



**TUGAS AKHIR - MN 141581**

**ANALISIS KEKUATAN *LASHING* KONTAINER SEBAGAI  
PENUNJANG KESELAMATAN KAPAL PETI KEMAS  
DENGAN METODE ELEMEN HINGGA**

**Muhammad Rifqi Aufar  
NRP 0411144000034**

**Dosen Pembimbing  
Totok Yulianto, S.T., M.T.  
Septia Hardy Sujatanti, S.T., M.T.**

**DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2018**



**TUGAS AKHIR - MN 141581**

**ANALISIS KEKUATAN *LASHING* KONTAINER SEBAGAI  
PENUNJANG KESELAMATAN KAPAL PETI KEMAS  
DENGAN METODE ELEMEN HINGGA**

**Muhammad Rifqi AUFAR  
NRP 0411144000034**

**Dosen Pembimbing  
Totok Yulianto, S.T., M.T.  
Septia Hardy Sujatanti, S.T., M.T.**

**DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2018**



**FINAL PROJECT - MN 141581**

**ANALYSIS STRENGTH OF *LASHING* CONTAINER AS  
SUPPORTING SAFETY ON CONTAINER SHIPS WITH  
ELEMENT METHOD**

**Muhammad Rifqi AUFAR  
NRP 0411144000034**

**Supervisor  
Totok Yulianto, S.T., M.T.  
Septia Hardy Sujatanti, S.T., M.T.**

**DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE  
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY  
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
SURABAYA  
2018**

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**ANALISIS KEKUATAN *LASHING* KONTAINER SEBAGAI**  
**PENUNJANG KESELAMATAN KAPAL PETI KEMAS**  
**DENGAN METODE ELEMEN HINGGA**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Bidang Keahlian Rekayasa Perkapalan – Konstruksi  
Program Sarjana Departemen Teknik Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**MUHAMMAD RIFQI AUFAR**  
NRP 0411144000034

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Dosen Pembimbing II



Septia Hardy Sujatanti, S.T., M.T.  
NIP 19840921 201212 2 001

Dosen Pembimbing I



Totok Yulianto, S.T., M.T.  
NIP 19700731 199512 1 001

Mengetahui,  
Kepala Departemen Teknik Perkapalan



Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.  
NIP 19640210 198903 1 001

**SURABAYA, 19 Juli 2018**

## LEMBAR REVISI

# ANALISIS KEKUATAN *LASHING* KONTAINER SEBAGAI PENUNJANG KESELAMATAN KAPAL PETI KEMAS DENGAN METODE ELEMEN HINGGA

### TUGAS AKHIR

Telah direvisi sesuai dengan hasil Ujian Tugas Akhir  
Tanggal 05 Juli 2018


Bidang Keahlian Rekayasa Perkapalan – Konstruksi Program Sarjana Departemen  
Teknik Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh  
Nopember

Oleh:

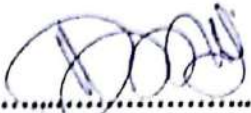
**MUHAMMAD RIFQI AUFAR**  
NRP 0411144000034

Disetujui oleh Tim Penguji Ujian Tugas Akhir:

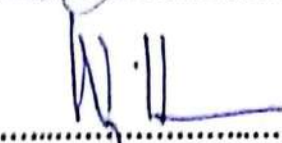
1. Dr. Ir. I Ketut Suastika

  
.....

2. Dony Setyawan, S.T., M.Eng.

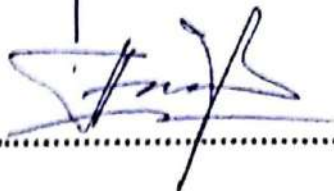
  
.....

3. Wing Hendroprasetyo A.P., S.T., M.Eng.


  
.....

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

1. Totok Yulianto, S.T., M.T.

  
.....

2. Septia Hardy Sujlatanti, S.T., M.T.

  
.....

**SURABAYA, 19 Juli 2018**

Dipersembahkan kepada kedua orang tua atas segala dukungan dan doanya

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas karunianya Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.

Pada kesempatan ini Penulis juga ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang membantu penyelesaian Tugas Akhir ini, yaitu:

1. Ayah, Ibu, Kakak, Intan dan Fathin yang selalu memberikan dukungan dan doa sehingga menjadikan saya selalu semangat dan semakin giat untuk dapat menyelesaikan tugas akhir ini;
2. Bapak Totok Yulianto, S.T., M.T. dan Ibu Septia Hardy Sujiatanti, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing atas bimbingan dan motivasinya selama pengerjaan dan penyusunan Tugas Akhir ini;
3. Bapak Totok Yulianto, S.T., M.T. selaku Kepala Laboratorium Konstruksi Kapal Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS atas bantuannya selama pengerjaan Tugas Akhir ini dan atas ijin pemakaian fasilitas laboratorium;
4. Bapak Hasanudin, S.T., M.T. selaku Kepala Laboratorium Desain Kapal Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS atas bantuannya selama pengerjaan penelitian ini dan atas ijin pemakaian fasilitas laboratorium;
5. Ibu Septia Hardy Sujiatanti, S.T., M.T. selaku juga Dosen Wali yang telah memberikan dukungan secara moril;
6. Maulidella seorang yang selalu menyemangati, memberikan dukungan dan motivasi yang tidak pernah berhenti kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini;
7. Chandra, Dhika, Uun, Reza, Nuku, Fajar, Hilda, Robert, dan Al sebagai teman seperjuangan dalam mengerjakan tugas akhir ini yang memberikan bantuan dan wejangan;
8. Awang, Refdi, Aryo, Byan, Dul, Adit, dan Bayu yang merupakan teman sekontrakan (Binbut), serta teman – teman P54 DEADRIFE atas waktu kurang lebih 4 tahun mengajarkan, membantu, menyemangati, dan memberi motivasi dalam menyelesaikan tugas akhir ini;
9. Aceh Surabaya 2014, selaku teman-teman satu daerah yang telah menemani selama kurang lebih 4 tahun perkuliahan;
10. Muariff Agustian sebagai teman kamar yang memberikan solusi saat terdapat masalah dalam pengerjaan tugas akhir ini;

11. Seluruh pihak yang terlibat di Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya yang tidak bisa penulis sebut satu per satu atas bantuan dalam menyelesaikan masa perkuliahan selama 4 kurang lebih 4 tahun;

12. Semua pihak yang telah membantu penulis, yang tidak bisa saya untuk disebutkan satu persatu;

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, sehingga kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan. Akhir kata semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak.

**Surabaya, 05 Juli 2018**

Muhammad Rifqi AUFAR



# ANALISIS KEKUATAN *LASHING* KONTAINER SEBAGAI PENUNJANG KESELAMATAN PETI KEMAS DENGAN METODE ELEMEN HINGGA

Nama Mahasiswa : Muhammad Rifqi AUFAR  
NRP : 0411144000034  
Departemen / Fakultas : Teknik Perkapalan / Teknologi Kelautan  
Dosen Pembimbing : 1. Totok Yulianto, S.T., M.T.  
2. Septia Hardy Sujiatanti, S.T., M.T.

## ABSTRAK

*Lashing* merupakan alat keselamatan pada kapal yang berfungsi untuk mengikat kontainer. Sistem pada *lashing* terbagi kepada dua bagian, yaitu *turnbuckle* dan *lashing bars*. Pada saat dipelabuhan penguatan dilakukan oleh *turnbuckle*. Pengikatan sistem ini tentunya harus kencang agar kontainer dalam keadaan tidak bergerak saat pelayaran. Tingkat penguatan pada saat dipelabuhan ada batasnya, hal ini dikarenakan saat pelayaran tegangan sistem pada *lashing* akan bertambah yang diakibatkan pengaruh dari berat kontainer. Sistem pada *lashing* terbagi kepada dua bagian, yaitu *turnbuckle* dan *lashing bars*. Tujuan dari penelitian mencari nilai tegangan *lashing* pada saat kapal kondisi even keel dan kondisi kapal miring dengan sudut 10, 20, 30 dan 40 menggunakan metode elemen hingga. Selain sudut miring, perhitungan di variasikan terhadap putaran *turnbuckle* kecil, *turnbuckle* sedang dan *turnbuckle* besar. Hasil perhitungan tegangan pada sistem *lashing*, didapatkan gaya minimum *lashing bars* yaitu sebesar 230000 N dengan putaran variasi *turnbuckle* mencapai gaya tarik minimum yaitu *turnbuckle* kecil pada putaran 398.45°, *turnbuckle* sedang 318.76° dan pada *turnbuckle* besar 227.69°. Pada *turnbuckle* kecil saat sudut miring kapal hingga 40° batas putaran yang ditambahkan dari gaya tarik minimum yaitu sebesar 120° dengan nilai tegangan 766.86 MPa. Untuk *turnbuckle* sedang sebesar 60° dengan nilai tegangan 713.48 MPa. *Turnbuckle* besar putaran sudut yang dapat memenuhi sebesar 60° dengan nilai tegangan 749.22 MPa. Dari ketiga ukuran *turnbuckle*, didapatkan *turnbuckle* sedang yang paling sesuai digunakan untuk 1 tier kontainer 20 feet.

