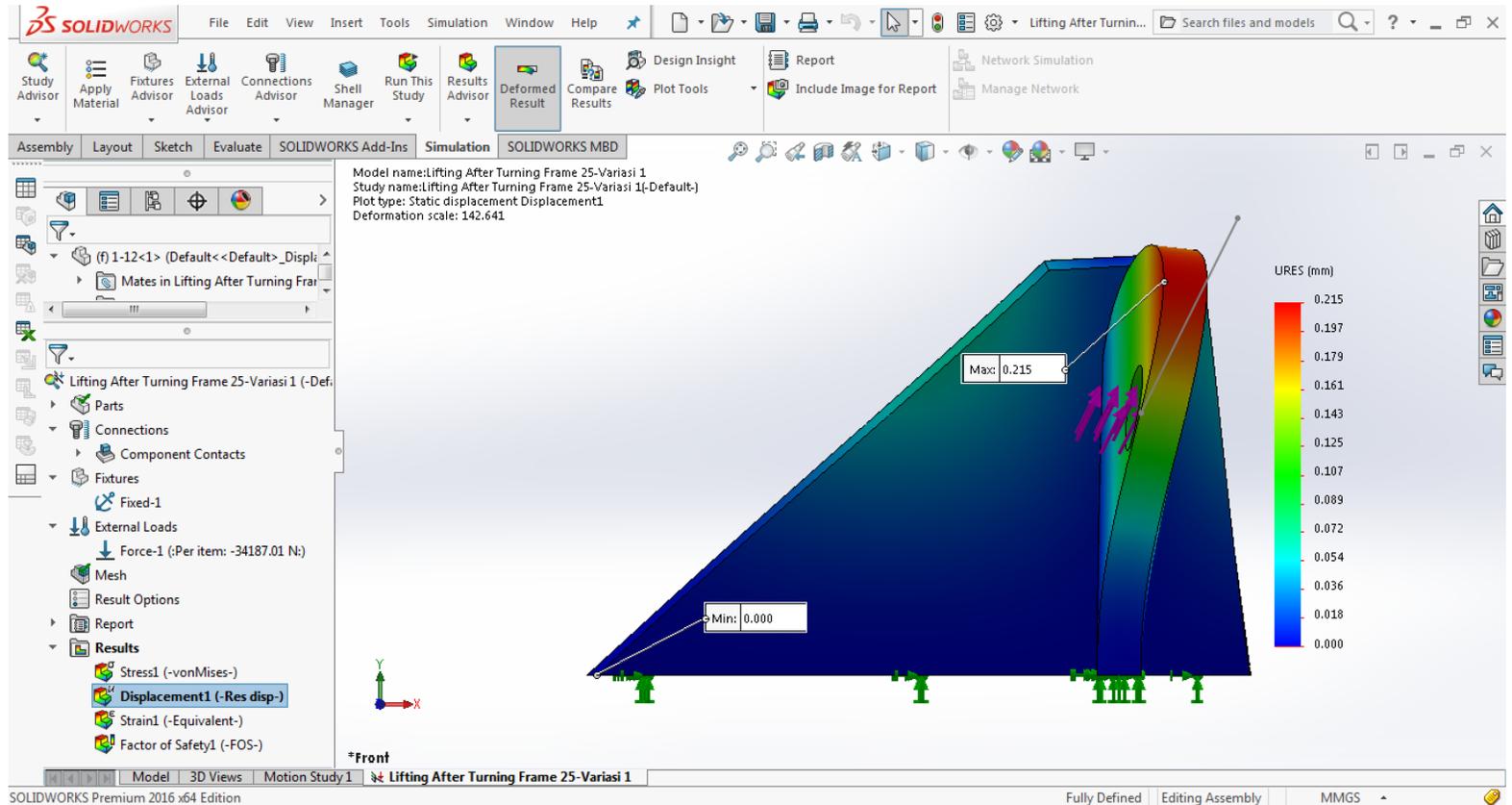
Gambar 4.100. *Factor of safety pada Lifting eyes 1-12 dan Bracket 6443/046*

**4.17. Hasil simulasi pada perancangan *lifting eyes* dan *bracket* pada kondisi *lifting after turning* (Frame 25 bagian deck)
Stress yang terjadi pada variasi 1 *lifting eyes* dengan sudut 90° dan *bracket* untuk *lifting after turning* (Frame 25 bagian deck)**



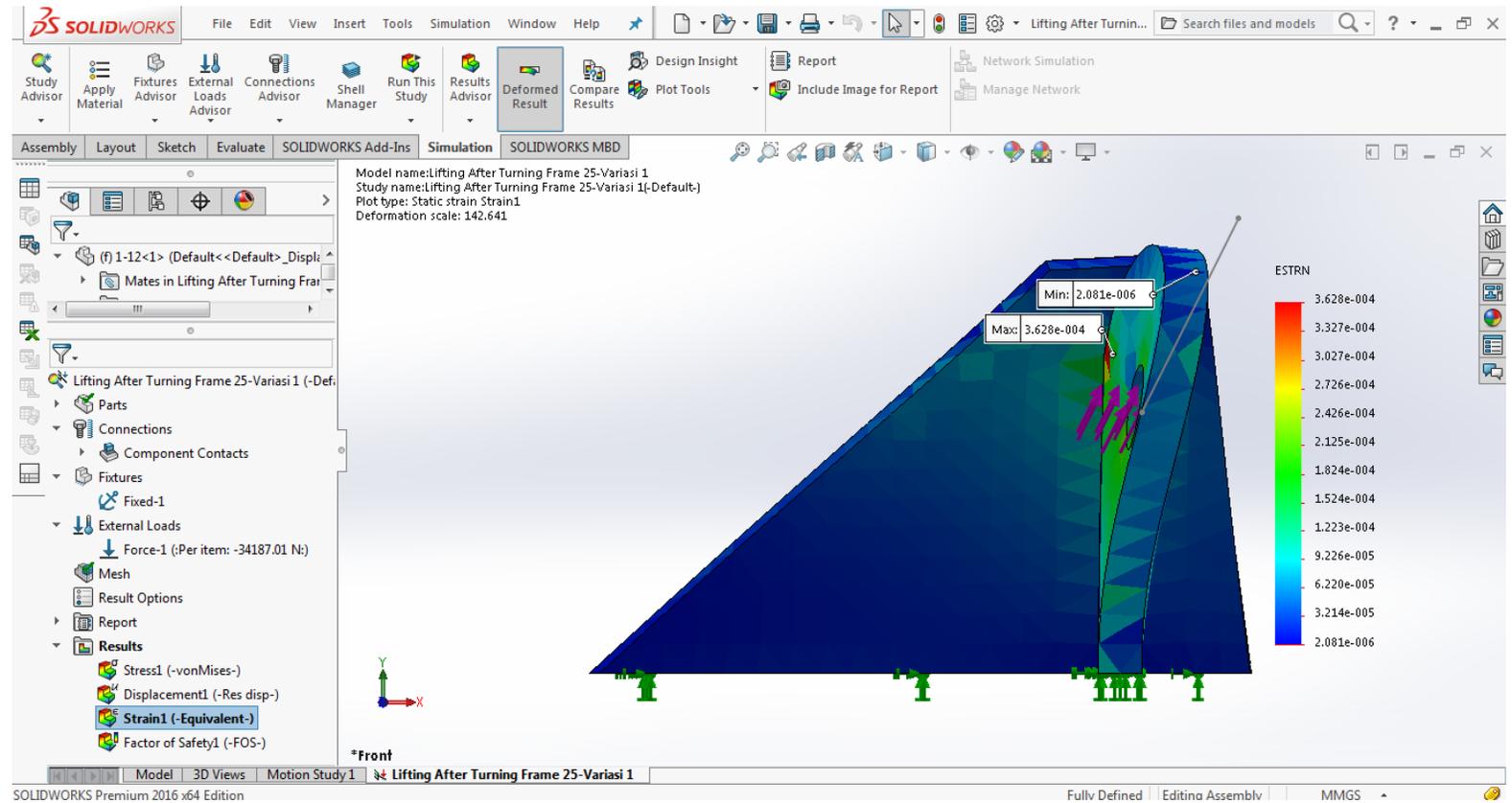
Gambar 4.101. *Stress* pada *Lifting eyes* 1-12 dan *Bracket* 6443/046

Displacement yang terjadi pada variasi 1 lifting eyes dengan sudut 90° dan bracket untuk lifting after turning (Frame 25 bagian deck)



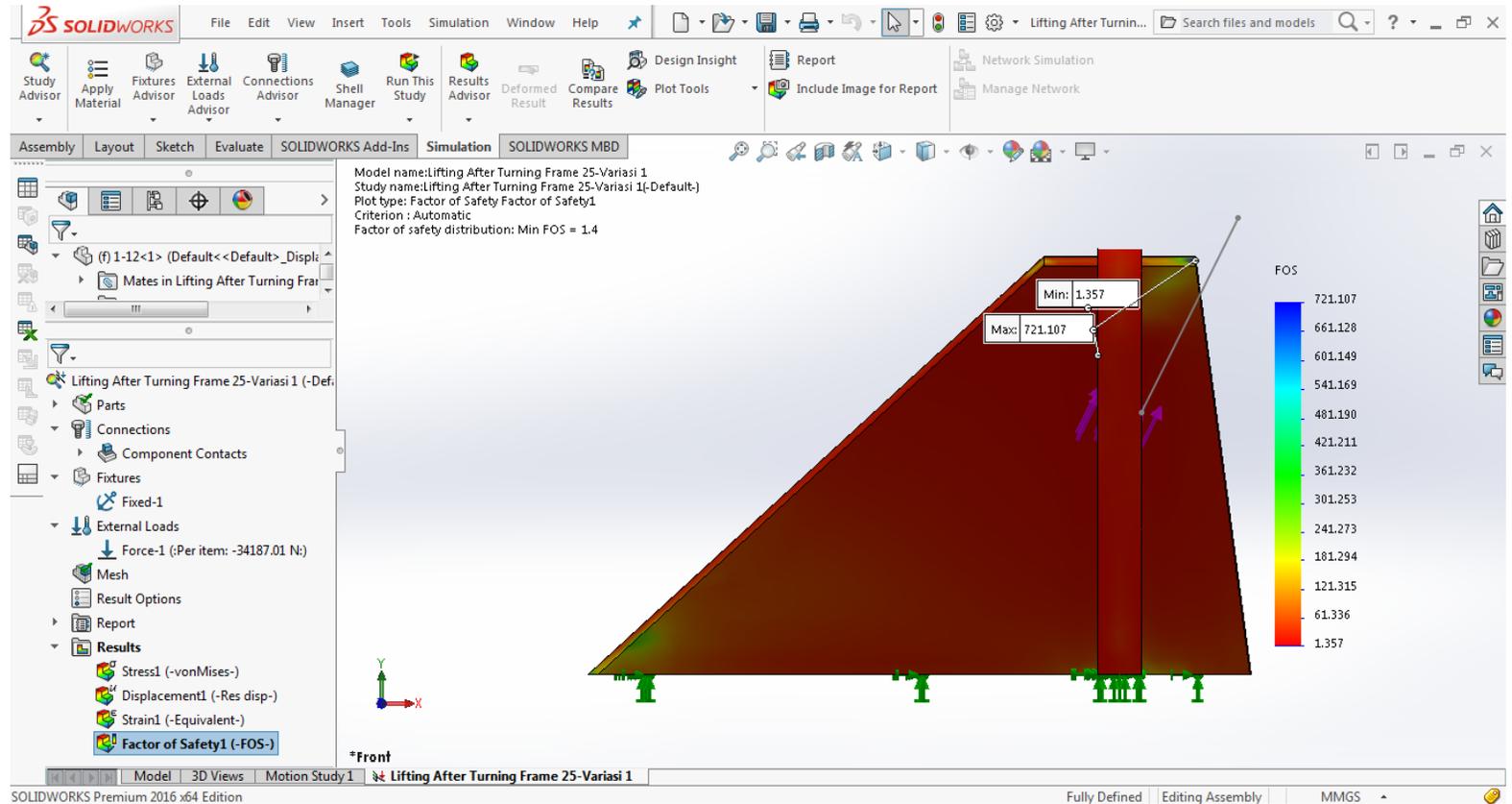
Gambar 4.102. *Displacement pada Lifting eyes 1-12 dan Bracket 6443/046*

Strain yang terjadi pada variasi 1 *lifting eyes* dengan sudut 90° dan *bracket* untuk *lifting after turning* (Frame 25 bagian deck)



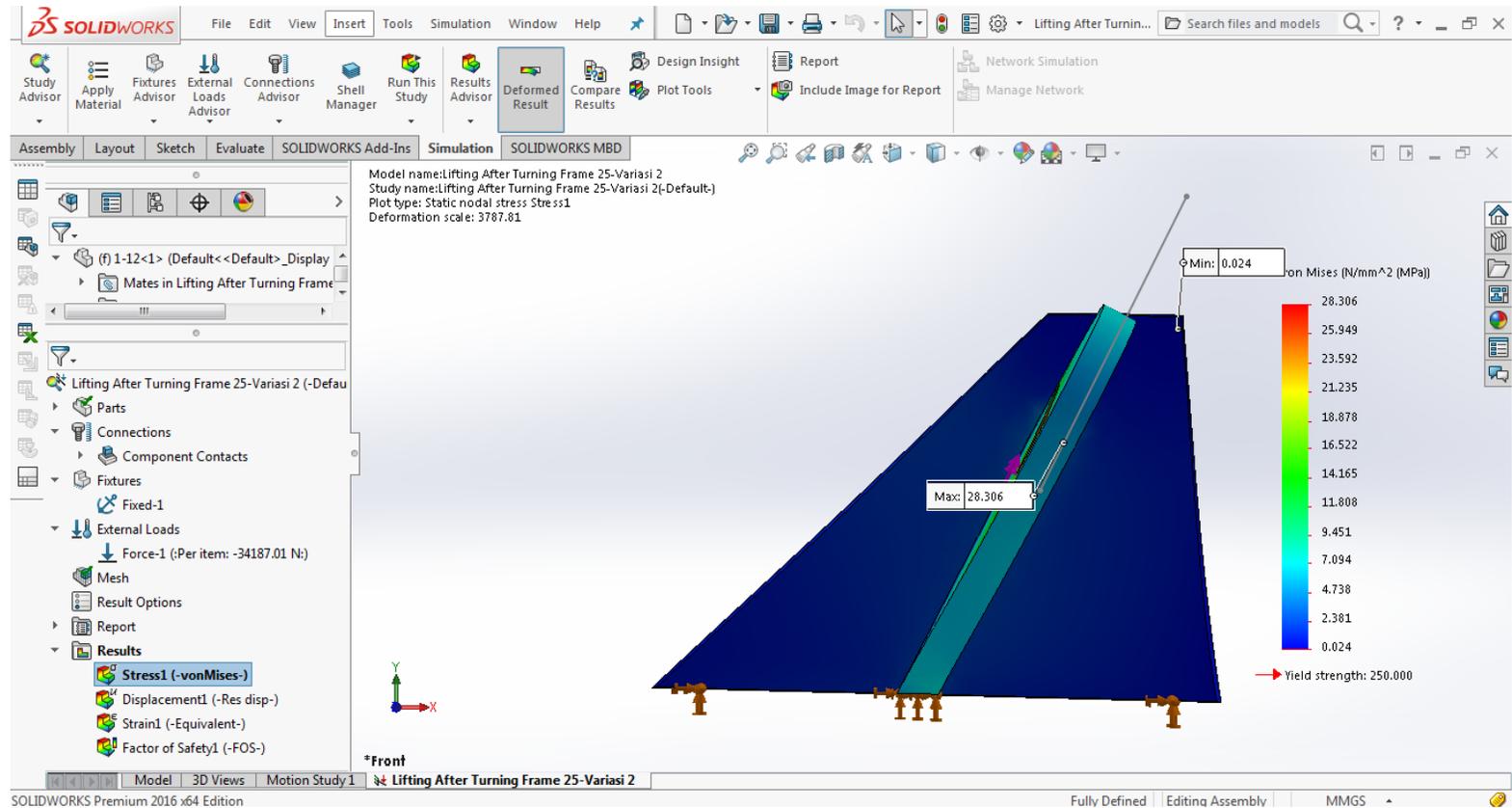
Gambar 4.103. Strain pada *Lifting eyes* 1-12 dan *Bracket* 6443/046

Factor of safety yang terjadi pada variasi 1 *lifting eyes* dengan sudut 90° dan *bracket* untuk *lifting after turning* (Frame 25 bagian *deck*)



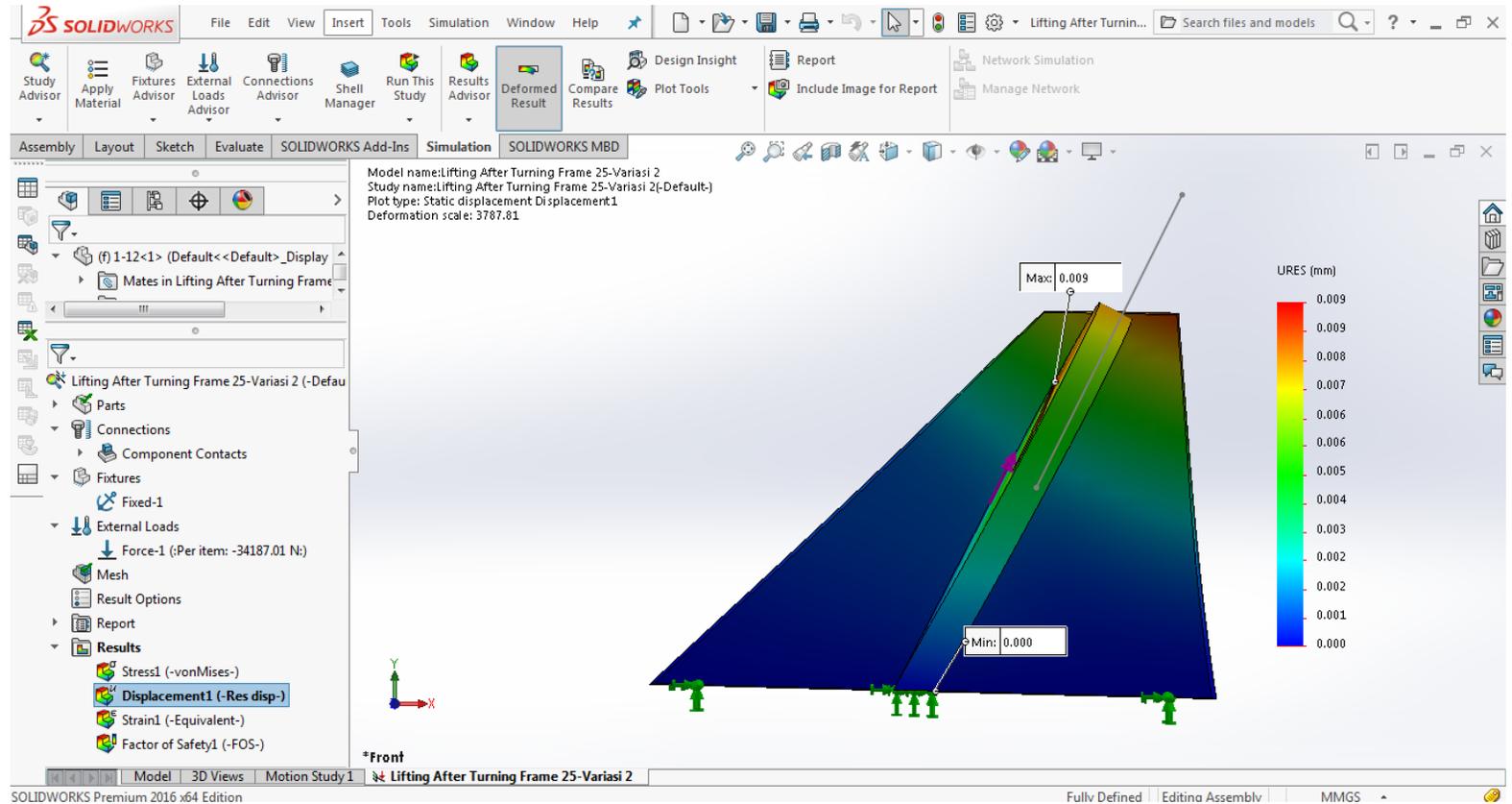
Gambar 4.104. Factor of safety pada *Lifting eyes* 1-12 dan *Bracket* 6443/046

Stress yang terjadi pada variasi 2 *lifting eyes* dengan sudut $63,43^\circ$ dan *bracket* untuk *lifting after turning* (Frame 25 bagian *deck*)



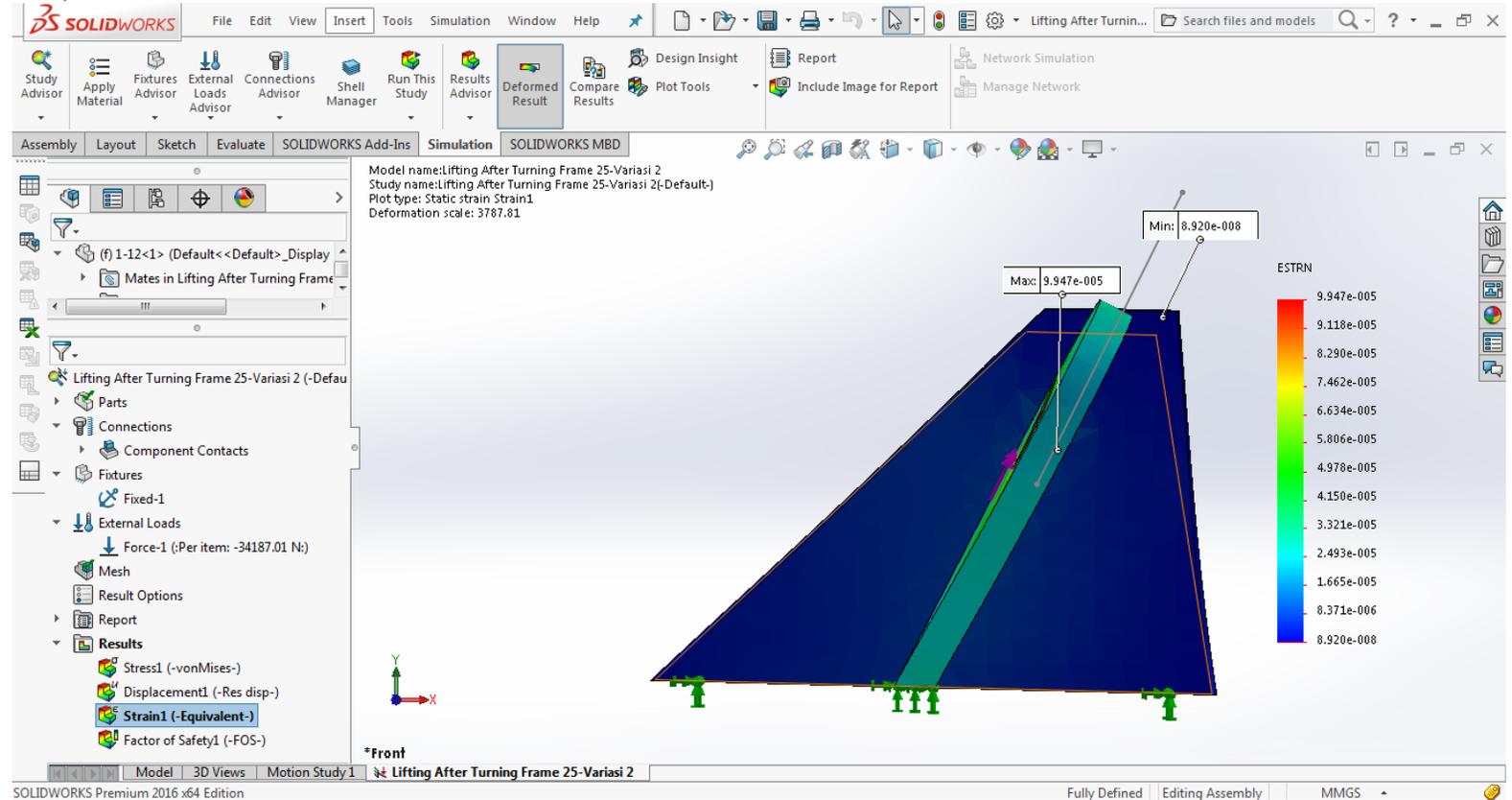
Gambar 4.105. Stress pada *Lifting eyes* 1-12 dan *Bracket* 6443/046

Displacement yang terjadi pada variasi 2 lifting eyes dengan sudut 63,43° dan bracket untuk lifting after turning (Frame 25 bagian deck)



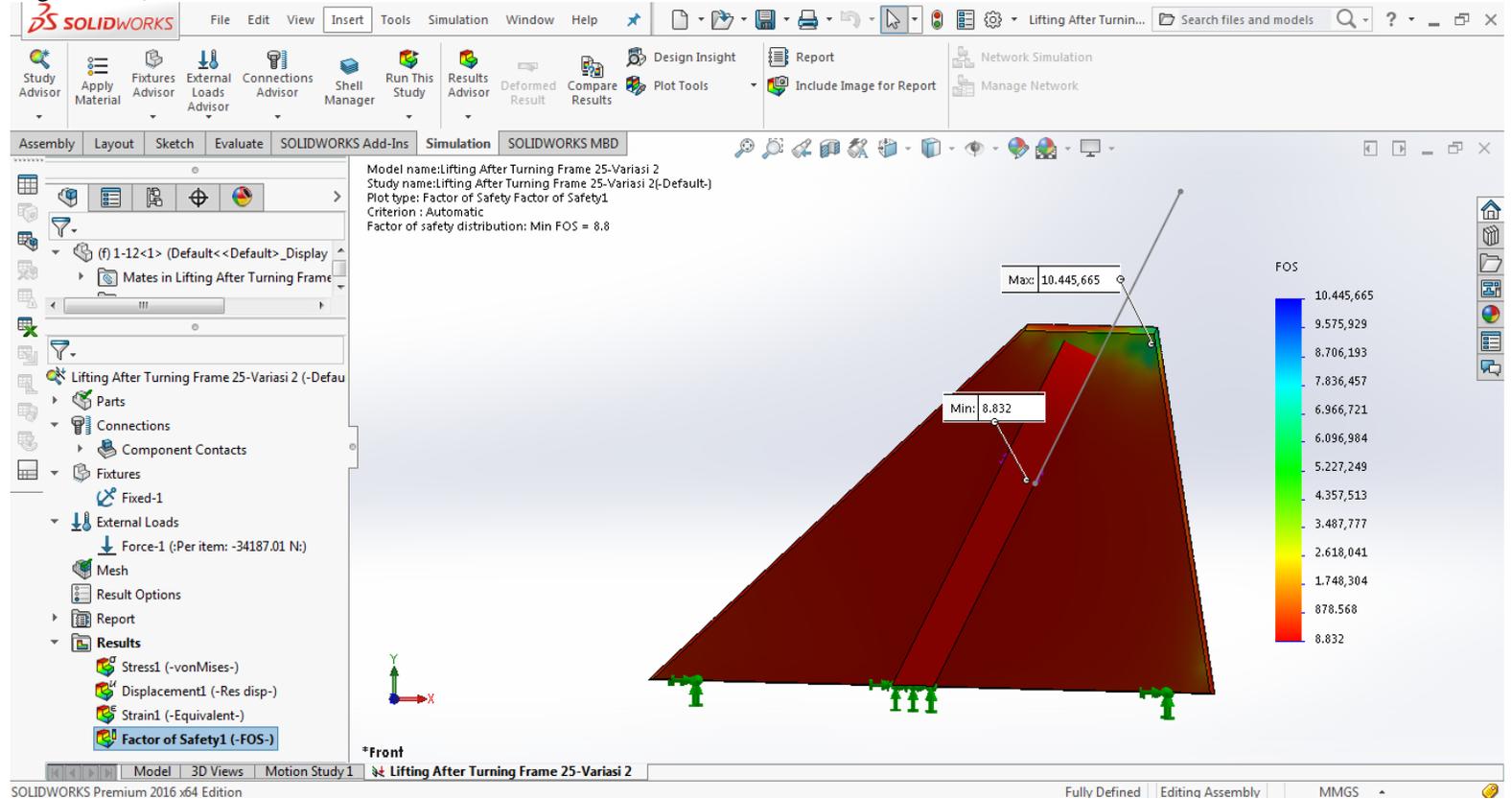
Gambar 4.106. *Displacement pada Lifting eyes 1-12 dan Bracket 6443/046*

Strain yang terjadi pada variasi 2 *lifting eyes* dengan sudut $63,43^\circ$ dan *bracket* untuk *lifting after turning* (Frame 25 bagian *deck*)



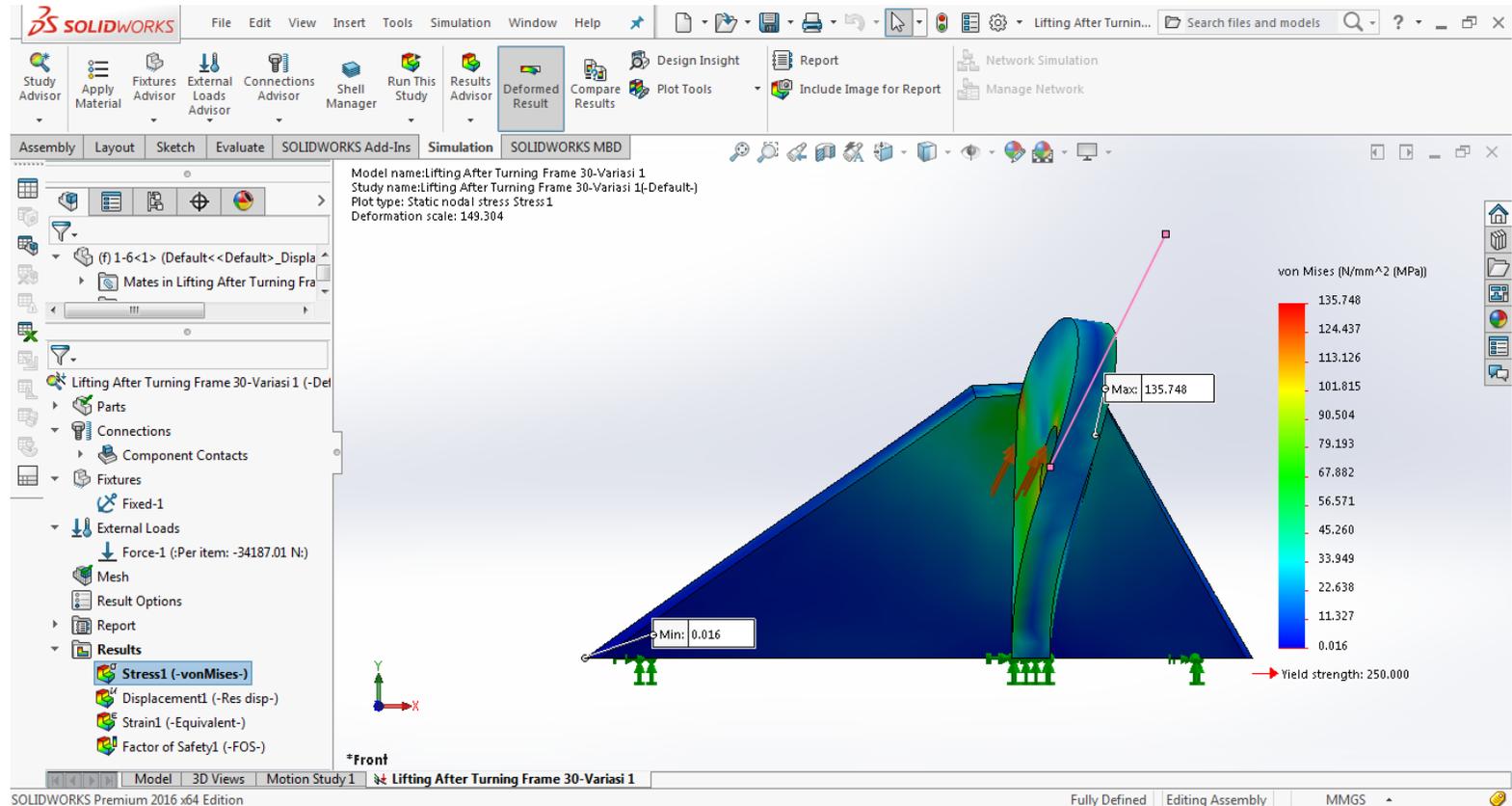
Gambar 4.107. Strain pada *Lifting eyes* 1-12 dan *Bracket* 6443/046

Factor of safety yang terjadi pada variasi 2 *lifting eyes* dengan sudut $63,43^\circ$ dan *bracket* untuk *lifting after turning* (Frame 25 bagian deck)



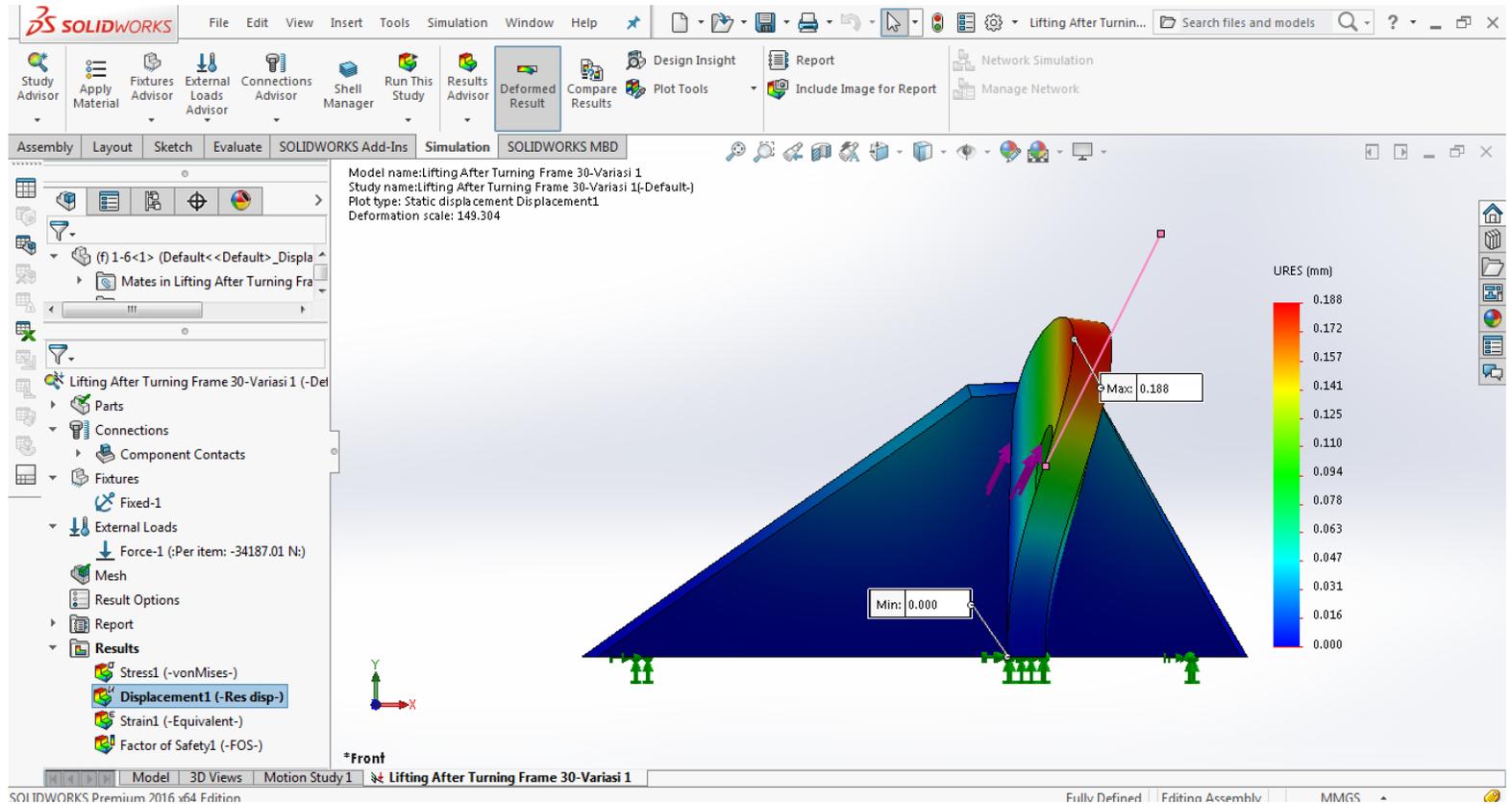
Gambar 4.108. Factor of safety pada *Lifting eyes* 1-12 dan *Bracket* 6443/046

**4.18. Hasil simulasi pada perancangan *lifting eyes* dan *bracket* pada kondisi *lifting after turning* (Frame 30 bagian deck)
Stress yang terjadi pada variasi 1 *lifting eyes* dengan sudut 90° dan *bracket* untuk *lifting after turning* (Frame 30 bagian deck)**