Kata kunci: *Lashing*, *Turnbuckle*, *Lashing bars*.

# ANALYSIS STRENGTH OF LASHING CONTAINER AS SUPPORTING SAFETY ON CONTAINER SHIPS WITH ELEMENT METHOD

Author : Muhammad Rifqi Aufar  
Student Number : 04111440000034  
Department/Faculty : Naval Architecture / Marine Technology  
Supervisor : 1. Totok Yulianto, S.T., M.T.  
2. Septia Hardy Sujiatanti, S.T., M.T.

## ABSTRACT

Lashing is a safety tool on the ship that serves to bind containers. The lashing system is divided into two parts: turnbuckle and lashing bars. At the moment dippabuhan strengthening is done by turnbuckle. The binding of this system must be tight enough to keep the container in motion during the voyage. The level of reinforcement at the time of dipelabuhan no limit, this is because when the system voltage velocity on lashing will increase due to the influence of the weight of the container. The lashing system is divided into two parts: turnbuckle and lashing bars. The purpose of this research is to find the lashing voltage value at the time of the ship event keel event and the condition of the tilting ship with angle 10, 20, 30 and 40 using finite element method. In addition to oblique angles, the calculations are varied against small turnbuckle rounds, medium turnbuckle and large turnbuckle. The result of the voltage calculation on the lashing system, obtained the minimum casting bars force of 230000 N with turnbuckle turnout variation reaching minimum tensile strength ie small turnbuckle at 398.45 ° round, 318.76 ° turnbuckle and 227.69 ° big turnbuckle. On a small turnbuckle when the sloping angle of the ship up to 40 ° round limit is added from the minimum tensile force of 120 ° with a value of 766.86 MPa. For a moderate turnbuckle of 60 ° with a value of 713.48 MPa. Large turnbuckle round angles that can meet at 60 ° with a voltage value of 749.22 MPa. Of the three turnbuckle sizes, the most suitable turnbuckle is used for 1 tier containers of 20 feet.

Keywords: *Lashing, Turnbuckle, Lashing bars.*

# DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
LEMBAR REVISI.....	iv
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK .....	viii
ABSTRACT .....	ix
DAFTAR ISI .....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL .....	xiv
DAFTAR SIMBOL .....	xv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
I.1 Latar Belakang Masalah.....	1
I.2 Perumusan Masalah .....	2
I.3 Tujuan .....	2
I.4 Batasan Masalah.....	3
I.5 Manfaat.....	3
I.6 Hipotesis.....	3
BAB II STUDI LITERATUR .....	5
II.1 Dasar Teori.....	5
II.1.1 <i>Lashing</i> .....	5
II.1.2 Elemen Hingga.....	6
II.1.3 Tegangan .....	7
II.1.4 Regangan.....	8
II.1.5 Hukum Hooke .....	8
II.1.6 Tegangan Ijin .....	9
II.1.7 Gaya .....	11
II.1.8 Tegangan Von Misses .....	11
II.1.9 <i>Container</i> .....	12
II.2 Tinjauan Pustaka.....	13
II.2.1 <i>Turnbuckle</i> .....	13
II.2.2 Konvergensi .....	14
II.2.3 Meshing.....	14
BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....	15

III.1 Pendahuluan .....	15
III.2 Studi Literatur.....	16
III.3 Pengumpulan Data.....	16
III.4 Proses Pengerjaan Pemodelan .....	21
III.4.1 Pembuatan Model .....	21
III.4.2 Assembly Model .....	22
III.4.3 Meshing .....	23
III.4.4 Konvergensi .....	23
III.4.4 Variasi .....	24
III.4.4 Load .....	25
III.5. Analisis Tegangan .....	27
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	29
IV.1 Pendahuluan .....	29
IV.2 Tegangan <i>lashing</i> kondisi kapal <i>even keel</i> (0°).....	29
IV.2.1 <i>Turnbuckle</i> Kecil .....	29
IV.2.1 <i>Turnbuckle</i> Sedang .....	31
IV.2.1 <i>Turnbuckle</i> Besar.....	32
IV.3 Tegangan <i>Lashing</i> Kondisi Kapal Miring 10° .....	34
IV.3.1 <i>Turnbuckle</i> Kecil .....	34
IV.3.2 <i>Turnbuckle</i> Sedang .....	35
IV.3.3 <i>Turnbuckle</i> Besar .....	37
IV.4 Tegangan <i>Lashing</i> Kondisi Kapal Miring 20° .....	38
IV.4.1 <i>Turnbuckle</i> Kecil .....	39
IV.4.2 <i>Turnbuckle</i> Sedang .....	40
IV.4.3 <i>Turnbuckle</i> Besar .....	41
IV.5. Tegangan <i>Lashing</i> Kondisi Kapal Miring 30° .....	43
IV.5.1 <i>Turnbuckle</i> Kecil .....	44
IV.5.2 <i>Turnbuckle</i> Sedang .....	45
IV.5.3 <i>Turnbuckle</i> Besar .....	46
IV.6 Tegangan <i>Lashing</i> Kondisi Kapal Miring 40° .....	48
IV.6.1 <i>Turnbuckle</i> Kecil .....	48
IV.6.2 <i>Turnbuckle</i> Sedang .....	50
IV.6.3 <i>Turnbuckle</i> Besar .....	51
IV.7 Pemilihan <i>Turnbuckle</i> .....	53

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....	55
V.1. Kesimpulan.....	55
V.2. Saran .....	55
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar I. 1 Pengikatan <i>Lashing</i> Kontainer .....	2
Gambar II. 1 Asumsi Pengikatan <i>Lashing</i> .....	5
Gambar II. 2 Tegangan .....	7
Gambar II. 3 Regangan .....	8
Gambar II. 4 Tampilan Web Properites Material .....	10
Gambar II. 5 Properties Material <i>Lashing</i> .....	10
Gambar II. 6 Konsep Gaya Tarik <i>Turnbuckle</i> .....	14
Gambar II. 7 Konvergensi Model .....	24
Gambar III. 1 Diagram Alir .....	16
Gambar III. 2 General Purpose <i>Container</i> .....	17
Gambar III. 3 Detail Ukuran <i>Container</i> .....	17
Gambar III. 4 Katalog <i>Turnbuckle</i> (a). Detail bagian <i>turnbuckle</i> (b). Ukuran <i>turnbuckle</i> .....	19
Gambar III. 5 <i>Lashing bars</i> (a) Model <i>real</i> (b) Detail Ukuran .....	20
Gambar III. 6 Model <i>Turnbuckle</i> (a) Body (b) jaw) (c) Baut (d) Mur .....	21
Gambar III. 7 <i>Lashing bars</i> .....	22
Gambar III. 8 <i>Lashing</i> .....	22
Gambar III. 9 Meshing .....	23
Gambar IV. 1 <i>Turnbuckle</i> Kecil Putaran 240° .....	30
Gambar IV. 2 <i>Turnbuckle</i> Sedang Putaran 180° .....	31
Gambar IV. 3 <i>Turnbuckle</i> Besar Putaran 120° .....	32
Gambar IV. 4 Hasil Tegangan <i>Lashing</i> Kondisi Kapal Even Keel .....	33
Gambar IV. 5 <i>Turnbuckle</i> Kecil Putaran 180° .....	34
Gambar IV. 6 <i>Turnbuckle</i> Sedang Putaran 120° .....	36
Gambar IV. 7 <i>Turnbuckle</i> Besar Putaran 120° .....	37
Gambar IV. 8 Hasil Tegangan <i>Lashing</i> Kondisi Kapal 10° .....	38
Gambar IV. 9 <i>Turnbuckle</i> Kecil Putaran 180° .....	39
Gambar IV. 10 <i>Turnbuckle</i> Sedang Putaran 120° .....	40
Gambar IV. 11 <i>Turnbuckle</i> Besar Putaran 60° .....	42
Gambar IV. 12 Hasil Tegangan <i>Lashing</i> Kondisi Kapal 20° .....	43
Gambar IV. 13 <i>Turnbuckle</i> Kecil Putaran 120° .....	44
Gambar IV. 14 <i>Turnbuckle</i> Sedang Putaran 120° .....	45
Gambar IV. 15 <i>Turnbuckle</i> Besar Putaran 60° .....	46
Gambar IV. 16 Hasil Tegangan <i>Lashing</i> Kondisi Kapal 30° .....	48
Gambar IV. 17 <i>Turnbuckle</i> Kecil Putaran 120° .....	49
Gambar IV. 18 <i>Turnbuckle</i> Sedang Putaran 120° .....	50
Gambar IV. 19 <i>Turnbuckle</i> Besar Putaran 60° .....	51
Gambar IV. 20 Hasil Tegangan <i>Lashing</i> Kondisi Kapal 40° .....	52