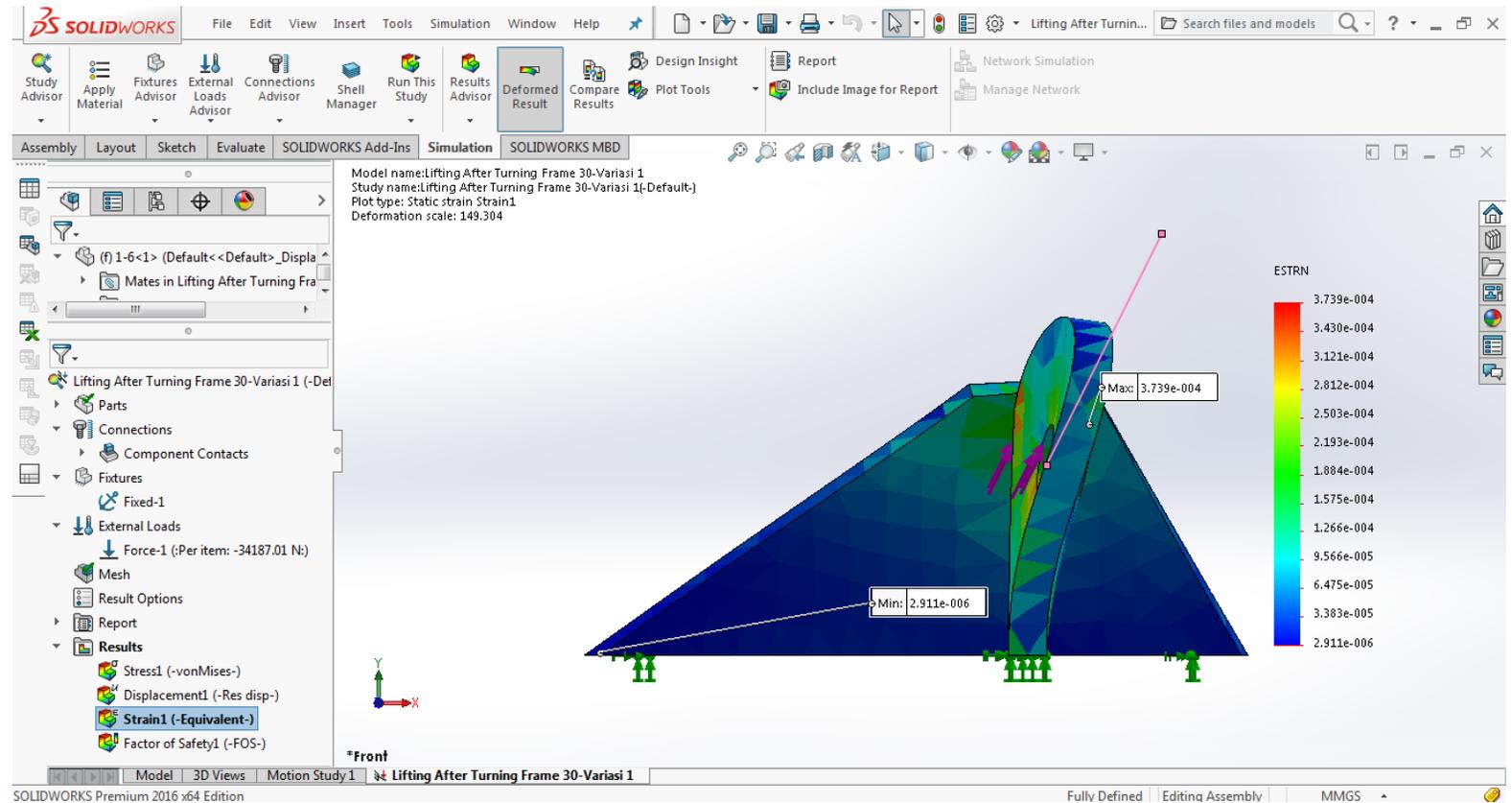
Gambar 4.109. Stress pada *Lifting eyes* 1-6 dan *Bracket* 6443/048

Displacement yang terjadi pada variasi 1 lifting eyes dengan sudut 90° dan bracket untuk lifting after turning (Frame 30 bagian deck)



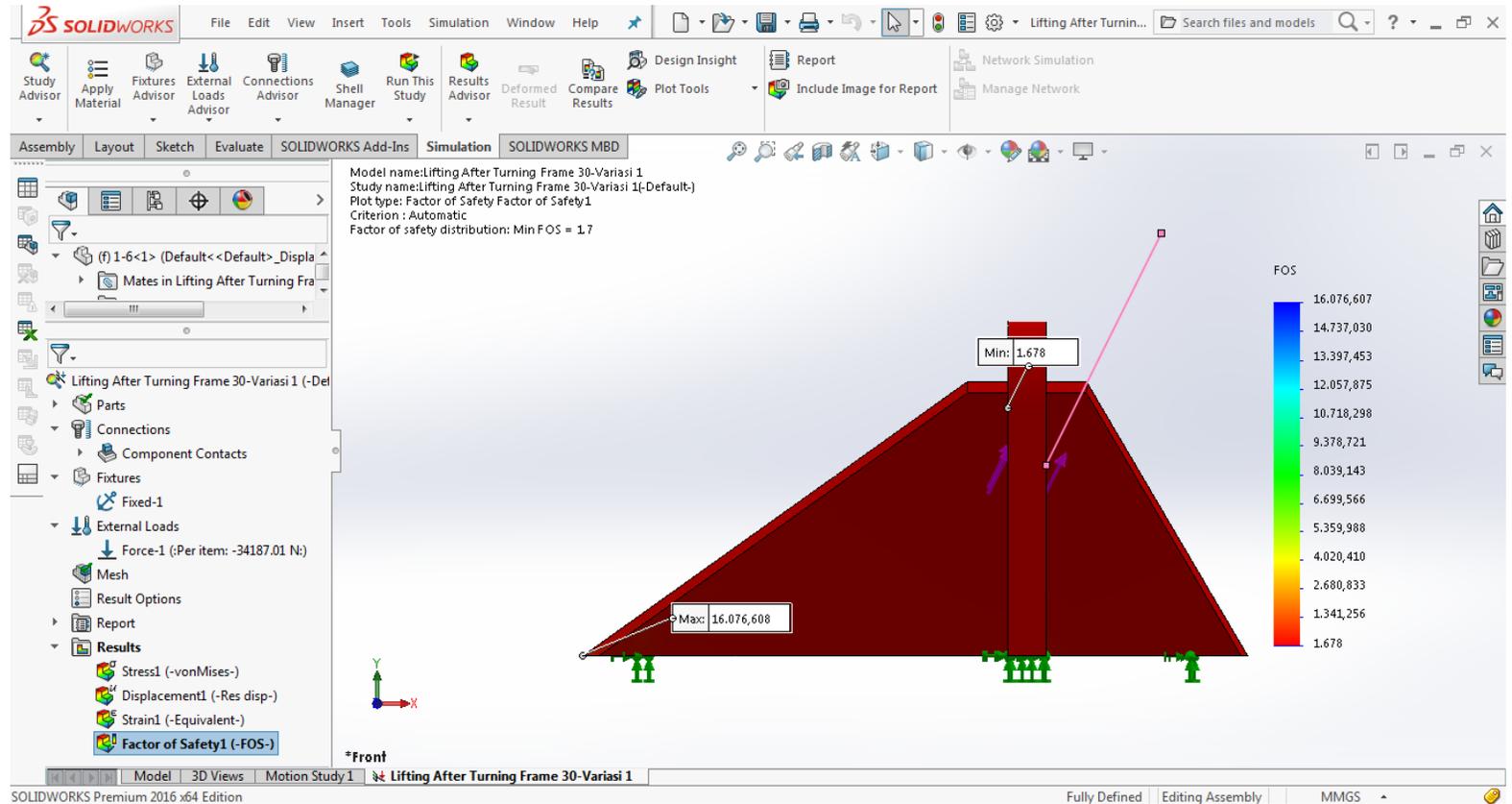
Gambar 4.110. Displacement pada Lifting eyes 1-6 dan Bracket 6443/048

Strain yang terjadi pada variasi 1 *lifting eyes* dengan sudut 90° dan *bracket* untuk *lifting after turning* (Frame 30 bagian deck)



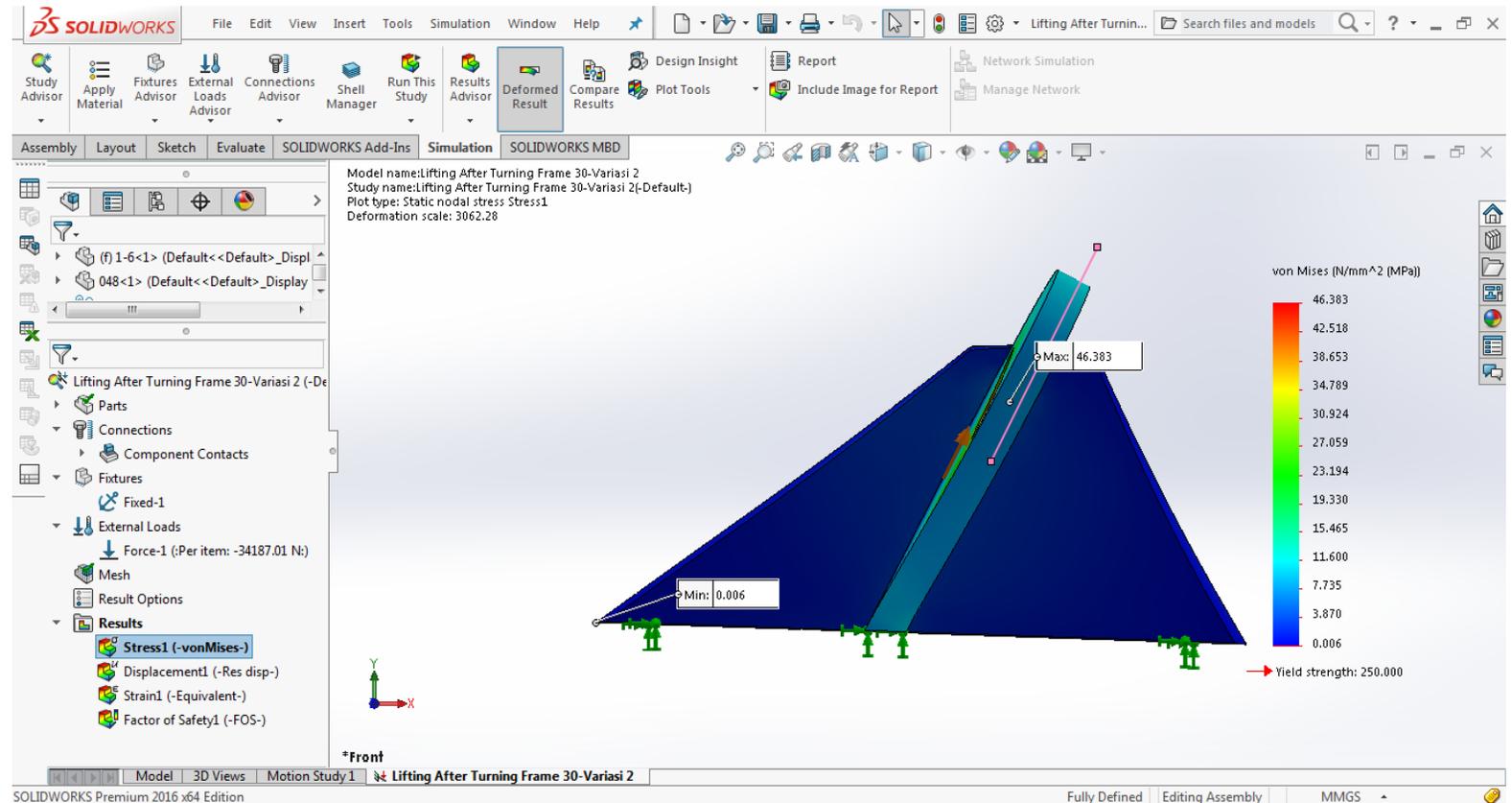
Gambar 4.111. Strain pada *Lifting eyes* 1-6 dan *Bracket* 6443/048

Factor of safety yang terjadi pada variasi 1 *lifting eyes* dengan sudut 90° dan *bracket* untuk *lifting after turning* (Frame 30 bagian *deck*)



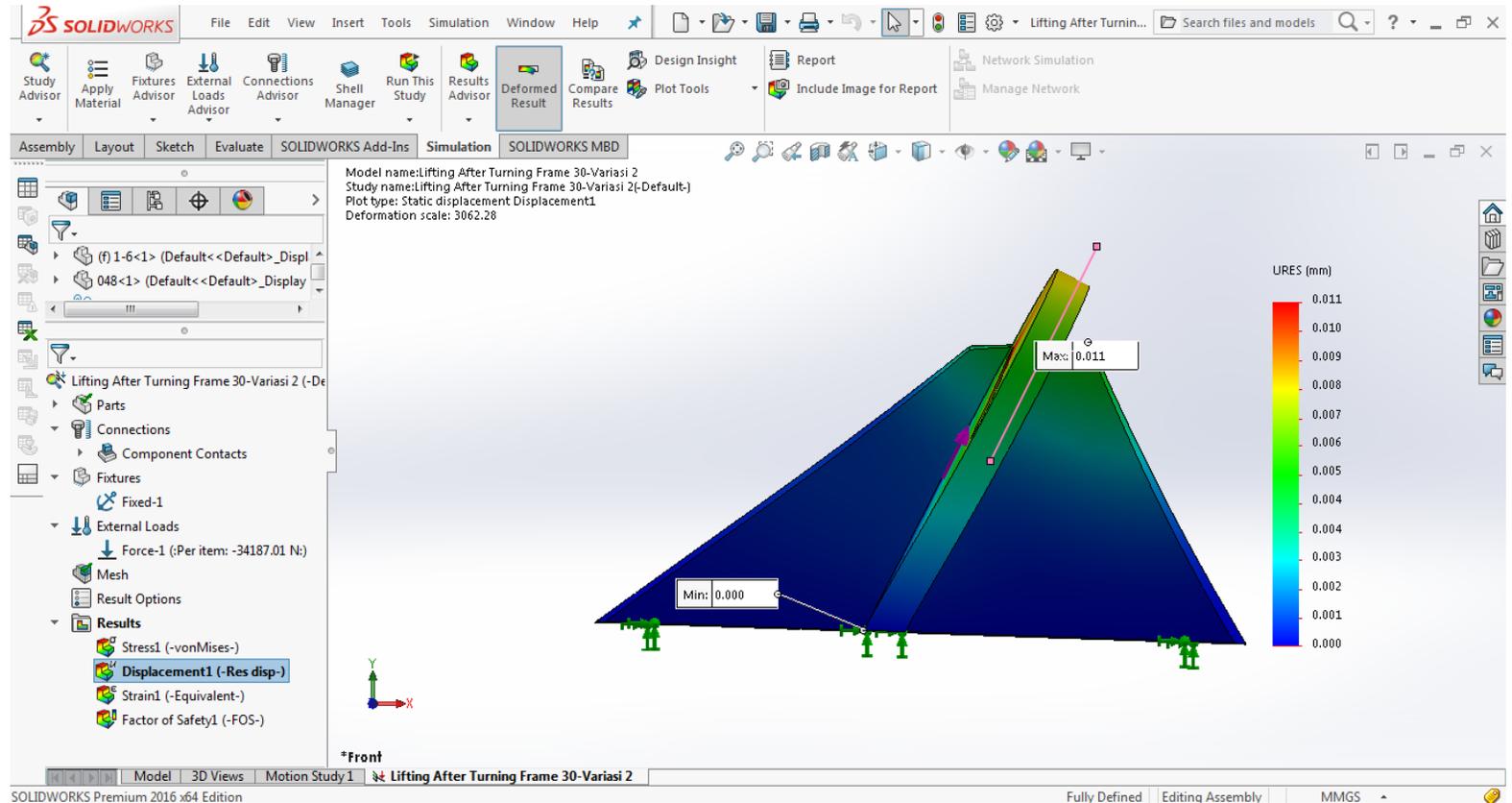
Gambar 4.112. Factor of safety pada *Lifting eyes* 1-6 dan *Bracket* 6443/048

Stress yang terjadi pada variasi 2 lifting eyes dengan sudut 63,43° dan bracket untuk lifting after turning (Frame 30 bagian deck)



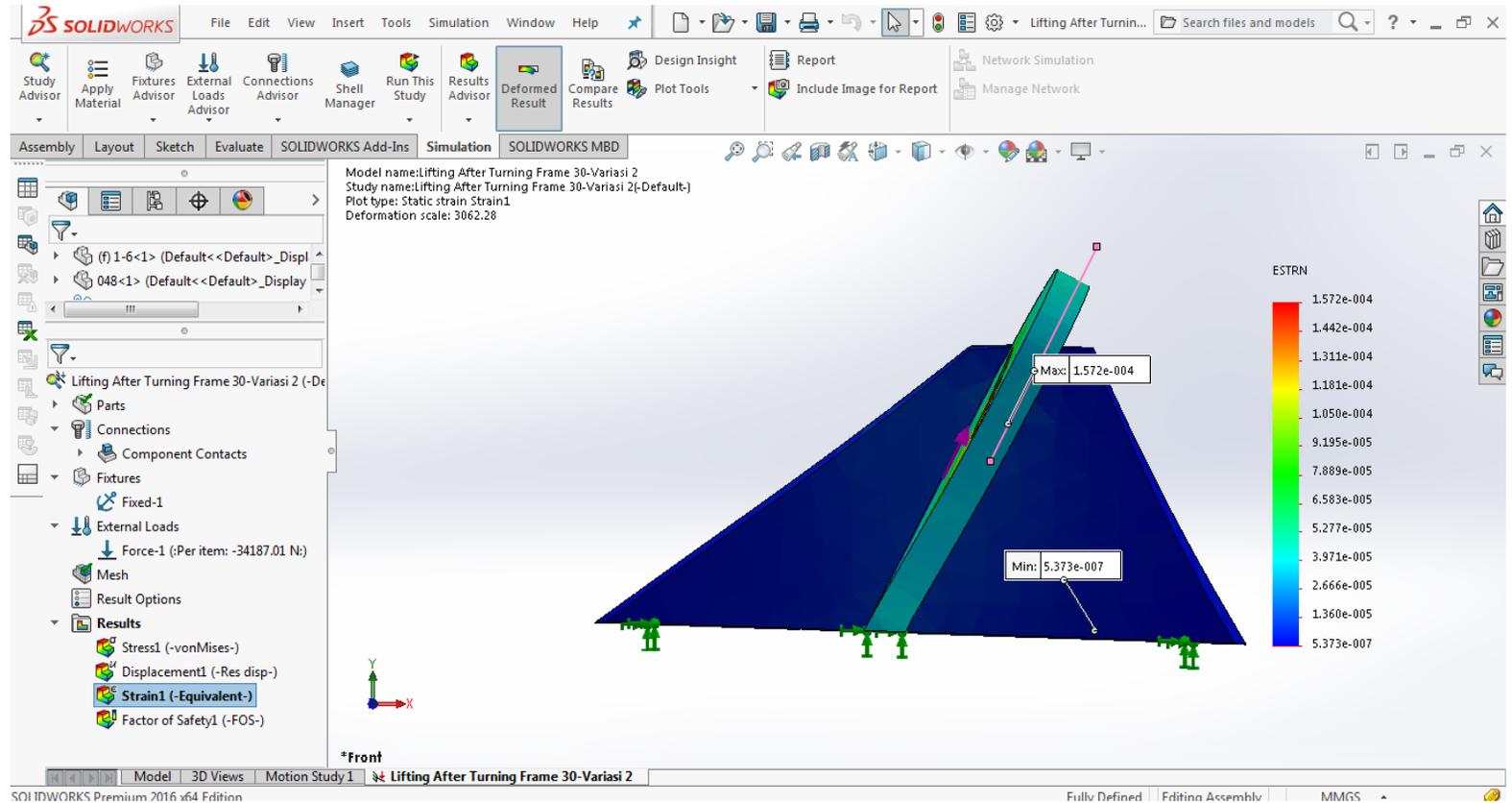
Gambar 4.113. Stress pada Lifting eyes 1-6 dan Bracket 6443/048

Displacement yang terjadi pada variasi 2 *lifting eyes* dengan sudut $63,43^\circ$ dan *bracket* untuk *lifting after turning* (Frame 30 bagian deck)



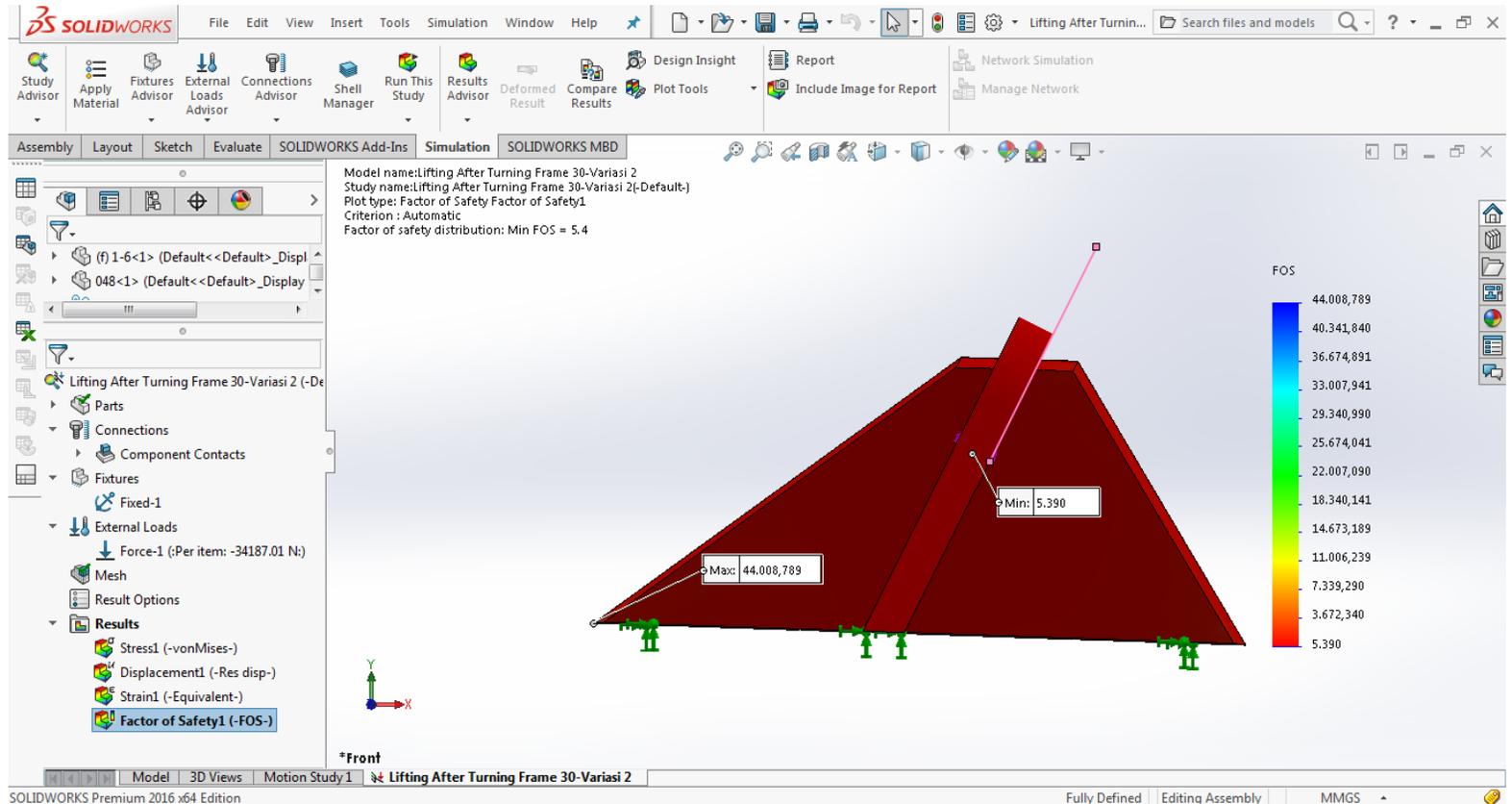
Gambar 4.114. Displacement pada *Lifting eyes* 1-6 dan *Bracket* 6443/048

Strain yang terjadi pada variasi 2 *lifting eyes* dengan sudut $63,43^\circ$ dan *bracket* untuk *lifting after turning* (Frame 30 bagian *deck*)



Gambar 4.115. Strain pada *Lifting eyes* 1-6 dan *Bracket* 6443/048

Factor of safety yang terjadi pada variasi 2 *lifting eyes* dengan sudut $63,43^\circ$ dan *bracket* untuk *lifting after turning* (Frame 30 bagian *deck*)



Gambar 4.116. Factor of safety pada *Lifting eyes* 1-6 dan *Bracket* 6443/048

4.19. Analisa Hasil Simulasi pada *Lifting Eyes* dan *Bracket*

Setelah dilakukan permodelan dan simulasi, maka dapat dilakukan analisa berdasarkan variasi yang dilakukan terhadap masing-masing kondisi yang ada sebagai berikut.

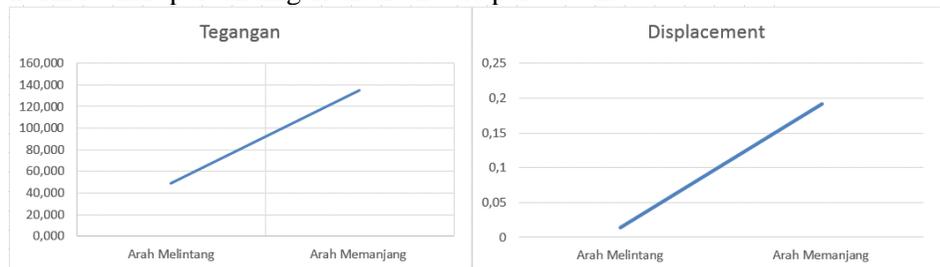
4.19.1. Analisa Hasil Simulasi Kondisi *Lifting Before Turning* pada *Frame 25 Bagian Bottom*

Bedasarkan hasil dari simulasi yang telah dilakukan pada variasi arah pemasangan *lifting eyes* dengan *type* 1-6 dan *bracket* dengan *type* 6443/048 untuk pengangkatan *block* sebelum dilakukan pembalikan *block* (*lifting before turning*) yang dipasang pada *frame 25 bagian bottom*, diketahui sebagai berikut.

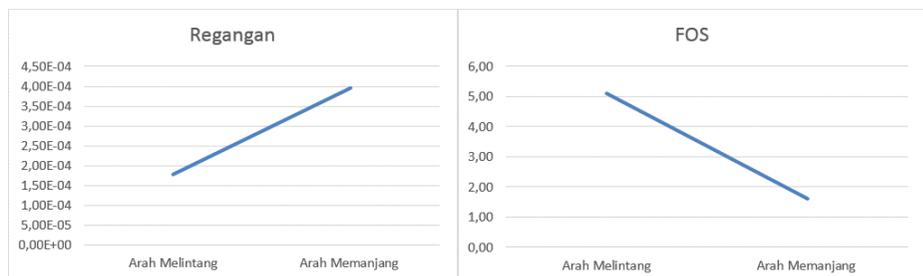
Tabel 4.6. Hasil Simulasi pada *Lifting Eyes* dan *Bracket* Variasi 1 dan 2

No.	Variasi Instalasi		Tegangan (Mpa)	Displacement (mm)	Regangan (ESTRN)	Factor of Safety
1.	Arah Melintang	Maksimum	48,924	0,014	1,768E-04	42,533
		Minimum	0,006	0,00	4,17E-07	5,11
2.	Arah Memanjang	Maksimum	135,344	0,192	3,949E-04	7,064
		Minimum	0,035	0,00	3,068E-06	1,62

Berikut chart perbandingan antara kedua percobaan:



Gambar 4.117. Tegangan dan *Displacement*



Gambar 4.118. Regangan dan *Factor of Safety*

Dalam pemilihan *lifting eyes* dan *bracket*, dipilih berdasarkan beberapa pertimbangan, dimana memiliki nilai tegangan, *displacement*, dan regangan yang lebih kecil sehingga memiliki nilai *factor of safety*

minimum yang besar sehingga aman untuk dilakukan pekerjaan. Berdasarkan hasil simulasi yang dapat dilihat pada gambar maupun grafik diatas menunjukkan bahwa tegangan, *displacement*, dan regangan tertinggi diterima oleh percobaan variasi 2 yaitu *lifting eyes* dengan pemasangan searah memanjang badan kapal masing-masing sebesar 135,344 Mpa dari *yield strenght* 250 Mpa, 0,192 mm, dan $3,949E-04$. Sedangkan untuk *factor of safety* minimum tertinggi diterima oleh percobaan variasi 1 yaitu *lifting eyes* dengan pemasangan searah melintang badan kapal sebesar 5,11. Maka dapat disimpulkan bahwa *lifting eyes* dan *bracket* yang aman digunakan untuk pengangkatan sebelum dilakukan pembalikan *block* (*lifting before turning*) berdasarkan percobaan kepada kedua variasi tersebut yaitu *lifting eyes* dengan pemasangan searah melintang badan kapal dimana memiliki nilai tegangan, *displacement*, serta regangan lebih kecil masing-masing nilai 48,924 Mpa, 0,014 mm, $1,768E-04$ dan juga memiliki *factor of safety* minimum yang lebih besar yaitu 5,11.

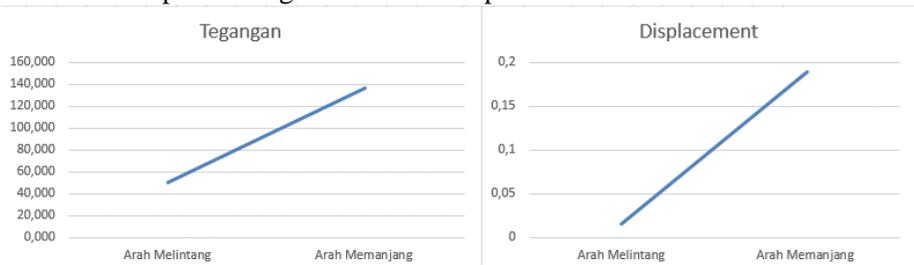
4.19.2. Analisa Hasil Simulasi Kondisi *Lifting Before turning* pada *Frame 30 Bagian Bottom*

Bedasarkan hasil dari simulasi yang telah dilakukan pada variasi arah pemasangan *lifting eyes* dengan *type* 1-6 dan *bracket* dengan *type* 6443/048 untuk pengangkatan *block* sebelum dilakukan pembalikan *block* (*lifting before turning*) yang dipasang pada *frame 30 bagian bottom*, diketahui sebagai berikut.

Tabel 4.7. Hasil Simulasi pada *Lifting Eyes* dan *Bracket* Variasi 1 dan 2

No.	Variasi Instalasi		Tegangan (Mpa)	Displacement (mm)	Regangan (ESTRN)	Factor of Safety
1.	Arah Melintang	Maksimum	49,800	0,015	$1,805E-04$	38,05
		Minimum	0,007	0,00	$4,464E-07$	5,02
2.	Arah Memanjang	Maksimum	137,193	0,19	$3,45E-04$	14,67
		Minimum	0,017	0,00	$3,073E-05$	1,74

Berikut chart perbandingan antara kedua percobaan:



Gambar 4.119. Tegangan dan *Displacement*



Gambar 4.120. Regangan dan *Factor of Safety*

Dalam pemilihan *lifting eyes* dan *bracket*, dipilih berdasarkan beberapa pertimbangan, dimana memiliki nilai tegangan, *displacement*, dan regangan yang lebih kecil sehingga memiliki nilai *factor of safety* minimum yang besar sehingga aman untuk dilakukan pekerjaan. Selain itu perencanaan *lifting eyes* dan *bracket* pada kondisi ini juga digunakan untuk membantu pekerjaan pembalikan *block* sehingga hasil dari kondisi *turning* juga mempengaruhi pemasangan *lifting eyes* dan *bracket* pada kondisi *lifting before turning*. Berdasarkan hasil simulasi yang dapat dilihat pada gambar maupun grafik diatas menunjukkan bahwa tegangan, *displacement*, dan regangan tertinggi diterima oleh percobaan variasi 2 yaitu *lifting eyes* dengan pemasangan searah memanjang badan kapal masing-masing sebesar 137,193 Mpa dari *yield strenght* 250 Mpa, 0,19 mm, dan 3,45E-04. Sedangkan untuk *factor of safety* minimum tertinggi diterima oleh percobaan variasi 1 yaitu *lifting eyes* dengan pemasangan searah melintang badan kapal sebesar 5,02. Berdasarkan hasil diatas, *lifting eyes* dan *bracket* yang aman digunakan untuk pengangkatan sebelum dilakukan pembalikan *block (lifting before turning)* yaitu *lifting eyes* dengan pemasangan searah melintang badan kapal karena memiliki *factor of safety* minimum yang lebih besar yaitu 5,02 sehingga lebih aman. Akan tetapi, dikarenakan *lifting eyes* dan *bracket* ini juga digunakan untuk membantu proses pekerjaan *turning*, maka berdasarkan hasil analisa pada kondisi *turning*, maka *lifting eyes* dan *bracket* yang aman digunakan untuk pengangkatan sebelum dilakukan pembalikan *block (lifting before turning)* yaitu *lifting eyes* dengan pemasangan searah memanjang badan kapal, dengan kesimpulan pada kondisi *turning* nilai *factor of safety* minimum yang lebih besar diterima dengan nilai 1,742 sedangkan pada *lifting eyes* dengan pemasangan searah melintang badan kapal, diterima nilai *factor of safety* minimum yang tidak memenuhi standart yaitu 0,843 karena nilainya dibawah 1 sehingga tidak aman untuk dilakukan pekerjaan. Sedangkan pada kondisi *lifting before turning*, kedua variasi memenuhi standart karena memiliki nilai diatas 1. Maka *lifting eyes* dan *bracket* yang aman digunakan untuk kondisi *lifting before turning* maupun *turning* yaitu *lifting eyes* dengan pemasangan searah memanjang badan kapal.

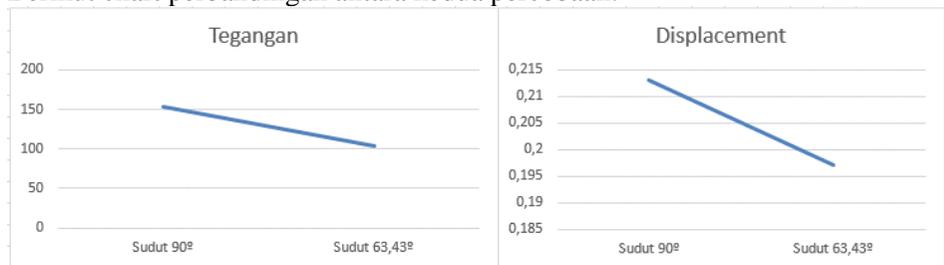
4.19.3. Analisa Hasil Simulasi Kondisi Turning pada *Frame 25* Bagian *Deck*

Bedasarkan hasil dari simulasi yang telah dilakukan pada kedua variasi *lifting eyes* dengan *type* 1-12 dan *bracket* dengan *type* 6443/046 untuk pembalikan *block (turning)* yang dipasang pada *frame 25* bagian *deck*, diketahui sebagai berikut.

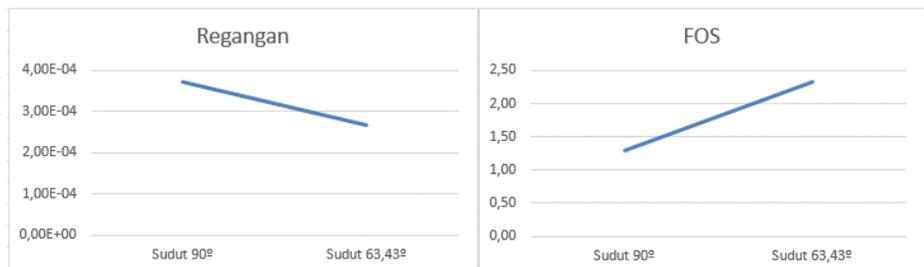
Tabel 4.8. Hasil Simulasi pada *Lifting Eyes* dan *Bracket* Variasi 1 dan 2

No.	Variasi		Tegangan (Mpa)	Displacement (mm)	Regangan (ESTRN)	Factor of Safety
1.	Sudut 90°	Maksimum	153,552	0,213	3,728E-04	528,732
		Minimum	0,473	0,00	1,680E-06	1,297
2.	Sudut 63,43°	Maksimum	103,3	0,197	2,658E-04	629,744
		Minimum	0,397	0,00	1,635E-06	2,32

Berikut chart perbandingan antara kedua percobaan:



Gambar 4.121. Tegangan dan *Displacement*



Gambar 4.122. Regangan dan *Factor of Safety*

Dalam pemilihan *lifting eyes* dan *bracket*, dipilih berdasarkan beberapa pertimbangan, dimana memiliki nilai tegangan, *displacement*, dan regangan yang lebih kecil sehingga memiliki nilai *factor of safety* minimum yang besar sehingga aman untuk dilakukan pekerjaan. Berdasarkan hasil simulasi yang dapat dilihat pada gambar maupun grafik diatas menunjukkan bahwa tegangan, *displacement*, dan regangan tertinggi diterima oleh percobaan variasi 1 yaitu *lifting eyes* dengan sudut

pemasangan 90° masing-masing sebesar 153,552 Mpa dari *yield strenght* 250 Mpa, 0,213 mm, dan $3,728E-04$. Sedangkan untuk *factor of safety* minimum tertinggi diterima oleh percobaan variasi 2 yaitu *lifting eyes* dengan sudut pemasangan $63,43^\circ$ sebesar 2,32. Maka dapat disimpulkan bahwa *lifting eyes* dan *bracket* yang aman digunakan untuk pembalikan *block (turning)* berdasarkan percobaan kepada kedua variasi tersebut yaitu *lifting eyes* dengan pemasangan dengan sudut pemasangan $63,43^\circ$ dimana memiliki nilai tegangan, *displacement*, serta regangan lebih kecil masing-masing nilai 103,3 Mpa, 0,197 mm, $2,658E-04$ dan juga memiliki *factor of safety* minimum yang lebih besar yaitu 2,32. analisa yang sama dilakukan pada kondisi *hanging* serta *lifting after turning* pada *frame 25*, sehingga berdasarkan analisa pada simulasi ketiga kondisi tepatnya *frame 30* bagian lambung *deck* kapal, *lifting eyes* dan *bracket* dipasang dengan sudut pemasangan $63,43^\circ$.

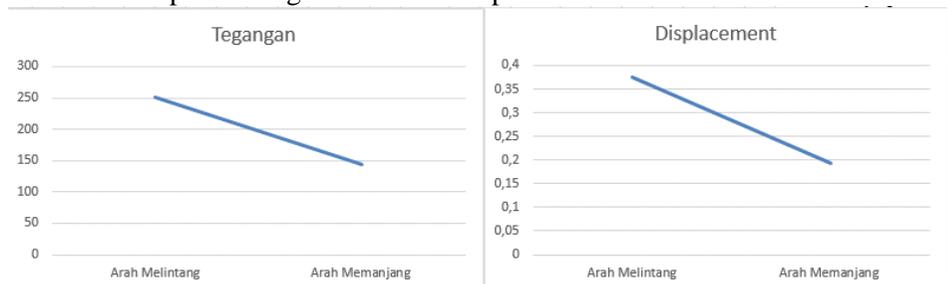
4.19.4. Analisa Hasil Simulasi Kondisi Turning pada *Frame 30* Bagian *Bottom*

Berdasarkan hasil dari simulasi yang telah dilakukan pada variasi arah pemasangan *lifting eyes* dengan *type 1-6* dan *bracket* dengan *type 6443/048* untuk pembalikan *block (turning)* yang dipasang pada *frame 30* bagian *bottom*, diketahui sebagai berikut.