## DAFTAR TABEL

Tabel III. 1 Data Ukuran Kontainer.....	18
Tabel III. 2 (a) dan (b) Data <i>Turnbuckle</i> .....	19
Tabel III. 3 Ukuran <i>Lashing bars</i> .....	20
Tabel III. 4 Hasil Konvergensi .....	24
Tabel III. 5 Picth <i>Turnbuckle</i> .....	25
Tabel III. 6 Pertambahan Panjang <i>Lashing bars</i> .....	26
Tabel III. 7 Hasil Putaran Turnbuckle .....	26
Tabel IV. 1 Hasil Tegangan <i>Lashing</i> Variasi <i>Turnbuckle</i> Kecil .....	30
Tabel IV. 2 Hasil Tegangan <i>Lashing</i> Variasi <i>Turnbuckle</i> Sedang .....	31
Tabel IV. 3 Hasil Tegangan <i>Lashing</i> Variasi <i>Turnbuckle</i> Besar .....	33
Tabel IV. 4 Hasil Tegangan <i>Lashing</i> Variasi <i>Turnbuckle</i> Kecil .....	35
Tabel IV. 5 Hasil Tegangan <i>Lashing</i> Variasi <i>Turnbuckle</i> Sedang .....	36
Tabel IV. 6 Hasil Tegangan <i>Lashing</i> Variasi <i>Turnbuckle</i> Besar .....	37
Tabel IV. 7 Hasil Tegangan <i>Lashing</i> Variasi <i>Turnbuckle</i> Kecil .....	39
Tabel IV. 8 Hasil Tegangan <i>Lashing</i> Variasi <i>Turnbuckle</i> Sedang .....	41
Tabel IV. 9 Hasil Tegangan <i>Lashing</i> Variasi <i>Turnbuckle</i> Besar .....	42
Tabel IV. 10 Hasil Tegangan <i>Lashing</i> Variasi <i>Turnbuckle</i> Kecil .....	44
Tabel IV. 11 Hasil Tegangan <i>Lashing</i> Variasi <i>Turnbuckle</i> Sedang .....	45
Tabel IV. 12 Hasil Tegangan <i>Lashing</i> Variasi <i>Turnbuckle</i> Besar .....	47
Tabel IV. 13 Hasil Tegangan <i>Lashing</i> Variasi <i>Turnbuckle</i> Kecil .....	49
Tabel IV. 14 Hasil Tegangan <i>Lashing</i> Variasi <i>Turnbuckle</i> Sedang .....	50
Tabel IV. 15 Hasil Tegangan <i>Lashing</i> Variasi <i>Turnbuckle</i> Besar .....	52
Tabel IV. 16 Panjang <i>Lashing</i> Saat <i>Turnbuckle</i> Terbuka Setengah .....	53
Tabel IV. 17 Hasil Perbandingan Variasi <i>Turnbuckle</i> .....	53

## DAFTAR SIMBOL

A	=	Luas area
$\alpha$	=	Sudut Miring Kapal
$\beta$	=	Sudut Putaran <i>Turnbuckle</i>
$\Delta$	=	Pertambahan panjang
$\varepsilon$	=	Regangan
E	=	Modulus Young
l	=	Lebar Kontainer
n	=	Faktor Keamanan
$\sigma$	=	Tegangan
$\sigma_{VM}$	=	Tegangan Von Mises
P	=	Jarak Satu Putaran <i>Turnbuckle</i>
p	=	Panjang Kontainer
$\theta$	=	Sudut <i>Lashing</i> Terhadap Geladak
$\tau$	=	Tegangan geser
t	=	Tinggi kontainer



# BAB I

## PENDAHULUAN

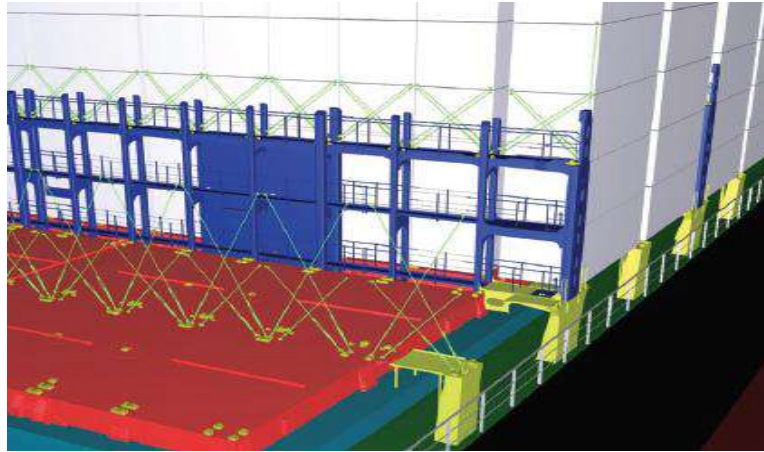
### I.1 Latar Belakang Masalah

Persaingan di dunia maritim saat ini sangat ketat, tidak terkecuali Indonesia. Kapal yang merupakan sarana angkutan muatan sangat penting bagi setiap negara saat ini. Bayangkan saja muatan yang mencapai 3000 Ton solusi untuk pengirimannya dilakukan dengan menggunakan sarana laut yang belum tentu bisa dilakukan oleh udara dan darat.

Sebagai salah satu sarana transportasi terutama transportasi pengangkut muatan dalam jumlah besar, Keselamatan kapal selama pelayaran harus diperhatikan. Pada tahun 2013 telah terjadi kecelakaan yaitu tenggelamnya kapal KM. Pemuda. Menurut Komite Nasional Keselamatan Transportasi (KNKT) kapal yang bertipe *container* itu tenggelam saat melakukan pelayaran menuju Maluku. Penyebabnya yaitu air masuk karena kapal miring yang dikarenakan penyebaran berat tidak merata. Hal ini karena terdapat *lashing* yang terlepas sehingga banyak muatan yang berpindah tempat.

Faktor dari stabilitas dari peletakan muatan yang tidak sesuai di kapal dan pemindahan barang secara tiba-tiba saat pelayaran menjadi titik permasalahan kebanyakan kapal yang tenggelam. Muatan yang terdapat di kapal harus diletakkan dengan sesuai beratnya dan mengikatnya dengan baik dan benar. Hal ini agar pemerataan beban pada setiap bagian kapal dan tidak terjadi pergeseran muatan. Pengikatan muatan pada kapal dinamakan dengan *lashing*. Peraturan *lashing* pada kapal sudah di atur oleh IMO dalam *Code of Safe Practice for Cargo Stowage and Securing*. Kapal yang menggunakan *lashing* kebanyakan kapal bertipe *Container* dan Kapal penyeberangan, hal ini disebabkan kapal dari jenis tersebut membawa muatan yang berbentuk *Solid*.

Hampir setiap tahunnya kapal di Indonesia mengalami permasalahan yang mengakibatkan terjadi kecelakaan. Salah satu penyebab kecelakaan yaitu faktor stabilitas yang dipengaruhi karena pergeseran muatan. Pada Maret 2016 telah terjadi kecelakaan di Selat Bali yang mengakibatkan 7 orang tewas. KMP Rosalia II merupakan yang mengalami kecelakaan saat melakukan pelayaran dari Jawa Bali. Kapal ini merupakan kapal yang keempat tenggelam pada daerah yang sama. Sebelumnya terjadi pada tahun 1960 1994 dan 2000. KMP Rosalia tenggelam diduga karena ijin pelayaran yang tidak jelas, kelebihan muatan dan mengalami ketidakseimbangan saat pelayaran yang diakibatkan ketidaksesuaian prosedur dalam menggunakan *lashing*.



**Gambar I. 1 Pengikatan *Lashing* Kontainer**  
(McGregor, 2016)

Gambar di atas merupakan gambar *container* yang telah diikat dengan baja. Pada Gambar I. 1 gerakan oleng kapal sangat berpengaruh terhadap kekuatan pengikatannya. Pada saat kapal oleng tegangan pada *lashing* akan mengalami proses gaya tarik yang kuat dan sedangkan saat kembali pada posisi awal akan mengalami gaya tekan pula. Standar keamanan muatan telah ditetapkan oleh IMO tentang penggunaan *lashing*. Selain dari mudah terlepas, terdapat juga *lashing* yang rusak akibat pengikatan yang terlalu kuat. Untuk itu, perlu diadakan analisis kekuatan *lashing* pada kapal yang bermuatan *container*, agar dapat mengetahui tegangan *lashing* sesuai standard. Hal ini bertujuan pengikatannya tidak akan longgar dan juga terlalu ketat yang berakibat putus.