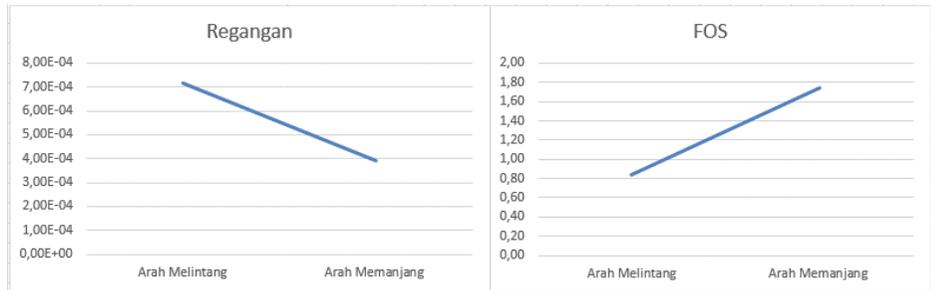
Tabel 4.9. Hasil Simulasi pada *Lifting Eyes* dan *Bracket* Variasi 1 dan 2

No.	Variasi		Tegangan (Mpa)	Displacement (mm)	Regangan (ESTRN)	Factor of Safety
1.	Arah Melintang	Maksimum	250,304	0,376	7,148E-04	2,79
		Minimum	0,09	0,00	5,348E-06	0,843
2.	Arah Memanjang	Maksimum	143,55	0,192	3,895E-04	5,879
		Minimum	0,043	0,00	5,560E-06	1,742

Berikut chart perbandingan antara kedua percobaan:



Gambar 4.123. Tegangan dan *Displacement*



Gambar 4.124. Regangan dan *Factor of Safety*

Dalam pemilihan *lifting eyes* dan *bracket*, dipilih berdasarkan beberapa pertimbangan, dimana memiliki nilai tegangan, *displacement*, dan regangan yang lebih kecil sehingga memiliki nilai *factor of safety* minimum yang besar sehingga aman untuk dilakukan pekerjaan. Berdasarkan hasil simulasi yang dapat dilihat pada gambar maupun grafik diatas menunjukkan bahwa tegangan, *displacement*, dan regangan tertinggi diterima oleh percobaan variasi 1 yaitu *lifting eyes* dengan pemasangan searah melintang badan kapal masing-masing sebesar 250,304 Mpa dari *yield strenght* 250 Mpa, 0,376 mm, dan 7,148E-04. Sedangkan untuk *factor of safety* minimum tertinggi diterima oleh percobaan variasi 2 yaitu *lifting eyes* dengan pemasangan searah memanjang badan kapal sebesar 1,742. Berdasarkan hasil diatas, *lifting eyes* dan *bracket* yang aman digunakan untuk pembalikan *block (turning)* yaitu *lifting eyes* dengan pemasangan searah memanjang badan kapal karena memiliki *factor of safety* minimum yang lebih besar yaitu 1,742 sehingga lebih aman. analisa yang sama dilakukan pada kondisi *lifting before turning* pada *frame 30*, sehingga berdasarkan analisa pada simulasi kedua kondisi tepatnya *frame 30* bagian lambung *bottom* kapal, *lifting eyes* dan *bracket* dipasang dengan pemasangan searah memanjang badan kapal.

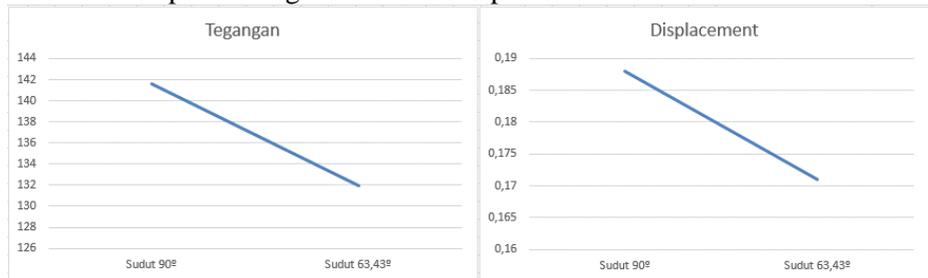
4.19.5. Analisa Hasil Simulasi Kondisi Turning pada *Frame 30* Bagian Deck

Bedasarkan hasil dari simulasi yang telah dilakukan pada variasi sudut pemasangan *lifting eyes* dengan *type* 1-6 dan *bracket* dengan *type* 6443/048 untuk pembalikan *block (turning)* yang dipasang pada *frame 30* bagian *deck*, diketahui sebagai berikut.

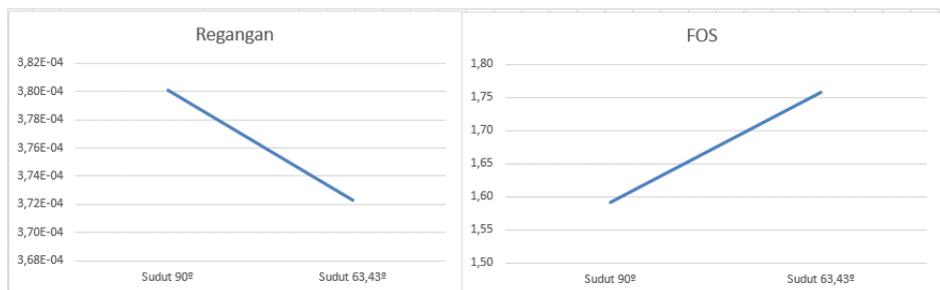
Tabel 4.10. Hasil Simulasi pada *Lifting Eyes* dan *Bracket* Variasi 1 dan 2

No.	Variasi	Tegangan (Mpa)	Displacement (mm)	Regangan (ESTRN)	Factor of Safety	
1.	Sudut 90°	Maksimum	141,641	0,188	3,801E-04	14
		Minimum	0,018	0,00	3,242E-06	1,592
2.	Sudut 63,43°	Maksimum	131,983	0,171	3,723E-04	5,534
		Minimum	0,045	0,00	4,790E-06	1,758

Berikut chart perbandingan antara kedua percobaan:



Gambar 4.125. Tegangan dan *Displacement*



Gambar 4.126. Regangan dan *Factor of Safety*

Dalam pemilihan *lifting eyes* dan *bracket*, dipilih berdasarkan beberapa pertimbangan, dimana memiliki nilai tegangan, *displacement*, dan regangan yang lebih kecil sehingga memiliki nilai *factor of safety* minimum yang besar sehingga aman untuk dilakukan pekerjaan. Berdasarkan hasil simulasi yang dapat dilihat pada gambar maupun grafik diatas menunjukkan bahwa tegangan, *displacement*, dan regangan tertinggi diterima oleh percobaan variasi 1 yaitu *lifting eyes* dengan sudut pemasangan 90° masing-masing sebesar 141,64 Mpa dari *yield strenght* 250 Mpa, 0,188 mm, dan 3,801E-04. Sedangkan untuk *factor of safety* minimum tertinggi diterima oleh percobaan variasi 2 yaitu *lifting eyes* dengan sudut pemasangan 63,43° sebesar 1,758. Maka dapat disimpulkan bahwa *lifting eyes* dan *bracket* yang aman digunakan untuk pembalikan *block (turning)* berdasarkan percobaan kepada kedua variasi tersebut yaitu *lifting eyes* dengan pemasangan dengan sudut pemasangan 63,43° lebih aman dimana memiliki nilai tegangan, *displacement*, serta regangan lebih kecil masing-masing nilai 131,983 Mpa, 0,171 mm, 3,723E-04 dan juga memiliki *factor of safety* minimum yang lebih besar yaitu 1,758. analisa yang sama dilakukan pada kondisi *lifting after turning* pada *frame 30*, sehingga berdasarkan analisa pada simulasi kedua kondisi tepatnya *frame 30* bagian lambung *deck* kapal, *lifting eyes* dan *bracket* dipasang dengan sudut pemasangan 63,43°

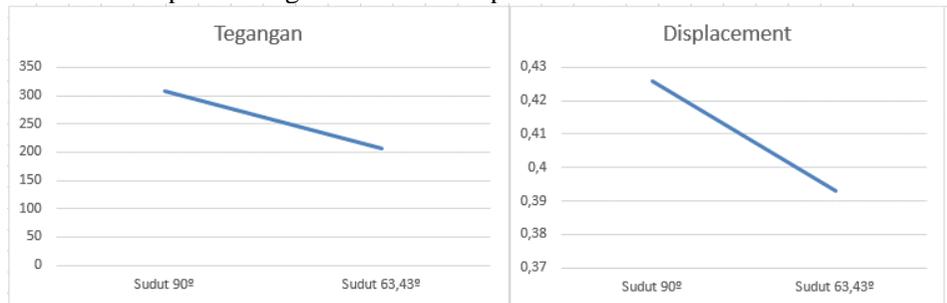
4.19.6. Analisa Hasil Simulasi *Block Menggantung (Hanging)*

Bedasarkan hasil dari simulasi yang telah dilakukan pada *lifting eyes* dengan *type* 1-12 dan *bracket* dengan *type* 6443/046 pada saat *block* dalam kondisi menggantung (*hanging*) yang dipasang pada *frame* 25 bagian *deck*, diketahui sebagai berikut.

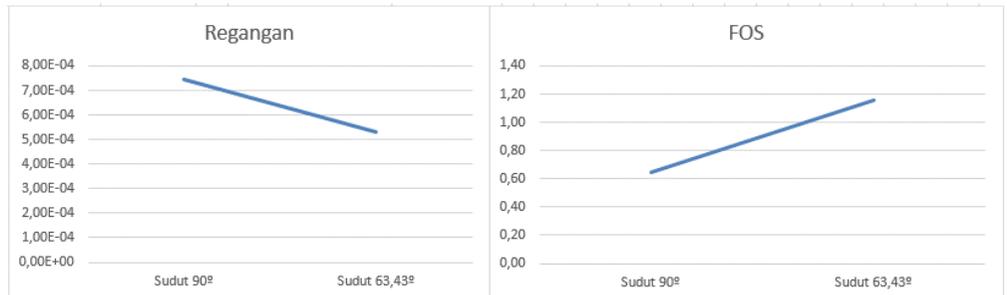
Tabel 4.11. Hasil Simulasi pada *Lifting Eyes* dan *Bracket* Variasi 1 dan 2

No.	Variasi		Tegangan (Mpa)	Displacement (mm)	Regangan (ESTRN)	Factor of Safety
1.	Sudut 90°	Maksimum	307,104	0,426	7,456E-04	264,366
		Minimum	0,946	0,00	3,360E-06	0,648
2.	Sudut 63,43°	Maksimum	206,601	0,393	5,316E-04	314,872
		Minimum	0,794	0,00	3,270E-06	1,16

Berikut chart perbandingan antara kedua percobaan:



Gambar 4.127. Tegangan dan *Displacement*



Gambar 4.128. Regangan dan *Factor of Safety*

Dalam pemilihan *lifting eyes* dan *bracket*, dipilih berdasarkan beberapa pertimbangan, dimana memiliki nilai tegangan, *displacement*, dan regangan yang lebih kecil sehingga memiliki nilai *factor of safety* minimum yang besar sehingga aman untuk dilakukan pekerjaan. Berdasarkan hasil simulasi yang dapat dilihat pada gambar maupun grafik diatas menunjukkan bahwa tegangan, *displacement*, dan regangan tertinggi diterima oleh percobaan variasi 1 yaitu *lifting eyes* dengan sudut pemasangan 90° masing-masing sebesar 307,104 Mpa dari *yield strenght* 250 Mpa, 0,426 mm, dan 7,456E-04. Sedangkan untuk *factor of safety*

minimum tertinggi diterima oleh percobaan variasi 2 yaitu *lifting eyes* dengan sudut pemasangan $63,43^\circ$ sebesar 1,16. Maka dapat disimpulkan bahwa *lifting eyes* dan *bracket* yang aman digunakan untuk keadaan *block* menggantung (*hanging*) berdasarkan percobaan kepada kedua variasi tersebut yaitu *lifting eyes* dengan pemasangan dengan sudut pemasangan $63,43^\circ$ dimana memiliki nilai tegangan, *displacement*, serta regangan lebih kecil masing-masing nilai 206,601 Mpa dari *yield strenght* 250 Mpa, 0,393 mm, $5,316E-04$ dan juga memiliki *factor of safety* minimum yang lebih besar yaitu 1,16 dimana memiliki diatas 1 sehingga aman ketika kondisi *hanging*. Analisa yang sama dilakukan pada kondisi *turning lifting* dan *after turning* pada *frame 25*, sehingga berdasarkan analisa pada simulasi kedua kondisi tepatnya *frame 25* bagian *deck* kapal, *lifting eyes* dan *bracket* dipasang dengan sudut pemasangan $63,43^\circ$

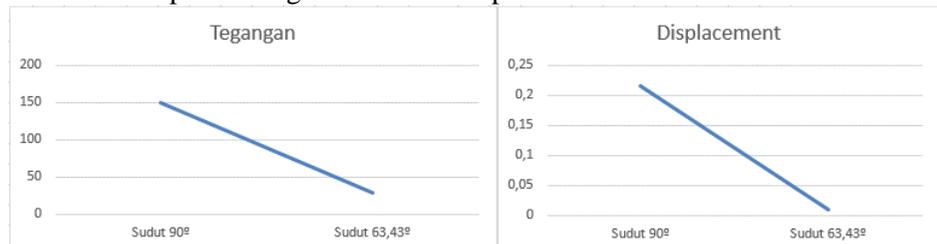
4.19.7. Analisa Hasil Kondisi *Lifting After turning Frame 25*

Bedasarkan hasil dari simulasi yang telah dilakukan pada *lifting eyes* dengan *type* 1-12 dan *bracket* dengan *type* 6443/046 untuk pengangkatan *block* setelah dilakukan pembalikan *block* (*lifting after turning*) yang dipasang pada *frame 25* bagian *deck*, diketahui sebagai berikut.

Tabel 4.12. Hasil Simulasi pada *Lifting Eyes* dan *Bracket* Variasi 1 dan 2

No.	Variasi	Tegangan (Mpa)	Displacement (mm)	Regangan (ESTRN)	Factor of Safety	
1.	Sudut 90°	Maksimum	150,409	0,215	$3,628E-04$	721,107
		Minimum	0,347	0,00	$2,081E-06$	1,357
2.	Sudut $63,43^\circ$	Maksimum	28,306	0,009	$9,947E-05$	10,45
		Minimum	0,024	0,00	$8,920E-08$	8,832

Berikut chart perbandingan antara kedua percobaan:



Gambar 4.129. Tegangan dan *Displacement*



Gambar 4.130. Regangan dan *Factor of Safety*

Dalam pemilihan *lifting eyes* dan *bracket*, dipilih berdasarkan beberapa pertimbangan, dimana memiliki nilai tegangan, *displacement*, dan regangan yang lebih kecil sehingga memiliki nilai *factor of safety* minimum yang besar sehingga aman untuk dilakukan pekerjaan. Berdasarkan hasil simulasi yang dapat dilihat pada gambar maupun grafik diatas menunjukkan bahwa tegangan, *displacement*, dan regangan tertinggi diterima oleh percobaan variasi 1 yaitu *lifting eyes* dengan sudut pemasangan 90° masing-masing sebesar 150,409 Mpa dari *yield strenght* 250 Mpa, 0,215 mm, dan $3,628E-04$. Sedangkan untuk *factor of safety* minimum tertinggi diterima oleh percobaan variasi 2 yaitu *lifting eyes* dengan sudut pemasangan $63,43^\circ$ sebesar 8,832. Maka dapat disimpulkan bahwa *lifting eyes* dan *bracket* yang aman digunakan untuk pengangkatan sesudah dilakukan pembalikan *block (lifting after turning)* berdasarkan percobaan kepada kedua variasi tersebut yaitu *lifting eyes* dengan pemasangan dengan sudut pemasangan $63,43^\circ$ dimana memiliki nilai tegangan, *displacement*, serta regangan lebih kecil masing-masing nilai 28,306 Mpa dari *yield strenght* 250 Mpa, 0,009 mm, $9,947E-05$ dan juga memiliki *factor of safety* minimum yang lebih besar yaitu 8,832. Analisa yang sama dilakukan pada kondisi *turning* dan *hanging* pada *frame 25*, sehingga berdasarkan analisa pada simulasi ketiga kondisi tepatnya *frame 25* bagian *deck* kapal, *lifting eyes* dan *bracket* dipasang dengan sudut pemasangan $63,43^\circ$.

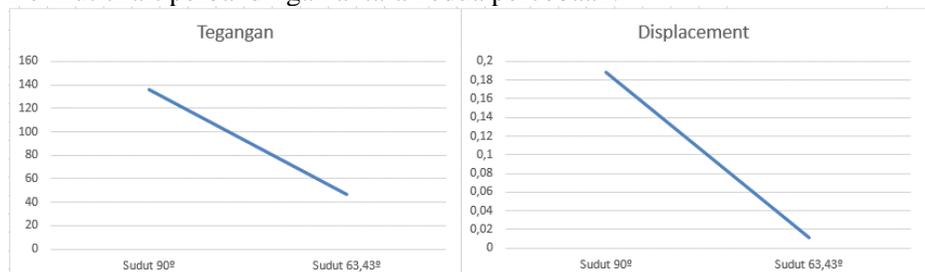
4.19.8. Analisa Hasil Kondisi *Lifting After turning* Frame 30

Bedasarkan hasil dari simulasi yang telah dilakukan pada *lifting eyes* dengan *type 1-6* dan *bracket* dengan *type 6443/048* untuk pengangkatan *block* sesudah dilakukan pembalikan *block (lifting after turning)* yang dipasang pada *frame 30*, diketahui sebagai berikut.

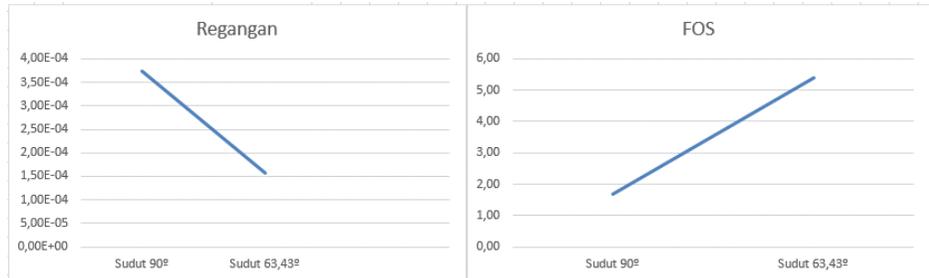
Tabel 4.13. Hasil Simulasi pada *Lifting Eyes* dan *Bracket* Variasi 1 dan 2

No.	Variasi		Tegangan (Mpa)	Displacement (mm)	Regangan (ESTRN)	Factor of Safety
1.	Sudut 90°	Maksimum	135,748	0,188	3,739E-04	16,076
		Minimum	0,016	0,00	2,911E-06	1,7
2.	Sudut $63,43^\circ$	Maksimum	46,383	0,011	1,572E-04	44,008
		Minimum	0,006	0,00	5,373E-07	5,390

Berikut chart perbandingan antara kedua percobaan:



Gambar 4.131. Tegangan dan *Displacement*



Gambar 4.132. Regangan dan *Factor of Safety*

Dalam pemilihan *lifting eyes* dan *bracket*, dipilih berdasarkan beberapa pertimbangan, dimana memiliki nilai tegangan, *displacement*, dan regangan yang lebih kecil sehingga memiliki nilai *factor of safety* minimum yang besar sehingga aman untuk dilakukan pekerjaan. Berdasarkan hasil simulasi yang dapat dilihat pada gambar maupun grafik diatas menunjukkan bahwa tegangan, *displacement*, dan regangan tertinggi diterima oleh percobaan variasi 1 yaitu *lifting eyes* dengan sudut pemasangan 90° masing-masing sebesar 135,748 Mpa dari *yield strenght* 250 Mpa, 0,188 mm, dan 3,739E-04. Sedangkan untuk *factor of safety* minimum tertinggi diterima oleh percobaan variasi 2 yaitu *lifting eyes* dengan sudut pemasangan 63,43° sebesar 5,390. Maka dapat disimpulkan bahwa *lifting eyes* dan *bracket* yang aman digunakan untuk pengangkatan sesudah dilakukan pembalikan *block (lifting after turning)* berdasarkan percobaan kepada kedua variasi tersebut yaitu *lifting eyes* dengan pemasangan dengan sudut pemasangan 63,43° dimana memiliki nilai tegangan, *displacement*, serta regangan lebih kecil masing-masing nilai 46,383 Mpa dari *yield strenght* 250 Mpa, 0,011 mm, 1,572E-04 dan juga memiliki *factor of safety* minimum yang lebih besar yaitu 5,408. Analisa yang sama dilakukan pada kondisi *turning* pada *frame* 30, sehingga berdasarkan analisa pada simulasi ketiga kondisi tepatnya *frame* 25 bagian *deck* kapal, *lifting eyes* dan *bracket* dipasang dengan sudut pemasangan 63,43°.