### **I.2 Perumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas, beberapa permasalahan yang akan diselesaikan adalah sebagai berikut:

1. *Turnbuckle* berukuran berapa yang paling sesuai untuk pengikatan satu *tier* kontainer 20 *feet*?
2. Berapa tegangan pada *lashing* saat kapal mengalami oleng yang dihitung secara statis?

### **I.3 Tujuan**

Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mendapatkan *turnbuckle* yang paling sesuai untuk pengikatan satu *tier* kontainer 20 *feet*.
2. Mendapatkan nilai tegangan pada *lashing* saat kapal mengalami oleng yang dihitung secara statis.

#### **I.4 Batasan Masalah**

Dalam pengerjaan tugas akhir ini batasan masalah yang ditentukan adalah:

1. Perhitungan yang dilakukan hanya *lashing* pada kontainer
2. Pengujian pengaruh kekuatan hanya pada satu *tier* atau tingkat *container*.
3. Pengujian pada *lashing* tidak menghitung beban yang diterima pada padeye karena sudah dianggap bagus.
4. Pengujian pada *lashing* saat kapal *even keel* dan kapal oleng yang mencakup 2 sudut putaran *turnbuckle* diantaranya 30° dan 60°.
5. Pengujian *lashing* dilakukan dengan 3 jenis ukuran *turnbuckle*, dan satu ukuran *lashing rod*.
6. Beban yang diterima *lashing* hanya dipengaruhi oleh berat *container* dan berat *lashing*.
7. Beban *Container* yang diuji, satu *container* berukuran 20 *feet* pada kapal.

#### **I.5 Manfaat**

Dari tugas akhir ini, diharapkan dapat diambil manfaat sebagai berikut:

1. Mendapatkan nilai tegangan dan sistem yang benar *lashing* pada *container* sehingga dapat diaplikasikan.
2. Tidak akan terjadi pelepasan atau kerusakan pada pengikatan muatan *container* saat kapal mengalami oleng.

#### **I.6 Hipotesis**

Hasil Penelitian akan menunjukkan *lashing* memiliki tegangan yang mencakupi satu *container* sehingga tidak akan terjadi kerusakan pada *lashing* dan juga kelonggaran *lashing*.

Halaman ini sengaja dikosongkan

## BAB II STUDI LITERATUR

### II.1 Dasar Teori

Pada penelitian ini menggunakan dasar teori tegangan yang diterima *lashing* berdasarkan peraturan ASTM (*American Standard Testing Material*). Penelitian ini juga memerlukan tegangan yang terdapat *lashing* yang divariasikan menjadi saat keadaan kapal *even keel* dan mengalami sodet oleng dan juga saat kapal dalam kondisi event keel dimana tegangan dipengaruhi oleh sistem dari sistem *lashing* tersebut.

#### II.1.1 *Lashing*

Fungsi *lashing* menurut menurut amandemen SOLAS Chapter VI Regulation 5 yaitu unit kargo dan unit angkutan kargo yang dibawa atau di bawah dek harus terikat, disimpan dan diamankan untuk mencegah sejauh mungkin sepanjang perjalananya terjadinya perpindahan muatan. Pada gambar Gambar II. 1 menunjukkan teknik sistem *lashing* pada kontainer.



**Gambar II. 1 Asumsi Pengikatan *Lashing***

(McGregor, 2016)

Pada Gambar I. 1 terlihat contoh pengikatan *lashing* pada kontainer. Pengikatan tersebut mencakupi empat titik dan dua sisi pada kontainer. Bagian yang atas merupakan *lashing rod* atau *lashing bars*. Sedangkan bagian yang bawah merupakan *turnbuckle* yang berfungsi untuk memperketat dan juga mengunci sementara selama pelayaran (Australian Standard, 2014).

## 1. *Lashing bars*

*Lashing bars* yaitu salah satu peralatan *safety* yang digunakan untuk pengikatan kontainer saat pelayaran. *Lashing bars* merupakan salah satu jenis *lashing* yang akan disambungkan dengan *turnbuckle*. Ukuran dari *lashing bars* bervariasi, tetapi dalam kasus *lashing bars* memiliki ukuran yang tetap dan tidak dapat dipanjangkan atau sebaliknya.

## 2. *Turnbuckle*

*Turnbuckle* merupakan pengunci pada pengikatan kontainer dimana dapat melonggarkan dan mengetatkan dari sistem *lashing* kontainer. *Turnbuckle* dipergunakan juga untuk tali-menali baik itu ke batang atau tali baja. *Turnbuckles* harus digunakan hanya untuk aplikasi segaris. Spesifikasi harus diberikan untuk mencegah *overloading*. Saat terjadi tegang yang berlebihan, kekuatan *turnbuckle* harus dihindari yang dapat menyebabkan deformasi. Jika *turnbuckle* mulai berubah bentuk, ketegangan harus segera dikurangi dan pada bagian *turnbuckle* yang cacat harus segera diganti. (ASTM, 2001).

### II.1.2 Elemen Hingga

Metode elemen hingga merupakan metode perhitungan pendekatan numerik dengan pembagian elemen untuk memecahkan masalah di bidang rekayasa atau bidang fisik lainnya. Metode pendekatan dengan menggunakan elemen kontinum untuk menentukan pendekatan penyelesaian masalah yang lebih mendekati sebenarnya. Permasalahan-permasalahan yang dapat diselesaikan dengan metode elemen hingga berupa analisis struktur batang, analisis tegangan, perpindahan panas dan masa, serta medan elektromagnetik.

Permasalahan-permasalahan yang melibatkan bentuk geometri, kondisi pembebanan dan sifat mekanik material yang kompleks tidak mungkin untuk dipecahkan dengan menggunakan persamaan atau rumus matematis yang biasanya disebut dengan penyelesaian analitis. Penyelesaian analitis ini umumnya memerlukan penyelesaian persamaan diferensial parsial. Oleh karena itu, metode numerik seperti Metode Elemen Hingga adalah metode yang banyak digunakan untuk memecahkan permasalahan-permasalahan yang kompleks tersebut. Hasil yang diperoleh dengan menggunakan metode Metode Elemen Hingga ini adalah berupa harga pendekatan dari sejumlah titik atau *node* pada kontinue bodi. Maka dalam pemodelan di dalam Metode Elemen Hingga, suatu bodi dibagi menjadi beberapa bodi atau unit yang lebih kecil yang disebut dengan elemen, yang mana elemen-elemen tersebut saling berhubungan dengan elemen lain pada titik-titik simpul elemen atau dikenal dengan *node* (Logan, 1992).

### II.1.3 Tegangan

Gaya dalam yang bekerja pada luas yang kecil tak berhingga sebuah potongan, akan terdiri dari bermacam-macam besaran dan arah, seperti yang diperlihatkan secara diagramatis dalam Gambar II.1.



**Gambar II. 2 Tegangan**  
(Popov, 1984)

Gaya-gaya dalam ini merupakan vektor dan bertahan dalam keseimbangan terhadap gaya-gaya luar terpakai. Dalam penentuan *intensitas* dari gaya-gaya dalam berbagai bagian dari potongan. Pada umumnya, intensitas gaya yang bekerja pada luas yang kecil tak berhingga suatu potongan berubah-ubah darisuatu titik ke titik lainnya. Umumnya intensitas ini berarah miring pada bidang potongan. Dalam praktek teknik biasanya intensitas gaya diuraikan menjadi tegak lurus dan sejajar dengan irisan yang sedang disclidiki. Penguraian intensitas gaya ini pada luas kecil tidak terhingga diperlihatkan dalam Gambar II.1. Intensitas gaya yang tegak lurus atau normal terhadap irisan disebut tegangan normal (*normal stress*) pada sebuah titik yang dilambangkan dengan huruf Yunani  $\sigma$  (sigma). Suatu tegangan tertentu yang dianggap benar-benar bertitik tangkap pada sebuah titik, secara matematis didefinisikan sebagai:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (\text{II.1})$$

Dimana:

$\sigma$  = Tegangan (N/m<sup>2</sup>)

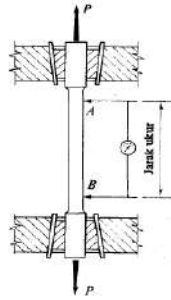
F = Suatu gaya yang bekerja terhadap benda [N]

A = Luasan Benda (m<sup>2</sup>)

Sehingga dapat disimpulkan tegangan merupakan reaksi yang timbul dari seluruh bagian spesimen dalam keadaan menahan beban yang diberikan. Dalam artian lain, tegangan yaitu gaya yang bekerja pada benda per satuan luas benda tersebut (Popov, 1984).

### II.1.4 Regangan

Pada benda yang diberikan gaya tidak hanya sifat kekuatan *ultimate* yang diperhatikan melainkan sifat-sifat lainnya diamati juga. Khususnya pada pembahasan deformasi pada benda sebagai fungsi dari gaya yang diberikan. Selain pengamatan pada specimen yang dihadapkan gaya seperti yang terlihat pada gambar, diamati juga perubahan Panjang antara dua buah titik pada specimen tersebut.



**Gambar II. 3 Regangan**  
(Popov, 1984)

Bila  $\Delta$  adalah perpanjangan total pada Panjang ukur awal  $L$  yang ditinjau, maka perpanjangan per satuan Panjang  $\epsilon$  (epsilon) adalah

$$\epsilon = \frac{\Delta}{L} \quad (\text{II.2})$$

Perpanjang persatuan Panjang ini disebut dengan regangan (starain). Besaran regangan pada suatu specimen sangat kecil, kecuali untuk beberapa bahan seperti karet. Pada bagian ulir regangan dapat dicari dengan rumus yang telah disebut. Menurut Shoberg (2016) perpanjangan batang atau sistem dapat ditentukan dari:

$$\Delta = \frac{\delta}{360} P \quad (\text{II.3})$$

Perpanjangan pertambahan Panjang tergantung dari sudut putaran. Jika satu putaran penuh maka pertambahan Panjang sama dengan *pitch*. Kesimpulan dari rumus tersebut untuk menghitung pembagian pertambahan Panjang dalam sudut putaran yang maksimalnya 360.

### II.1.5 Hukum Hooke

Hubungan antara tegangan dan regangan dapat dikatakan berbentuk linear untuk semua bahan. hal ini menuju idealisasi dan penyamarataan yang berlaku untuk semua bahan, yang dikenal dengan hokum hooke. Yang dinyatakan dalam persamaan

$$\sigma = E\epsilon \text{ atau } E = \frac{\sigma}{\epsilon} \quad (\text{II.4})$$



Secara fisis modulus elastis menyatakan kekakuan terhadap beban yang diberikan kepada bahan. Nilai modulus elastis merupakan suatu sifat dari yang pasti dari suatu bahan dan setiap bahan mempunyai elastis yang berbeda (Popov, 1984).

### II.1.6 Tegangan Ijin

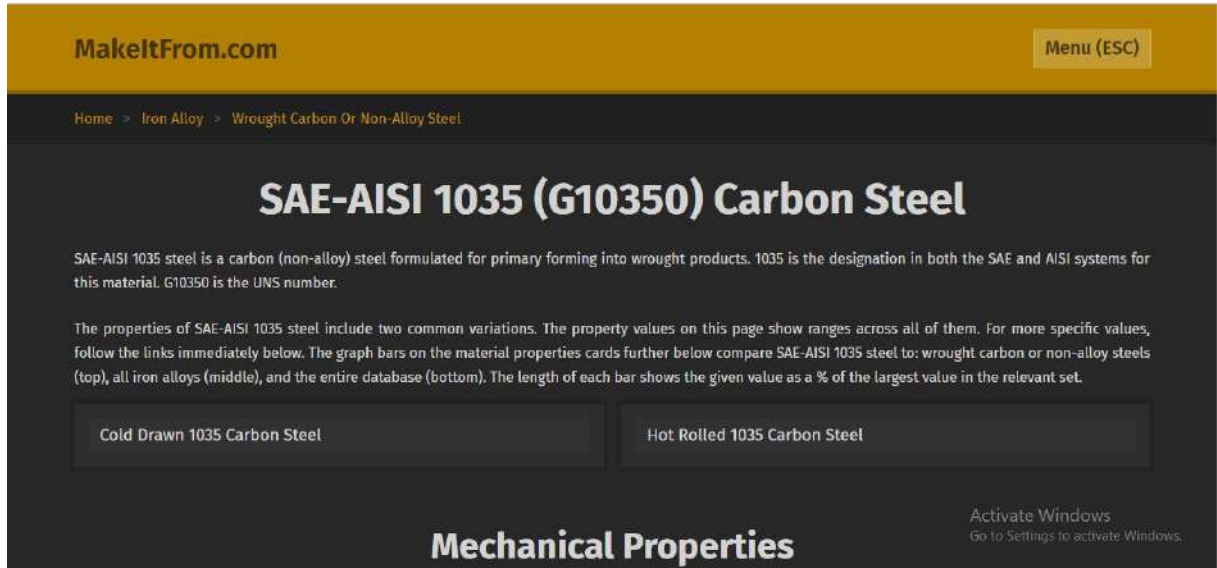
Menurut Popov (1984), penentuan tegangan tidak akan berarti sama sekali tanpa melakukan pengujian fisis bahan dalam laboratorium yang memberikan keterangan mengenai ketahanan suatu bahan terhadap tegangan. Pada pengujiannya menyebutkan sebuah batang diberi tegangan tarik dengan diberi beban sampai akhirnya menjadi pecah, gaya yang diperlukan agar terjadi pecah disebut beban *ultimate*. Untuk desain bagian-bagian struktur tingkat tegangan disebut tegangan ijin dibuat lebih rendah daripada kekuatan *ultimate* yang diperoleh dari yang disebut pengujian. Untuk beberapa pertimbangan besar eksak gaya yang dapat bekerja pada bangunan yang dirancang jarang diketahui secara pasti. Bahan tidak seluruhnya serba sama. Beberapa bahan diregangkan sebesar yang tidak diperbolehkan sebelum benar-benar rusak, hingga untuk menahan deformasi-deformasi ini, tegangan haruslah dijaga dalam keadaan rendah. Tegangan ijin ditetapkan agar kekuatan material dalam keadaan aman. Jika tegangan melebihi tegangan ijin sifat material tersebut akan mendekati plastis yang tidak dapat kembali lagi ke bentuk semula. Maksimal material akan rusak atau putus saat tegangannya mencapai tegangan *ultimate*.

$$\text{Tegangan Ijin} = \frac{\text{Tegangan Ultimate}}{\text{Faktor Keamanan } (n)} \quad (\text{II.5})$$

Tegangan ijin dapat dihitung dengan adanya faktor keamanan, nilai faktor keamanan harus lebih 1 agar kegagalan dapat dihindari. Untuk faktor keamanan *lashing* yang ditetapkan oleh rules *Germanisher Llyod* (2013) sebesar 1.4.

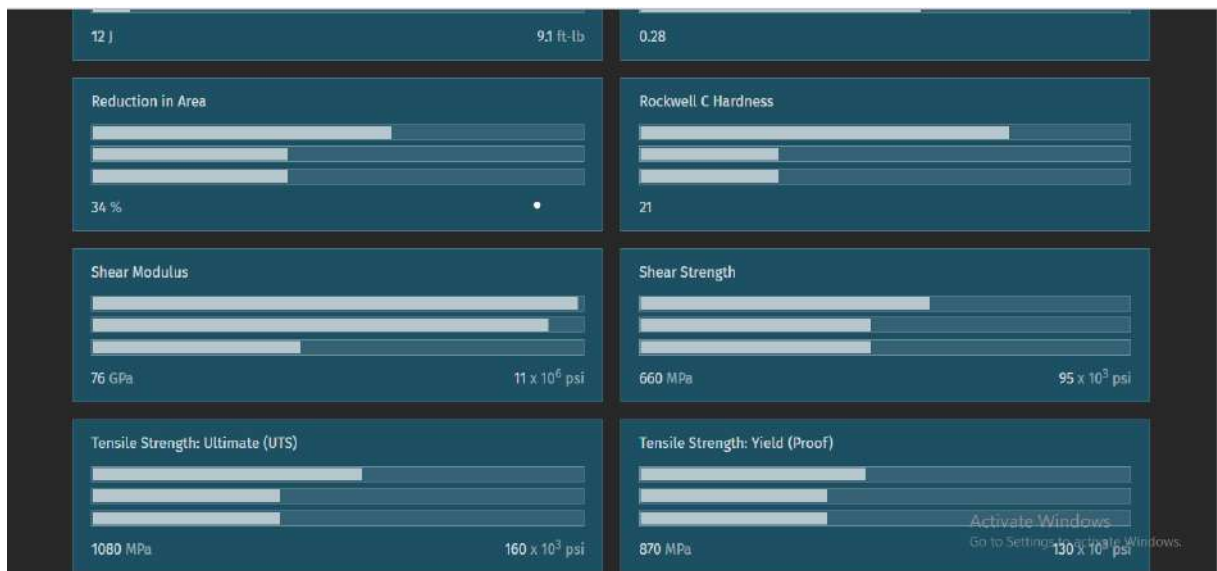
Kerusakan suatu material dapat terjadi karena beban yang diterima jauh melebihi tegangan ijin dari bahan material tersebut. Tegangan ijin merupakan suatu acuan batasan kekuatan yang diterima material saat dilapangan. Setiap material mempunyai tegangan ijin yang berbeda beda. Pada penelitian ini material yang digunakan merupakan material *high tensile steel SAE 1035 or 1045* yang menggunakan standard ASTM (2001) untuk *turnbuckle* dan untuk bahan *lashing bars* material yang digunakan yaitu *high tensile steel material*. Kedua material

tersebut mempunyai properties yang berbeda. Properties material dapat dilihat pada Gambar II. 4.