4.20. *Lifting equipment* pada Kondisi *Lifting, Turning, dan Hanging*

Berdasarkan pemilihan serta analisa yang dilakukan terhadap *lifting eyes* dan *bracket* untuk masing-masing kondisi, total terdapat 8 buah *lifting eyes*, 8 buah *bracket*, 8 buah *shackles* dan *sling* serta 2 *hook*. Berikut perencanaan tiap-tiap kondisi yang terpasang pada bagian *deck* maupun *bottom* tentunya pada *frame* 25 dan 30:

4.20.1. *Lifting Before turning*

Pada perencanaan *lifting before turning*, diperlukan *lifting eyes* sejumlah 4 buah untuk melakukan pengangkatan, yang dimana direncanakan untuk dipasang 2 buah di *Frame* 25 dan 2 buah di *frame* 30 semuanya terpasang pada bagian *bottom*. Berikut *lifting equipment* yang terpasang pada *frame* 25 bagian *bottom*

:

- | | | |
|------------------------|---------------------------|----------|
| 1. <i>Sling</i> | : 4 meter; 4 tons, 63,43° | (2 buah) |
| 2. <i>Shackles</i> | : 6,5 tons | (2 buah) |
| 3. <i>Lifting Eyes</i> | : 1-6, 90° arah melintang | (2 buah) |
| 4. <i>Bracket</i> | : 6443/048 | (2 buah) |

Berikut *lifting equipment* yang terpasang pada *frame 30* bagian *bottom* yang digunakan untuk pekerjaan *lifting before turning* :

- | | | |
|------------------------|---------------------------|----------|
| 1. <i>Sling</i> | : 4 meter; 4 tons, 63,43° | (2 buah) |
| 2. <i>Shackles</i> | : 6,5 tons | (2 buah) |
| 3. <i>Lifting Eyes</i> | : 1-6, 90° arah memanjang | (2 buah) |
| 4. <i>Bracket</i> | : 6443/048 | (2 buah) |

4.20.3. *Turning*

Pada perencanaan *turning*, diperlukan *lifting eyes* sejumlah 6 buah untuk melakukan pembalikan, yang dimana direncanakan untuk dipasang 2 buah di *Frame 25* bagian *deck* dan 2 buah di *frame 30* bagian *bottom* serta 2 di *frame 30* bagian *deck*. 2 buah di *frame 30* bagian *bottom* serta 2 di *frame 30* bagian *deck* yang dimaksud pemakaiannya secara bergantian, dimana untuk tahap awal *sling* dipasang pada *frame 25* bagian *deck* dan *frame 30* bagian *bottom*, pada *frame 30 hook* diturunkan perlahan hingga *block* menggantung hanya menggunakan *lifting eyes* pada *frame 25*, setelah itu *sling* yang terpasang pada *lifting eyes frame 30* bagian *bottom* dilepas lalu dipasangkan pada *lifting eyes frame 30* bagian *deck* lalu *hook* mulai diangkat sehingga *block* akan terbalik dan terangkat secara normal. Berikut *lifting equipment* yang terpasang pada *frame 25* bagian *deck*:

- | | | |
|------------------------|----------------------------|----------|
| 1. <i>Sling</i> | : 4 meter; 15 tons, 63,43° | (2 buah) |
| 2. <i>Shackles</i> | : 8,5 tons | (2 buah) |
| 3. <i>Lifting Eyes</i> | : 1-12, 63,43° | (2 buah) |
| 4. <i>Bracket</i> | : 6443/048 | (2 buah) |

Berikut *lifting equipment* yang terpasang pada *frame 30* bagian *bottom* yang digunakan untuk *turning* :

- | | | |
|------------------------|---------------------------|----------|
| 1. <i>Sling</i> | : 4 meter; 4 tons, 63,43° | (2 buah) |
| 2. <i>Shackles</i> | : 6,5 tons | (2 buah) |
| 3. <i>Lifting Eyes</i> | : 1-6, 90° arah memanjang | (2 buah) |
| 4. <i>Bracket</i> | : 6443/048 | (2 buah) |

Berikut *lifting equipment* yang terpasang pada *frame 30* bagian *deck* yang digunakan untuk *turning*:

- | | | |
|------------------------|---------------------------|----------|
| 1. <i>Sling</i> | : 4 meter; 4 tons, 63,43° | (2 buah) |
| 2. <i>Shackles</i> | : 6,5 tons | (2 buah) |
| 3. <i>Lifting Eyes</i> | : 1-6, 63,43° | (2 buah) |
| 4. <i>Bracket</i> | : 6443/048 | (2 buah) |

4.20.5. *Hanging*

Hanging merupakan bagian dari pekerjaan *turning* dimana *block* menggantung sepenuhnya untuk dilakukan pembalikan dimana untuk *turning* dilakukan pergantian penggunaan *lifting eyes* pada *frame* 30 yang telah direncanakan sebelumnya. Pada perencanaan *hanging* direncanakan menggunakan 2 *lifting eyes* yang terpasang pada *frame* 25 bagian *deck*. Berikut *lifting equipment* yang terpasang pada *frame* 25 bagian *deck* yang digunakan untuk *hanging*:

1. *Sling* : 4 meter; 15 tons, 63,43° (2 buah)
2. *Shackles* : 8,5 tons (2 buah)
3. *Lifting Eyes* : 1-12, 63,43° (2 buah)
4. *Bracket* : 6443/048 (2 buah)

4.20.6. *Lifting After turning*

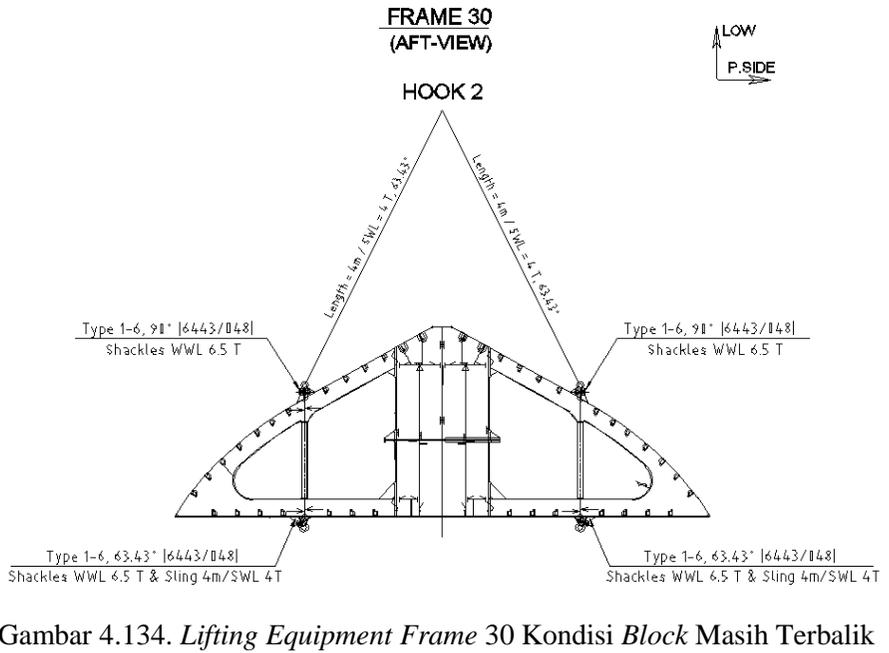
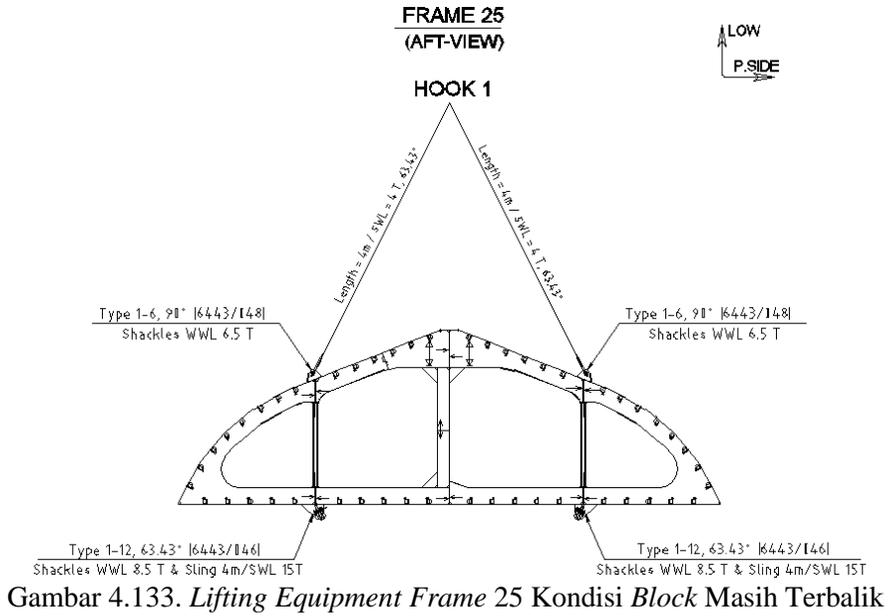
Pada perencanaan *lifting after turning*, diperlukan *lifting eyes* sejumlah 4 buah untuk melakukan pengangkatan secara normal setelah dilakukannya pembalikan, yang dimana direncanakan untuk dipasang 2 buah di *Frame* 25 dan 2 buah di *frame* 30 semuanya terpasang pada bagian *deck*. Berikut *lifting equipment* yang terpasang pada *frame* 25 bagian *deck* yang digunakan untuk *lifting after turning*:

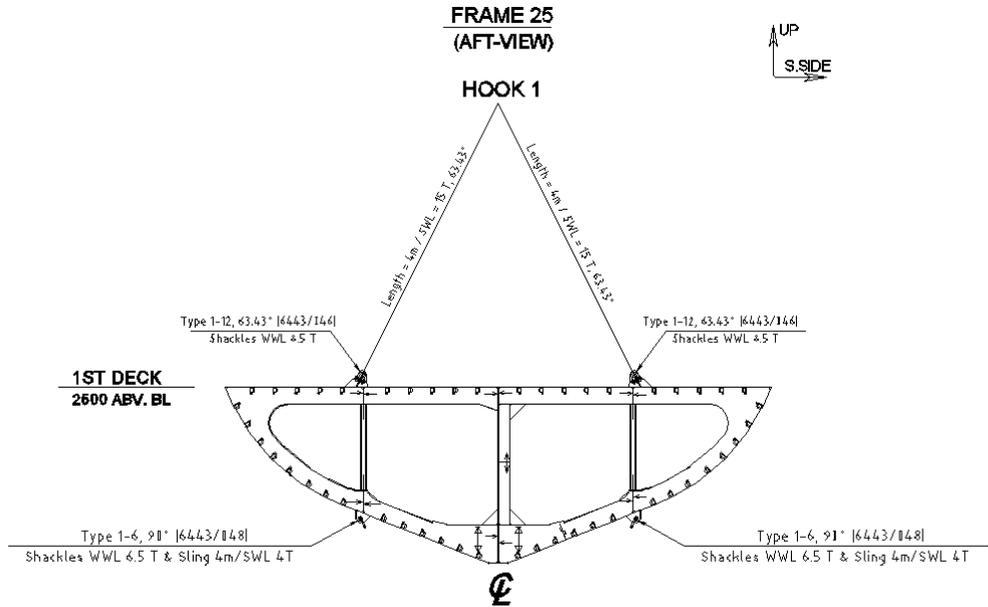
1. *Sling* : 4 meter; 15 tons, 63,43° (2 buah)
2. *Shackles* : 8,5 tons (2 buah)
3. *Lifting Eyes* : 1-12, 63,43° (2 buah)
4. *Bracket* : 6443/048 (2 buah)

Berikut *lifting equipment* pada saat *block* sebelum dibalik pada *frame* 30 bagian *deck* yang digunakan untuk *lifting after turning*:

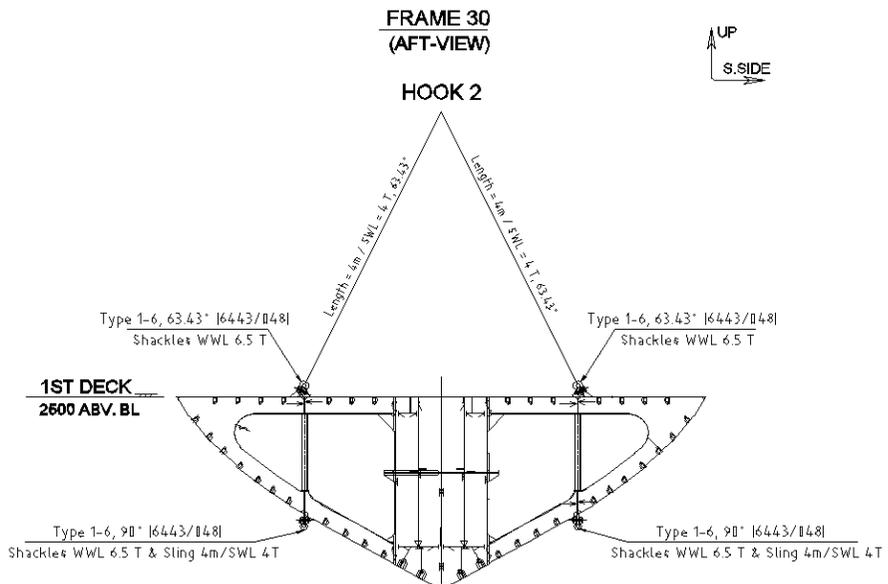
1. *Sling* : 4 meter; 4 tons, 63,43° (2 buah)
2. *Shackles* : 6,5 tons (2 buah)
3. *Lifting Eyes* : 1-6, 63,43° (2 buah)
4. *Bracket* : 6443/048 (2 buah)

Berikut gambar perencanaan *lifting equipment* pada setiap kondisi pada *block* SS1A yang terpasang pada *frame* 25 dan *frame* 30 yang berada pada bagian *bottom* maupun *deck* dimana pekerjaannya disesuaikan masing-masing kondisi. *Lifting eyes* tersebut terpasang di waktu yang sama untuk dilakukan pekerjaan *lifting*, *hanging*, maupun *turning*.

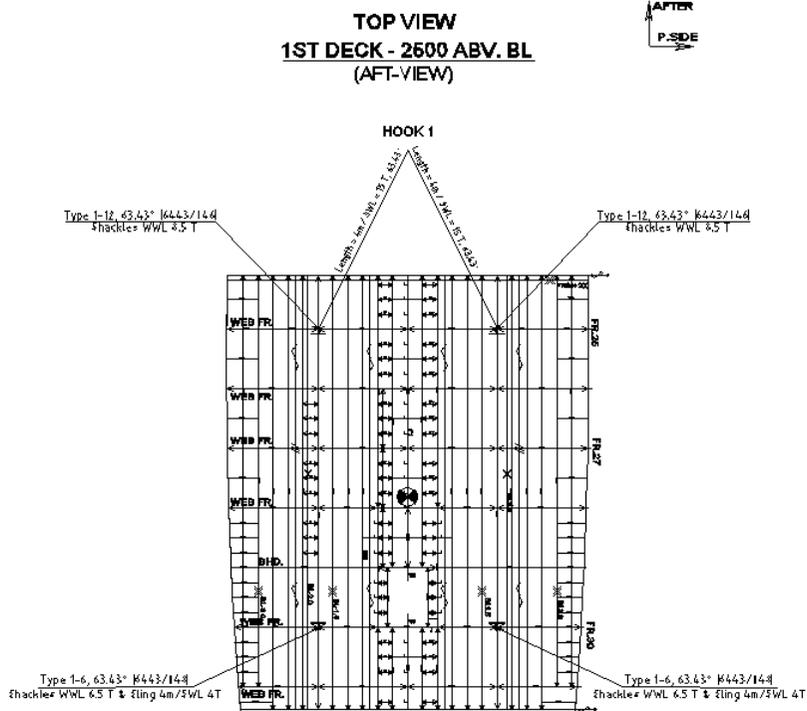




Gambar 4.135. *Lifting Equipment Frame 25 Kondisi Block Sudah Dibalik*



Gambar 4.136. *Lifting Equipment Frame 25 Kondisi Block Sudah Dibalik*



Gambar 4.137. *Lifting Equipment Hanging Kondisi Block Menggantung*

4.21. *Lifting Clearance*

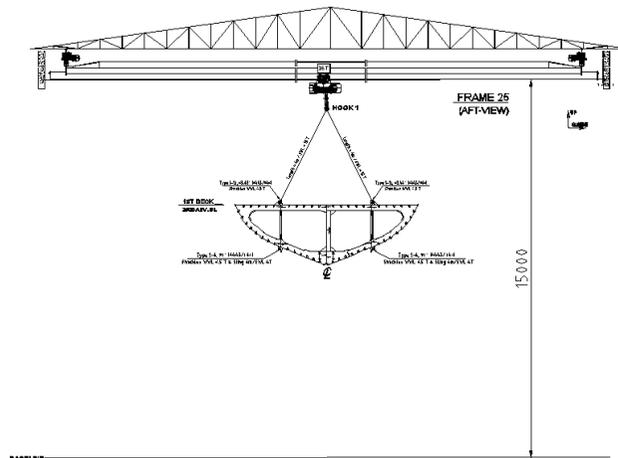
Perencanaan *lifting* maupun *turning* harus dikerjakan dengan cermat dan hati-hati. Perencanaan *lifting* maupun *turning* juga harus dimaksimalkan sesuai dengan kondisi yang ada dilapangan. Maka dari itu juga perlu diperhatikan *lifting clearance*, yaitu jarak angkat aman agar pekerjaan *block* yang diinginkan dapat dipindahkan dengan baik. *Lifting clearance* harus memperhatikan *Overhead Crane*, dimana ketinggian angkat aman yang diukur dari baseline hingga posisi *hook* berada secara vertikal. Maka dari itu, jarak *lifting clearance* dapat diketahui bila estimasi *lifting equipment* telah diketahui terlebih dahulu serta termasuk estimasi ketinggian *transporter* sebagai transportasi memindahkan *block* telah direncanakan terlebih dahulu, dimana terlebih dahulu mengetahui *Overhead Crane*.