Gambar II. 4 Tampilan Web Properties Material

Gambar II. 4 merupakan tampilan pencarian untuk jenis material. Dengan memasukkan nama material pada bagian “Menu (ESC)” akan didapatkan segala jenis properties material berupa modulus young, tegangan ijin, tegangan *ultimate* dan lain lain. Penelitian tegangan *lashing* menggunakan tegangan ijin dari web tersebut. Properties material *lashing* dapat dilihat pada Gambar II. 5



Gambar II. 5 Properties Material *Lashing*

Dari Gambar II. 5 diketahui bahwa *tensile strength* sebesar 870 MPa dan tegangan *ultimate* sebesar 1080 MPa.

### II.1.7 Gaya

Menurut Ma'arif (2012), gaya adalah sesuatu yang menyebabkan deformasi pada suatu struktur. Gaya mempunyai besaran dan arah, digambarkan dalam bentuk vektor yang arahnya ditunjukkan dgn anak-panah, sedangkan panjang vektor digunakan untuk menunjukkan besarnya. Gaya juga dapat menyebabkan suatu benda berpindah dari keadaan diam menjadi bergerak atau sebaliknya. Gaya mempunyai besaran dan arah, digambarkan dalam bentuk vektor yang arahnya ditunjukkan dengan anak-panah, sedangkan panjang vektor digunakan untuk menunjukkan besarnya. Persamaan gaya dapat ditulis

$$F = m a \quad (II.6)$$

Apabila terdapat bermacam-macam gaya bekerja pada suatu benda, maka gaya-gaya tersebut dapat digantikan oleh satu gaya yang memberi pengaruh sama seperti yang dihasilkan dari bermacam-macam gaya tersebut, yang disebut sebagai resultan gaya. Gaya adalah vektor yang mempunyai besar dan arah. Penggambarannya biasanya berupa garis dengan panjang sesuai dengan skala yang di tentukan.

### II.1.8 Tegangan Von Misses

Menurut Houqe (2016) tegangan von mises merupakan gabungan dari semua tegangan (tegangan geser dan tegangan normal pada tiga arah) yang bereaksi pada titik tertentu. Tegangan von mises berguna untuk bahan yang tergolong ulet (*ductile*). Jika tegangan von mises di titik tertentu melebihi kekuatan luluh (*yield strength*), maka material akan mengalami kegagalan (putus) pada titik tersebut. Kriteria kegagalan menyatakan bahwa tegangan von mises  $\sigma_{vm}$  harus kurang dari tegangan luluh (*yield stress*)  $\sigma_y$  dari material.

Rumus yang digunakan untuk mendapatkan kriteria von mises adalah sebagi berikut:

$$\sigma_{vm} \leq \sigma_y$$

Tegangan von mises  $\sigma_{VM}$  didapat dari

$$\sigma_{vm} = \sqrt{I_1^2 - 3I_2} \quad (II.7)$$

dimana  $I_1$  dan  $I_2$  adalah

$$I_1 = \sigma_x + \sigma_y + \sigma_z \quad (II.8)$$

$$I_2 = \sigma_x\sigma_y + \sigma_y\sigma_z + \sigma_z\sigma_x - \tau_{yz}^2 - \tau_{xz}^2 - \tau_{xy}^2 \quad (II.9)$$

## II.1.9 *Container*

Pengertian *container* menurut Suyono (2005), kontainer adalah satu kemasan yang dirancang secara khusus dengan ukuran tertentu, dapat di pakai berulang kali, digunakan untuk menyimpang dan sekaligus mengangkut muatan yang ada di dalamnya.

Jadi dapat disimpulkan bahwa kapal *container* adalah alat transportasi dilaut yang mengangkut muatan dalam jumlah besar yang dimuat dalam kemasan berbentuk kotak.

Menurut ISO 6364 bentuk peti kemas dibagi kedalam beberapa jenis yaitu:

### a. *General Purposes Container*

Petikemas *general purposes containers* paling banyak digunakan dalam transportasi perdagangan di laut. Petikemas jenis ini digunakan untuk membawa barang-barang, terutama yang sudah di packing rapi dalam bentuk kotak.

### b. *Bulk Container*

Petikemas ini biasa digunakan untuk membawa muatan curah, seperti gandum, biji-bijian bahan mineral dan lain-lain. Dimuat dari pintu di atas dan dibongkar dengan membuka pintu dibawah.

### c. *Reefer Container*

Petikemas ini biasa digunakan untuk membawa muatan yang didinginkan atau muatan beku seperti ikan, daging, dan buah-buahan. Petikemas ini mempunyai kompresor yang terletak didepan atau dibelakang petikemas.

### d. *Named Cargo Container*

Petikemas ini biasanya digunakan untuk mengangkut binatang ternak hidup atau auto moniles dan termasuk mengangkut ikan hidup.

### e. *Tank Container*

Petikemas ini biasa digunakan untuk membawa muatan dalam bentuk cair atau gas dalam bentuk cair atau gas. Pada umumnya muatan tersebut adalah termasuk jenis bahan berbahaya.

### f. *Platform Container*

Petikemas ini digunakan untuk kargo yang tidak dapat dimasukkan ke petikemas yang biasa disebabkan ukuran dan bentuknya. Platform *container* ini pada kedua ujungnya bisa dilipat atau hanya berbentuk Platform *Container*.

#### g. Open Top Container

Petikemas ini biasa digunakan untuk membawa muatan *heavy*. Jenis penutup atau *cover* *Open Top container* ada yang menggunakan Tarpaulin dan yang menggunakan cover dapat dibuka atau ditutup. Selain itu juga ada yang mempunyai pintu samping, dikenal dengan OTOS (*Open Top Open Side*) Container.

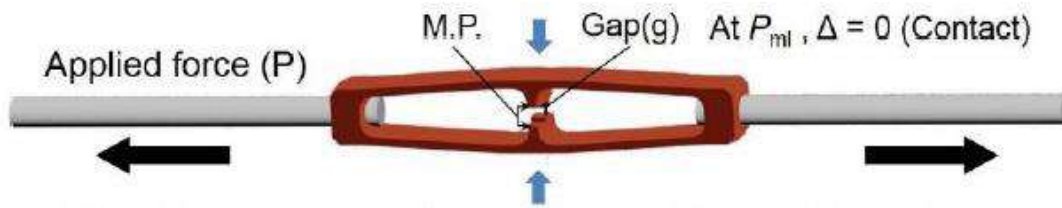
Penelitian yang penulis lakukan menggunakan jenis *container general purpose container*. *General purpose container* secara umum terbagi kedalam tiga ukuran yaitu 20 feet, 40 feet dan 45 feet. Dari ketiga ukuran tersebut penelitian dilakukan hanya pada *container* 20 feet.

## II.2 Tinjauan Pustaka

Pada Sub-bab ini berisikan penjabaran dari beberapa teori yang berkaitan dengan penelitian ini, sehingga dapat mempermudah pembaca untuk lebih memahami penelitian ini. Selain itu juga digunakan sebagai landasan teori dalam tercapainya tujuan dari penelitian ini. Beberapa literatur menjelaskan mengenai tegangan diantaranya Sanjaya (2017) pada jurnalnya menjeleaskan tegangan dapat dikatakan efektif, jika hasil dari perhitungannya menghasilkan nilai tegangan yang kecil. Rabbani (2017) pada jurnalnya menjelaskan pemasangan atau penggabungan dua benda menghasilkan tegangan yang lebih besar, jika pada penelitian ini dapat dihubungkan antara lashing bars dan turnbuckle. Chabibi (2013) menyebutkan pada suatu peninjauan benda, hasil tegangan tidak boleh lebih dari tegangan standar ketentuan yang telah ditetapkan. Pramono (2016) pada jurnalnya menyebutkan jika suatu hasil yang tidak memenuhi standar yang telah ditetapkan, hasil tegangan dapat dibandingkan dengan nilai *yield strength* material. Firmansyah (2013) pada jurnalnya mengatakan kekuatan suatu benda akan dinyatakan aman jika memenuhi dari kriteria tegangan maksimum.

### II.2.1 Turnbuckle

*Turnbuckle* secara umum terlihat seperti Gambar II.4. Tegangan *lashing* disesuaikan dengan gaya tarik terhadap elemen dengan memutar sistem yang terdapat pada turnbuckle, tetapi pada prinsipnya *turnbuckle* bersifat konvensional yang tidak mampu mengukur gaya tarik tanpa peralatan pengukuran tertentu. Konsep *turnbuckle* baru dengan bagian yang di putar seperti yang ditunjukkan pada Gambar II.4



Gambar II. 6 Konsep Gaya Tarik *Turnbuckle*  
(Park, 2016)

*Turnbuckle* yang memiliki prinsip kerja sebagai pengencangan *lashing* dengan cara diputar bagian yang berwarna merah seperti yang terlihat pada Gambar III. 6. Hasilnya putarannya yaitu bagian P atau batang yang akan mendekati atau saling menjauhi.

## II.2.2 Konvergensi

Menurut Chabibi (2013) pemodelan dengan menggunakan elemen hingga, perlu dilakukan konvergensi elemen untuk mengetahui proses pengerjaan model mendekati nilai kebenaran. Pada penelitian ini dilakukan konvergensi elemen dengan perbedaan jumlah elemen. Dengan pembebanan yang sama didapatkan hasil *running* yang berbeda pada setiap jumlah elemen. Hasil analisis yang digunakan adalah saat nilai tegangan bernilai maksimal atau sama pada setiap jumlah elemen yang berbeda. Hal ini menunjukkan bahwa model yang telah dikerjakan mempunyai keakuratan yang baik. Uji konvergensi adalah uji yang dilakukan untuk menentukan ukuran elemen yang tepat dalam pembuatan model elemen hingga sehingga model dapat menghasilkan nilai yang valid. Konvergensi dilakukan dengan cara membandingkan beberapa hasil analisis tegangan sehingga mencapai hasil yang paling mendekati konstan dengan ukuran elemen berbeda. Jika tidak terdapat hasil yang tidak baik, maka akan dilakukan permodelan ulang hingga saat dikonvergensi didapatkan hasil yang konstan.

## II.2.3 Meshing

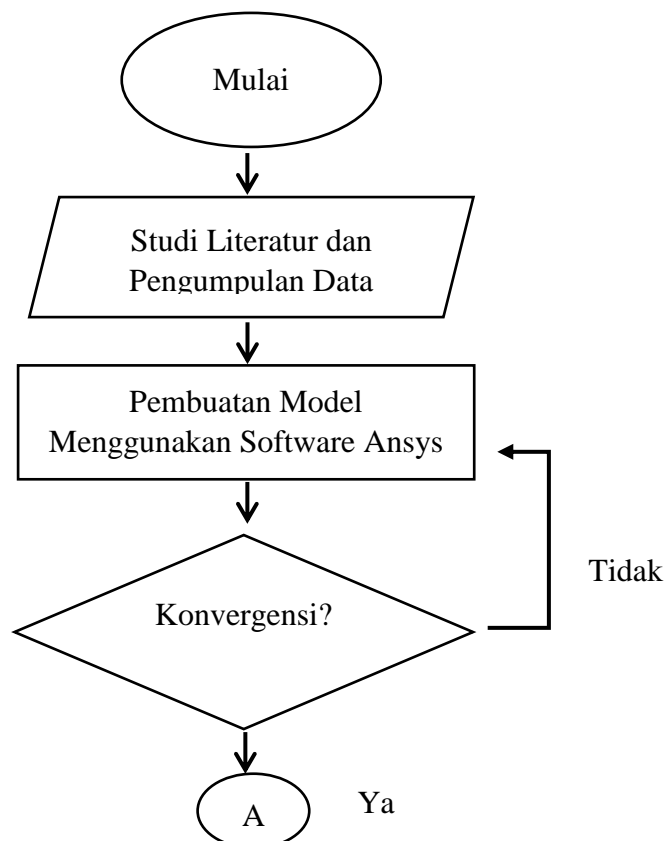
Kunci metode elemen hingga untuk perhitungan numerik adalah *meshing*. *Meshing* merupakan proses mendesain suatu model yang menghasilkan *polygional* atau *polyhedral mesh* yang mendekati domain geometris. Dalam proses ini elemen harus didefinisikan dan dibagi secara baik dan benar. Terdapat beberapa bagian domain yang memerlukan elemen kecil sehingga perhitungan akan menjadi lebih akurat. Pemodelan solid 3D menggunakan *meshing volume*. Penentuan ukuran *meshing* diambil dari hasil konvergensi (Sanjaya, 2017).

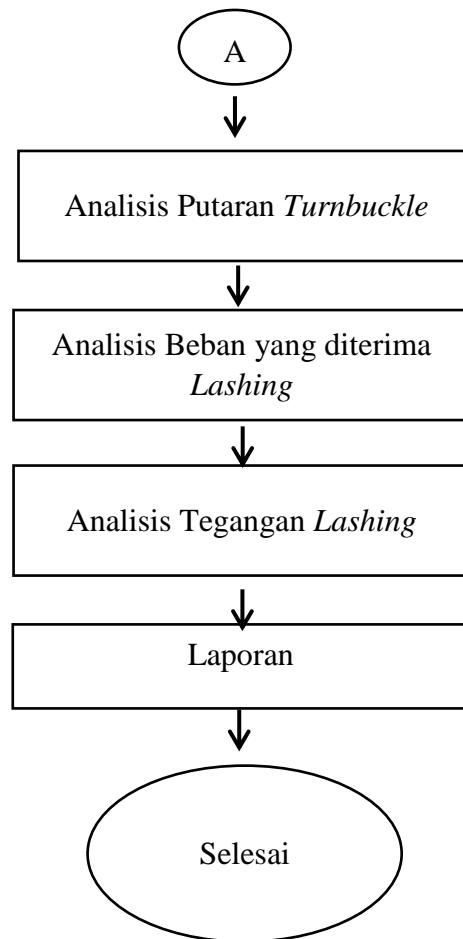
# BAB III METODOLOGI PENELITIAN

## III.1 Pendahuluan

Metode adalah aspek yang sangat penting dan besar pengaruhnya terhadap berhasil tidaknya suatu penelitian, terutama untuk mengumpulkan data. Sebab data yang diperoleh dalam suatu penelitian merupakan gambaran dari obyek penelitian. Pada Bab ini berisi penjelasan mengenai langkah-langkah cara pengerjaan penelitian ini. Pengerjaan penelitian ini diawali dengan identifikasi masalah, perumusan masalah, dan penentuan tujuan penelitian yang sudah dijelaskan pada Bab I. Kemudian dilakukan studi literatur yang sudah ditulis pada Bab II.

Pada Bab ini akan dilakukan pembuatan model dan konvergensi model. Pada pembuatan model harus dilakukan dengan model yang mendekati agar hasil yang didapatkan mendekati jawaban yang paling pasti. Setelah melakukan pemodelan dan mendapatkan konvergensi, selanjutnya menganalisis dari putaran *turnbuckle* yang nantinya akan didapatkan nilai pembebanan dari putaran *turnbuckle*. Pada bab ini akan dijelaskan dimulai dari studi literatur, pemngumpulan mengenai data-data yang digunakan dan menganalisis pembebanan yang terjadi pada *lashing container* dari data yang telah didapatkan. Tahapan-tahapan metode pentilitan dapat dilihat pada diagram alir berikut.





**Gambar III. 1 Diagram Alir**

### III.2 Studi Literatur

Studi literatur adalah mencari referensi teori yang relevan dengan kasus atau permasalahan yang ditemukan. Referensi tersebut berisikan tentang :

- Sistem *lashing* sesuai IMO
- Perhitungan Kekuatan *Lashing*

Referensi ini dapat dicari dari buku, jurnal, artikel laporan penelitian, dan situs-situs di internet. Output dari studi literatur ini adalah terkoleksinya referensi yang relevan dengan perumusan masalah. Tujuannya adalah untuk memperkuat permasalahan serta sebagai dasar teori dalam melakukan studi.