1. *Lifting Clearance pada Saat Lifting*

Berikut perhitungan *lifting clearance* pada saat *lifting* :

1. Jarak Ketinggian *Overhead Crane* = 15000 mm
2. Tinggi *hook* = 1230 mm
3. Tinggi *block* = 2500 mm
4. Tinggi *lifting equipment* = 3795 mm
(*lifting eyes, sling, shackles*)
5. Tinggi *Transporter* = 1500 mm
6. *Lifting clearance* = 5975 mm

Sehingga dapat diketahui nilai *Lifting clearance* sebesar 5975 mm. Maka perencanaan diatas aman untuk dilakukan pekerjaan *lifting*.



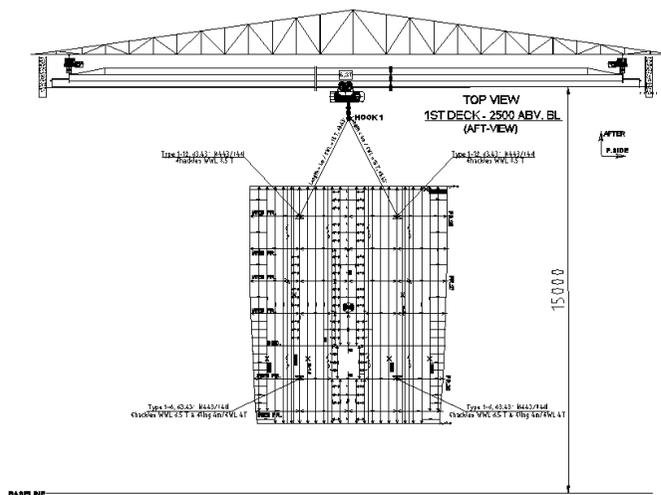
Gambar 4.138. *Lifting Clearance* pada Saat *Lifting*

2. *Lifting Clearance* pada Saat *Hanging*

Berikut perhitungan *lifting clearance* pada saat *hanging*:

1. Jarak Ketinggian *Overhead Crane* = 15000 mm
2. Tinggi *Hook* = 1230 mm
3. Tinggi *block* = 7650 mm
4. Tinggi *lifting equipment* = 3675 mm
5. (*lifting eyes, sling, shackles*)
6. *Lifting clearance* = 2535 mm

Sehingga dapat diketahui nilai *Lifting clearance* sebesar 2535 mm. Maka perancangan diatas aman untuk dilakukan pekerjaan *lifting*

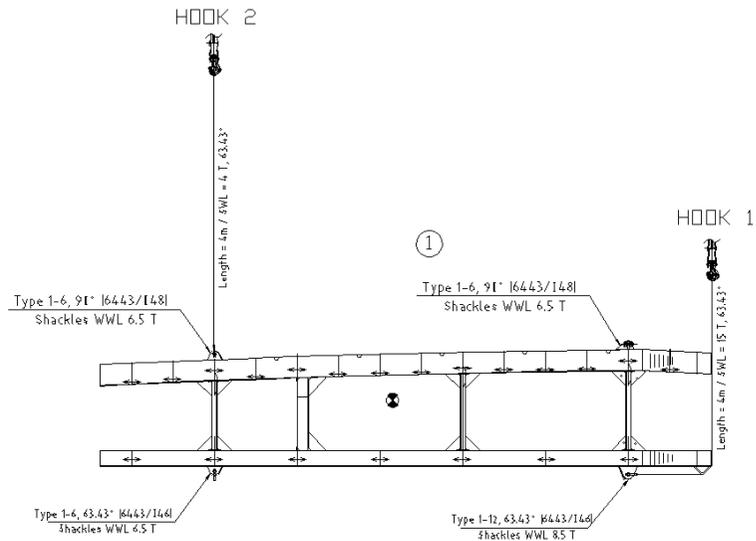


Gambar 4.139. *Lifting Clearance* pada Saat *Turning*

4.22. Prosedur Pembalikan dan Pengangkatan *block* SS1A

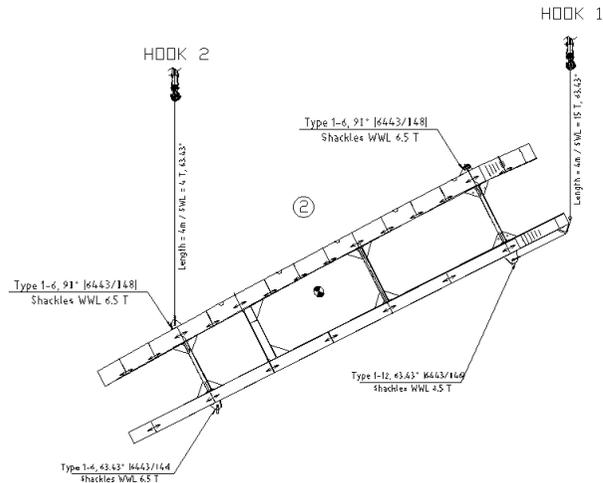
Dalam perancangan proses pembalikan untuk dilakukan pengangkatan, ada beberapa langkah yang harus diperhatikan agar pengangkatan *block* dapat berjalan dengan lancar, berikut langkah serta gambar tampak samping tiap langkah.

1. Pengangkatan terlebih dahulu *block* SS1A yang masih terbalik dengan menggunakan *lifting eyes* yang terpasang pada *frame* 25 bagian *deck* (*lifting eyes* for turning) dengan *type* 1-12 yang terhubung dengan *hook* 1, serta dibantu dengan *lifting eyes* yang terpasang pada *frame* 30 bagian *bottom* (*lifting eyes* for lifting before turning) yang terhubung dengan *hook* 2. *Lifting eyes* yang terpasang pada *frame* 25 bagian *deck* dan *frame* 30 bagian *bottom* sama-sama mendapat gaya sebesar 34187,01 N. sementara itu berdasarkan simulasi yang dilakukan pada *lifting eyes*, nilai *factor of safety* yang dimiliki *lifting eyes* pada *frame* 25 bagian *deck* sebesar 2,32 dan *lifting eyes* pada *frame* 30 bagian *bottom* sebesar 1,74 sehingga aman dilakukan pengangkatan karena memiliki nilai diatas 1.



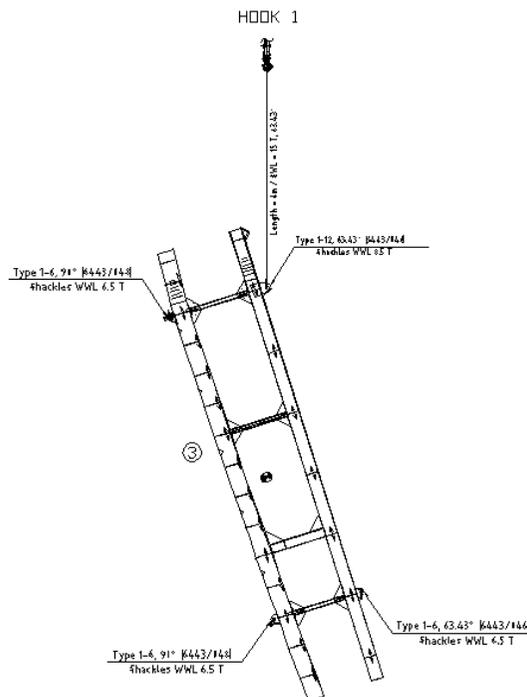
Gambar 4.140. Langkah 1 Pengangkatan *Block*

2. *Hook* 1 mulai dinaikan, sementara itu *hook* 2 mulai diturunkan dengan perlahan hingga *block* mulai terangkat secara vertikal. *Lifting eyes* yang terpasang pada *frame* 25 bagian *deck* dan *frame* 30 bagian *bottom* sama-sama mendapat gaya sebesar 34187,01 N. sementara itu berdasarkan simulasi yang dilakukan pada *lifting eyes*, nilai *factor of safety* yang dimiliki *lifting eyes* pada *frame* 25 bagian *deck* sebesar 2,32 dan *lifting eyes* pada *frame* 30 bagian *bottom* sebesar 1,742 sehingga pekerjaan tersebut aman untuk dilakukan pekerjaan pembalikan karena memiliki nilai diatas 1.



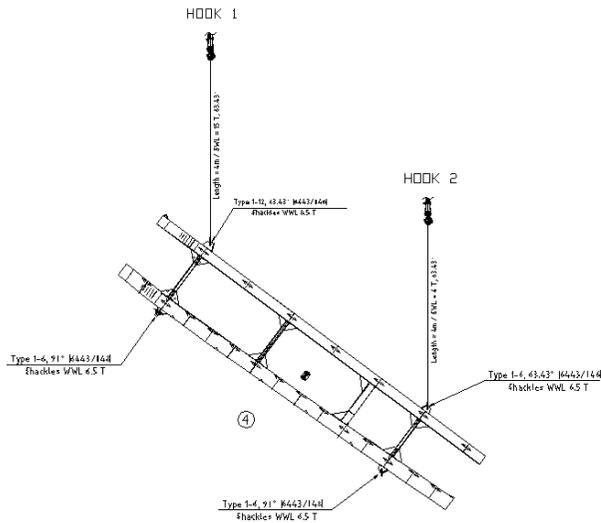
Gambar 4.141. Langkah 2 Pembalikan *Block*

3. *Hook 2* mulai melepaskan kaitannya dengan *shackles* sehingga *block* menggantung dengan menggunakan *hook 1*, kondisi ini disebut *hanging*. *Lifting eyes* yang terpasang pada *frame 25* bagian mendapat gaya sebesar 68374,02 N. sementara itu berdasarkan simulasi yang dilakukan pada *lifting eyes*, nilai *factor of safety* yang dimiliki *lifting eyes* pada *frame 25* bagian *deck* sebesar 1,16 sehingga pekerjaan tersebut aman untuk dilakukan pekerjaan pembalikan karena memiliki nilai diatas 1.



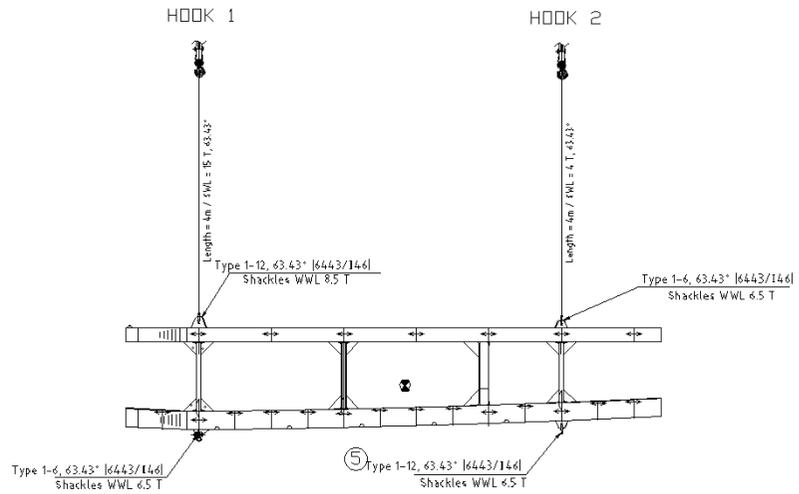
Gambar 4.142. Langkah 3 *Hanging*

4. *Hook 2* yang telah terlepas dari *lifting eyes* yang terpasang pada *frame 30* bagian *bottom*, kemudian dipasang kembali pada *lifting eyes* yang terpasang pada *frame 30* bagian *deck*. *Lifting eyes* yang terpasang pada *frame 25* bagian *deck* dan *frame 30* bagian *bottom* sama-sama mendapat gaya sebesar 34187,01 N. sementara itu berdasarkan simulasi yang dilakukan pada *lifting eyes*, nilai *factor of safety* yang dimiliki *lifting eyes* pada *frame 25* bagian *deck* sebesar 2,32 dan *lifting eyes* pada *frame 30* bagian *bottom* sebesar 1,758 sehingga pekerjaan tersebut aman untuk dilakukan pekerjaan pembalikan karena memiliki nilai diatas 1.



Gambar 4.143. Langkah 4 Pembalikan *Block*

5. Setelah itu *hook 2* mulai diangkat hingga selevel dengan *hook 1*. Kondisi ini dimana *block lifting* dan dipindahkan ketempat yang dituju untuk dilakukan tahap selanjutnya, yaitu tahap *erection*. *Lifting eyes* yang terpasang pada *frame 25* bagian *deck* dan *frame 30* bagian *deck* sama-sama mendapat gaya sebesar 34187,01 N. sementara itu berdasarkan simulasi yang dilakukan pada *lifting eyes*, nilai *factor of safety* yang dimiliki *lifting eyes* pada *frame 25* bagian *deck* sebesar 8,832 dan *lifting eyes* pada *frame 30* bagian *deck* sebesar 5,390 sehingga aman dilakukan pengangkatan karena memiliki nilai diatas 1.



Gambar 4.144. Langkah 5 *Block* Sudah Terbalik dan Diangkat Normal

“Halaman sengaja dikosongkan”

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan pada perancangan sistem dan peralatan untuk pengangkatan dan pembalikan *block* SS1A didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Titik berat *block* akan mempengaruhi perencanaan *lift point*, Diketahui titik berat *block* yaitu $X = 4447,62$ (Fr. 28-226,52), $Y = 0$, $Z = 824,13$ mm (*above BL*) sehingga *lift point block* SS1A direncanakan pada *Side girder 1800 from CL PS*, *Side girder 1800 from CL SB*, *Frame 30*, *Frame 25*.
2. Berat *block* serta jumlah *lift point* pada kondisi perencanaan mempengaruhi konfigurasi serta kapasitas *lifting equipment*. Pada perencanaan pemasangan *lifting equipment* pada bagian *bottom*, terpasang 4 buah *sling* panjang 4 meter dengan SWL 4 ton, 4 buah *shackles* dengan nilai WWL 6,5 Ton, serta 4 buah *lifting eyes* dengan *type* 1-6 dan *bracket* dengan *type* 6334/048 masing-masing terpasang 2 buah pada *frame 25* dan pada *frame 30* tepat pada *lift point*. Lalu pada bagian *deck*, *frame 25* direncanakan menggunakan 2 buah *sling* panjang 4 meter dengan SWL 15 ton, 2 buah *shackles* dengan nilai WWL 8,5 Ton, serta 4 buah *lifting eyes* dengan *type* 1-12 dan *bracket* dengan *type* 6334/046. Sedangkan pada *frame 30* bagian *deck* direncanakan menggunakan 2 buah *sling* panjang 4 meter dengan SWL 4 ton, 2 buah *shackles* dengan nilai WWL 6,5 Ton, serta 4 buah *lifting eyes* dengan *type* 1-6 dan *bracket* dengan *type* 6334/048
3. Semakin berjauhan jarak antara *lift point*, semakin mengecil sudut *sling*, serta semakin pendek *sling*. Berdasarkan *lift point*, direncanakan menggunakan sudut *sling* sebesar $63,43^\circ$.
4. Pemasangan *lifting eyes* apabila semakin mendekati arah serta sudut pembebanan, maka menjadi lebih aman. Untuk perencanaan *lifting eyes* pada *frame 25* bagian *bottom*, *lifting eyes* dengan *type* 1-6 yang dipasang searah melintang badan kapal dan *bracket type* 6334/48 dengan nilai *factor of safety* sebesar 5,11. Untuk perencanaan *lifting eyes* pada *frame 30* bagian *bottom*, *lifting eyes* dengan *type* 1-6 yang dipasang searah memanjang badan kapal dengan nilai *factor of safety* sebesar 1,74 (*lifting before turning*) dan 1,742 (*turning*). Untuk perencanaan *lifting eyes* pada *frame 25* bagian *deck*, *lifting eyes type* 1-12 dipasang dengan sudut $63,43^\circ$ dengan *bracket type* 6443/048 dengan nilai *factor of safety* 2,32 (*turning*), 1,16 (*hanging*), serta 8,832 (*lifting after turning*). Untuk perencanaan *lifting eyes* pada *frame 30* bagian *deck*, *lifting eyes type* 1-12 dipasang dengan sudut $63,43^\circ$ dengan *bracket type* 6443/048 dengan nilai *factor of safety* 1,758 (*turning*), dan 5,390 (*lifting after turning*)
5. Untuk pengangkatan maupun pembalikan *block* bergantung pada fasilitas yang dimiliki galangan, sementara itu, untuk pekerjaan pembalikan *block*, minimal memiliki fasilitas 2 *crane* lebih.

5.2. Saran

Adapun saran yang dapat diberikan untuk penelitian lebih lanjut adalah sebagai berikut:

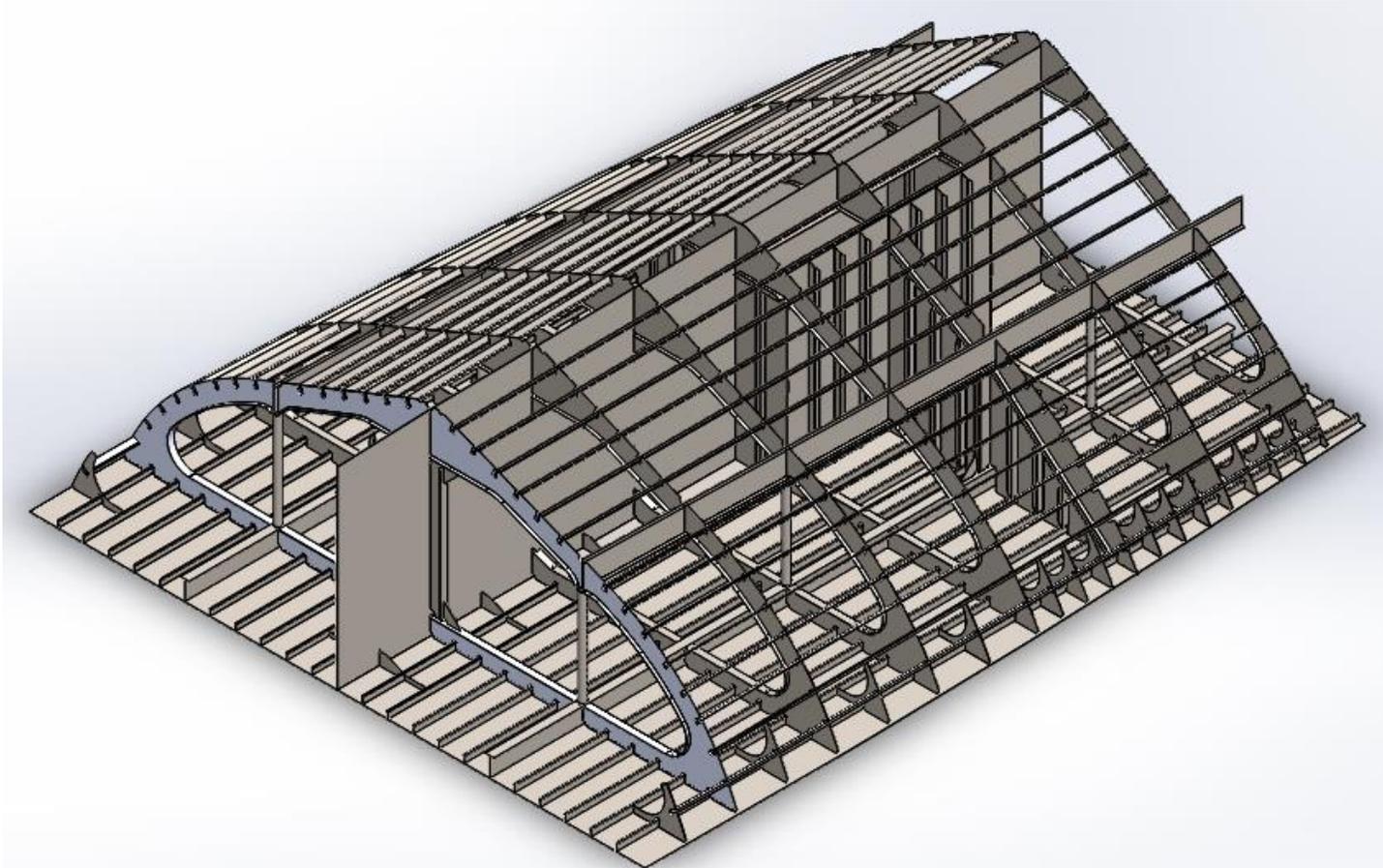
1. Analisa dapat dilakukan dengan variasi design geometri dari *lifting eyes* maupun *bracket* agar mendapatkan hasil yang lebih maksimum dalam perencanaan pengangkatan ataupun pembalikan *block*
2. Analisa dapat dilakukan pada *block* atau bangunan lain yang lebih kompleks dengan menggunakan variasi atau konfigurasi *lifting gear* yang lebih luas berdasarkan kondisi dilapangan
3. Dapat dilakukan analisa lebih lanjut dalam hal pembangunan kapal khususnya *assembly* kapal dengan digunakannya metode pembalikan pembangunan kapal

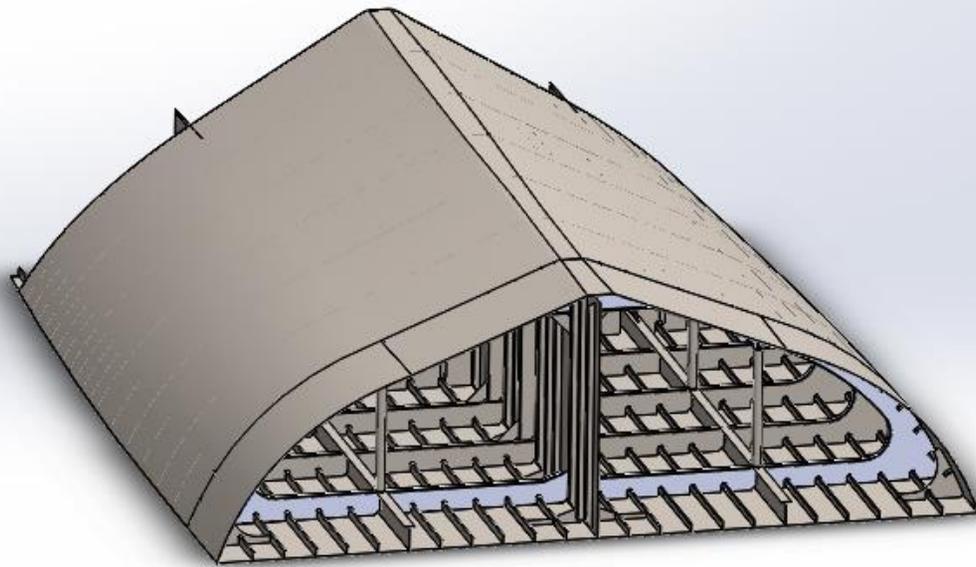
DAFTAR PUSTAKA

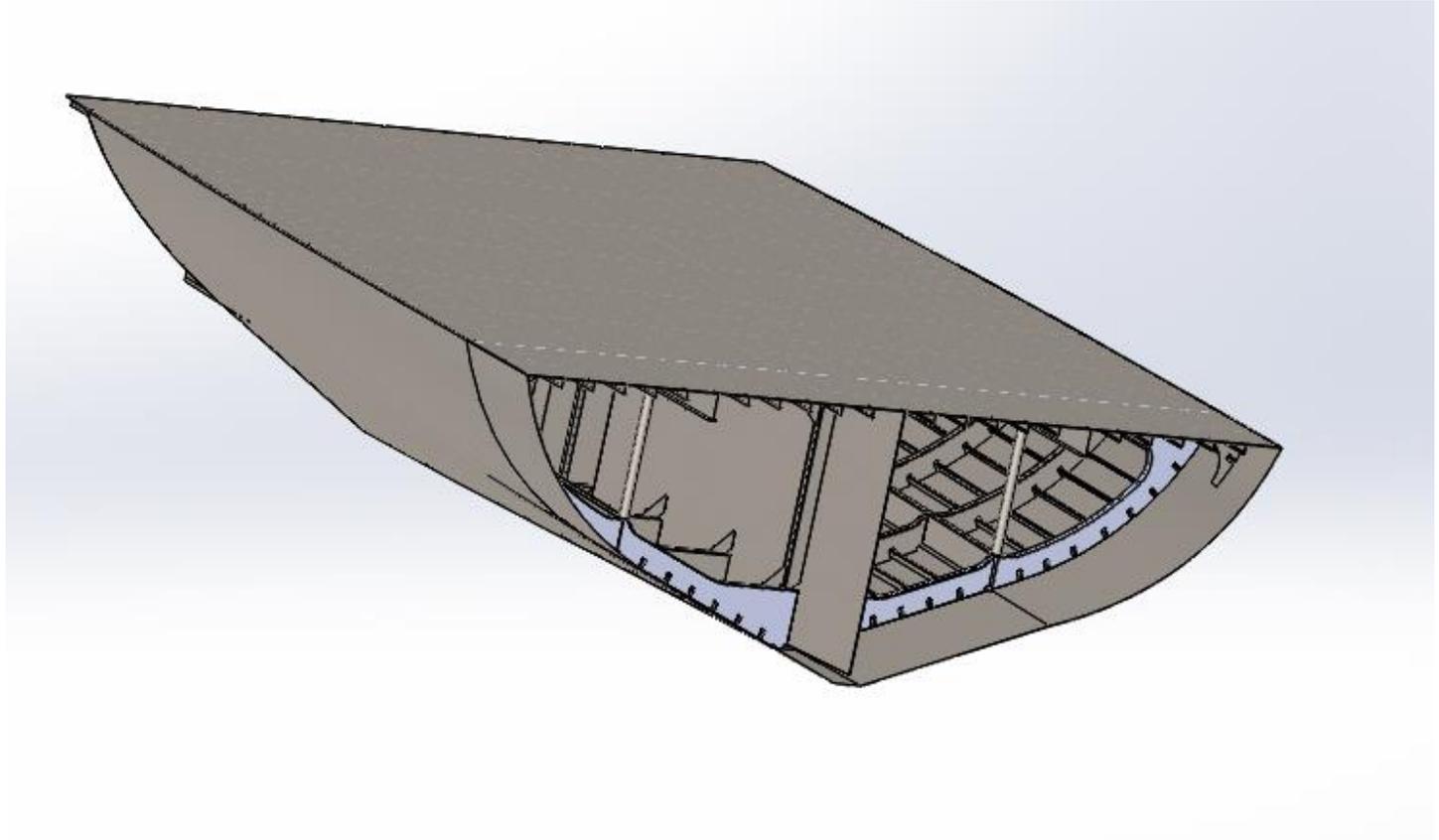
- Adyanti, E. P. (2014). Analisa Kekuatan Eye Plate terhadap Pengaruh Distribusi Beban Pengangkatan Grand Block dengan Metode Simulasi. *POMITS*.
- Ardianto, J., Wiratno, S., & Mufti, F. (2017). Studi Perbandingan Desain Geometri Padeye. *Jurnal Integrasi*.
- ASME. (2004). In *Rigging Hardware* (p. 26).
- Bueche, F. (2006). *Fisika*. Jakarta: Erlangga.
- Chirillo, L. (1983). The history of modern shipbuilding methods.
- Dinariyana, A. A. (2011). *Titik Pusat dan Titik Berat*. Surabaya: Institute Teknologi Sepuluh Nopember.
- Hariadi, & Sasmito, S. (2010). *Analisa Teknik Pengurangan Resiko Perubahan Bentuk pada Proses Pengangkatan Bok*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Liu, Z.-c., Zhou, B., & Tan, S.-K. (2013). Finite Element Analysis and Structure Optimum Design of Lifting Padeye. *Advanced Materials Research* .
- Mustadjab, M. (2008). *Titik Berat*. SMA AL MASOEM.
- Poly Technisch Zakboek* . (2004). ajax: Reed Bussines Information.
- Rizal, H., & Soedjono, J. (2013). Studi Analisis Lifting dan Design Padeye pada pengangkatan Deck. *POMITS*.
- Robertson. (2014). Shackles. *Lifting and Rigging*.
- Saleh, H., & kakay, s. (2018). Ultimate Capacity of Pad Eyes Used for Lifting. *witpress*.
- Sejati, B. (2014). Perancangan Bentuk Dan Ukuran Padeye (Eyeplate) Untuk Pengangkatan Block Pada Proses Erection Kapal (Studi Kasus Pada Block No.2 Kapal Patroli 60 Meter Di Pt. Terafulk Megantara Design).
- Stroch, R. (1995). *Ship Production, second edition*. United State of America: Cornell Maritime PRESS.

“Halaman sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN A
(BLOCK SS1A)







LAMPIRAN B (MASS PROPERTIES *BLOCK SS1A*)

Mass properties of SW Rangkai

Configuration: Default

Coordinate system: -- default --

* Includes the mass properties of one or more hidden components/bodies.

Mass = 12467.47 kilograms

Volume = 1588212457.03 cubic millimeters

Surface area = 536756896.41 square millimeters

Center of mass: (millimeters)

X = 1608.83

Y = 5090.18

Z = -4467.62

Principal axes of inertia and principal moments of inertia: (kilograms * square millimeters)

Taken at the center of mass.

Ix = (0.01, 0.00, 1.00) Px = 54862733549.48

Iy = (1.00, 0.00, -0.01) Py = 77806039881.79

Iz = (0.00, 1.00, 0.00) Pz = 116568054497.30

Moments of inertia: (kilograms * square millimeters)

Taken at the center of mass and aligned with the output coordinate system.

Lxx = 77804748368.32 Lxy = 68734902.68 Lxz = 180058727.75

Lyx = 68734902.68 Lyy = 116567931744.96 Lyz = 7654266.82

Lzx = 180058727.75 Lzy = 7654266.82 Lzz = 54864147815.29

Moments of inertia: (kilograms * square millimeters)

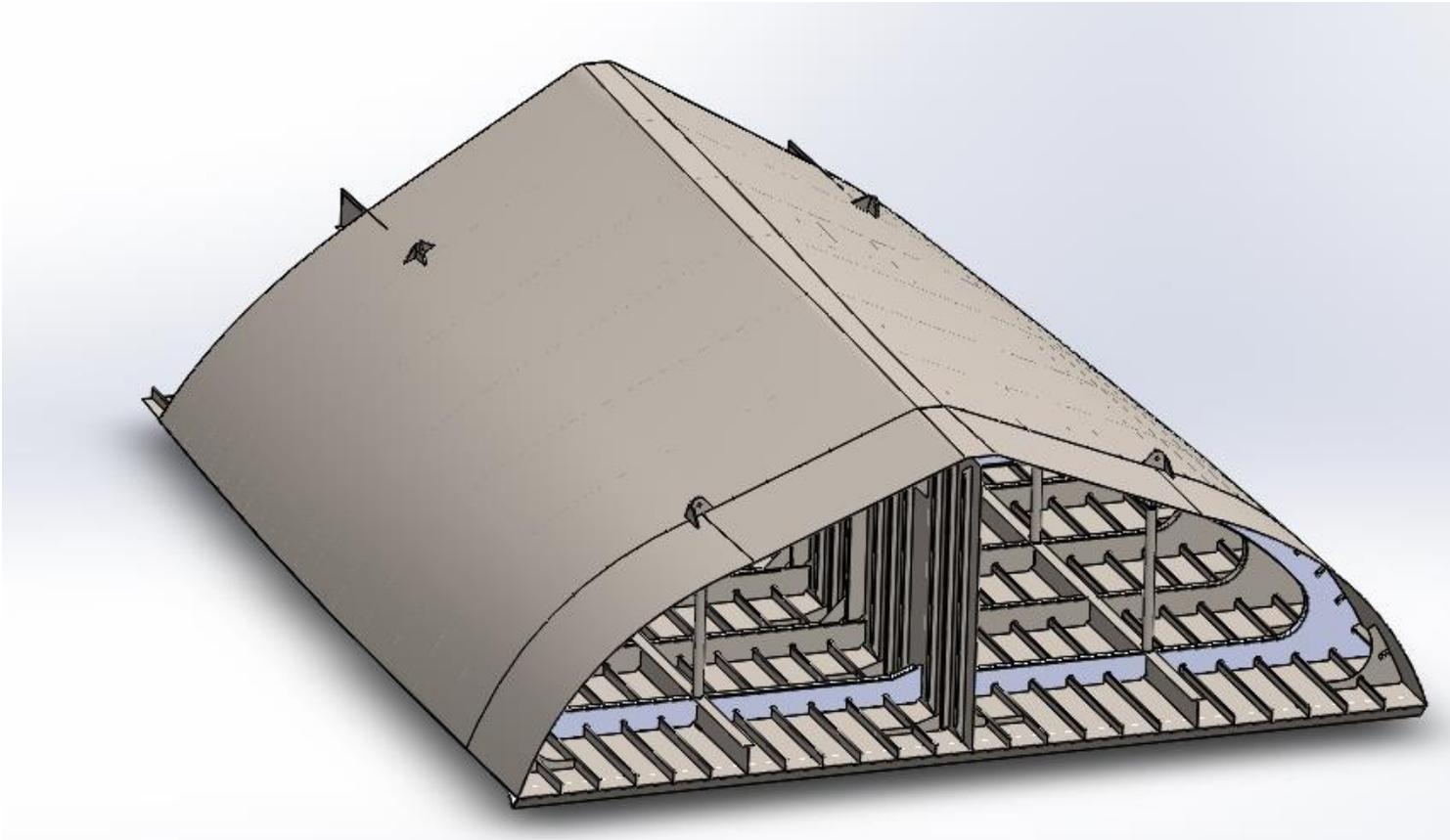
Taken at the output coordinate system.

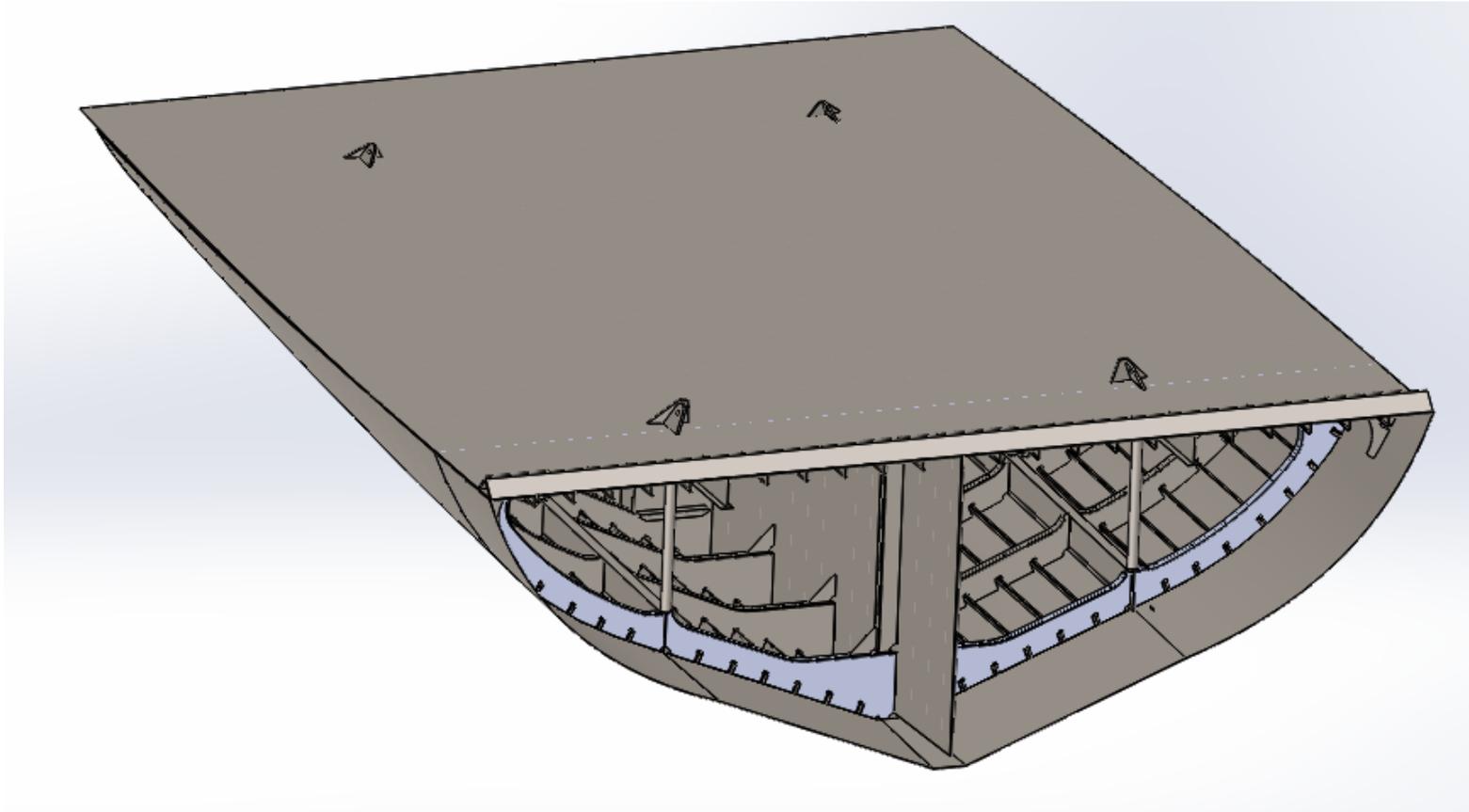
Ixx = 649681312648.29 Ixy = 102167700752.94 Ixz = -89431621027.17

Iyx = 102167700752.94 Iyy = 397683762193.02 Iyz = -283514570324.54

Izx = -89431621027.17 Izy = -283514570324.54 Izz = 410164865024.29

LAMPIRAN C
(PEMASANGAN *LIFTING EQUIPMENT* PADA *BLOCK SS1A*)





BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Batam pada tanggal 24 Desember 1996, dan merupakan anak kedua dari dua bersaudara. Selama hidupnya penulis telah menempuh pendidikan formal mulai dari TK Santa Maria Sidoarjo, SDK Untung Suropati 2 Sidoarjo, SMPN 4 Sidoarjo, SMAK Untung Suropati Sidoarjo, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya dengan program studi D3 Desain Construction. Pada tahun 2014 penulis diterima sebagai mahasiswa *Departmen Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS* melalui jalur ujian tulis Lintas Jalur pada tahun 2017. Selama berkuliah, penulis aktif dalam kegiatan keorganisasian di dalam kampus. Dalam bidang organisasi, penulis berkesempatan menjadi PLT Kepala Departmenent Dalam Negeri HIMADEC, perumus serta SC dalam event SKEMA-DC, OC Fasilitator LKMM Pra-TD, LKMM-TD, dan LKMM-PP pada saat menempuh studi di PPNS. Selain itu penulis juga aktif sebagai anggota Laboratorium *Marine Machinery System (MMS)* pada saat menempuh studi di Teknik Sistem Perkapalan. Selain itu juga mengikuti keorganisasian sosial yaitu Tangan Hampa. Dan dalam keorganisasian keagamaan menjadi Ketua OMK Wil. St. Timotius. Pengalaman On the Job Training pada saat kuliah di PPNS yang pernah ditempuh penulis antara lain di PT. PAL Indonesia.