### III.3 Pengumpulan Data

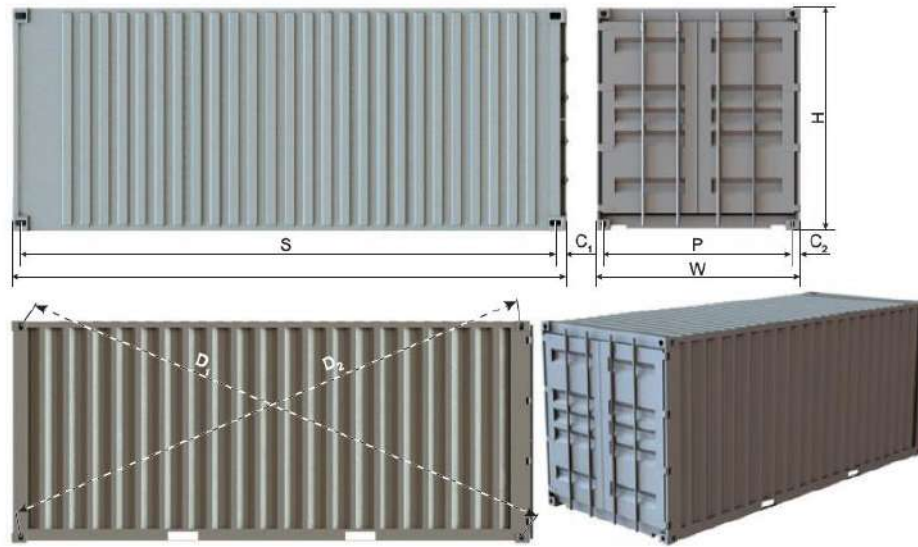
Data sekunder yang dibutuhkan untuk dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini adalah data kapal kontainer, data *container*, dan data *lashing*. Data ini dapat diperoleh dari pelabuhan Tanjung Perak dan galangan kapal Lamongan. Untuk melakukan permodelan data yang spesifik dikumpulkan yaitu ukuran *lashing* berupa *turnbuckle* dan *lashing rod*, dan juga ukuran



kontainer yang digunakan sebagai beban yang diterima *lashing*. Hasil dari pengumpulan data ini bisa dipakai sebagai bahan untuk membuat permodelan.

**a. Data Kontainer**

Dari studi literatur yang telah dilakukan penulis mendapatkan data *container* untuk penelitian ini didasarkan katalog-katalog perusahaan pelayaran. Data yang diperoleh dapat dilihat pada Gambar III. 2



**Gambar III. 2 General Purpose Container**  
(McGregor, 2016)

Gambar diatas merupakan pembagian keterangan yang ditampilkan detail ukuran yang dapat dilihat pada Gambar III. 3.

Designation		ISO 668											
		40'				30'				20'			
		1A	1AA	1AAA	1AX	1B	1BB	1BBB	1BX	1C	1CC	1CX	
Height	H	[ft]	8'	8'6"	9'6"	<8'	8'	8'6"	9'6"	<8'	8'	8'6"	<8'
		[mm]	2438 <sup>0/6</sup>	2591 <sup>0/6</sup>	2896 <sup>0/5</sup>	<2438	2438 <sup>0/6</sup>	2591 <sup>0/6</sup>	2896 <sup>0/5</sup>	<2438	2438 <sup>0/6</sup>	2591 <sup>0/-5</sup>	<2438
Length	L	[ft]	40'				29'111/4"				19'101/2"		
		[mm]	12192 <sup>0/-10</sup>				9125 <sup>0/-10</sup>				6058 <sup>0/-6</sup>		
	S	11985*				8918*				5853*			
	C <sub>1</sub>	101,5 <sup>0/-1,5</sup>											
Width	W	[ft]	8'										
		[mm]	2438 <sup>0/-5</sup>										
	P	2259*											
	C <sub>2</sub>	89 <sup>0/-1,5</sup>											
Difference D <sub>1</sub> -D <sub>2</sub>		≤ 19 mm				≤ 16 mm				≤ 13 mm			
Max. Gross; Mass [kg]		30480				25400				24000			

**Gambar III. 3 Detail Ukuran Container**  
(McGregor, 2016)

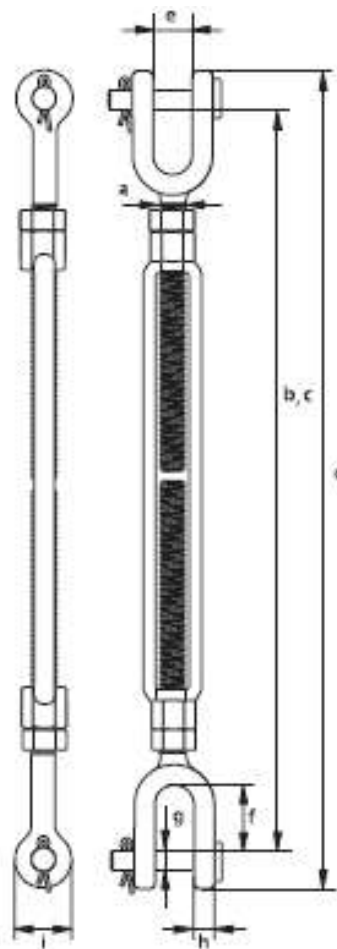
Dari ukuran yang terdapat pada gambar tabel tersebut, penulis mengambil variasi *container* satu jenis yaitu *container 20 feet*. Untuk Panjang, lebar, tinggi dan berat *container* dapat dilihat pada tabel berikut,

**Tabel III. 1 Data Ukuran Kontainer**

<i>Container 20 Feet</i>		
p	20.000 ft	6.096 m
l	8.000 ft	2.438 m
t	8.600 ft	2.621 m
W <sub>c</sub>	24000	240000.0 N
Ukuran Standar ISO		

**b. Data Turnbuckle**

Penelitian ini menggunakan tiga jenis variasi ukuran *turnbuckle*. Data yang diperoleh mengacu pada katalog-katalog perusahaan pelayaran dan perusahaan penyedia *securing system container*. Data tersebut dapat dilihat pada gambar berikut



(a)

working load limit	diameter thread	take up	length closed position	length open position	length closed position	opening jaw	length inside	diameter pin	thickness jaw eye	diameter jaw eye	weight each
t	a inch	inch	b mm	c mm	d mm	e mm	f mm	g mm	h mm	i mm	kg
2.36	$\frac{3}{4}$	6	369	487	439	24	38	16	16	41	2.59
2.36	$\frac{3}{4}$	9	444	640	514	24	38	16	16	41	3.13
2.36	$\frac{3}{4}$	12	520	792	590	24	38	16	16	41	3.42
2.36	$\frac{3}{4}$	18	670	1096	740	24	38	16	16	41	4.51
3.27	$\frac{7}{8}$	12	561	826	638	27	42	19	19	48	4.93
3.27	$\frac{7}{8}$	18	713	1132	790	27	42	19	19	48	6.41
4.54	1	6	447	554	532	31	50	22	20	54	5.18
4.54	1	12	598	859	683	31	50	22	20	54	6.43
4.54	1	18	750	1168	835	31	50	22	20	54	8.4
4.5	1	24	903	1470	988	31	50	22	20	54	8.9
6.9	$1\frac{1}{4}$	12	641	914	748	44	71	29	26	68	11.2
6.9	$1\frac{1}{4}$	18	803	1228	910	44	71	29	26	68	13.6
6.9	$1\frac{1}{4}$	24	962	1539	1069	44	71	29	26	68	15
9.71	$1\frac{1}{2}$	12	675	942	806	52	71	35	28	80	17
9.71	$1\frac{1}{2}$	18	825	1244	956	52	71	35	28	80	19.3
9.71	$1\frac{1}{2}$	24	980	1551	1111	52	71	35	28	80	20.7
12.7	$1\frac{3}{4}$	18	938	1316	1092	60	86	41	33	90	25
12.7	$1\frac{3}{4}$	24	1089	1621	1243	60	86	41	33	90	28.7
16.8	2	24	1151	1671	1338	63	93	51	40	107	45.4
27.2	$2\frac{1}{2}$	24	1255	1831	1480	75	114	57	41	143	88
34	$2\frac{3}{4}$	24	1348	1882	1604	90	110	70	41	158	98

(b)

**Gambar III. 4 Katalog Turnbuckle (a). Detail bagian turnbuckle (b). Ukuran turnbuckle (ASTM, 2001)**

Data *turnbuckle* tersebut dipilih atas dasar perbandingan-perbandingan katalog-katalog penjualan penyedia *turnbuckle* lainnya. Perbedaan ukuran *turnbuckle* antara satu katalog dengan lainnya tidak jauh berbeda. Alasan penulis memilih katalog pada gambar III.3 terdapatnya jenis material *High Tensile Steel SAE 1035 or 1045* dengan standar ASTM (2001). Batas beban dari jenis material tersebut akan ditampilkan pada tabel berikut dan juga pemilihan ketiga variasi *turnbuckle*.

**Tabel III. 2 (a) dan (b) Data Turnbuckle**

<i>Turnbuckle</i>	Diameter (a) mm	Panjang Jaw Tertutup (d) mm	Panjang Terbuka Setengah (Model Pada Ansys) mm	Bukaan Jaw (e) mm	Panjang Dalam Jaw (f) mm
Kecil	25.4	532	710	31	50
Sedang	31.75	962	1323.5	44	71
Besar	44.45	1069	1452	60	86

(a)

<i>Turnbuckle</i>	Diameter Baut (g) mm	Ketebalan Jaw (h) mm	Diameter Jaw (i) mm	Berat Kg	Batas Beban Ton
Kecil	22	20	54	5.18	4.54
Sedang	29	26	68	15	6.9
Besar	41	33	90	28.7	12.7

(b)

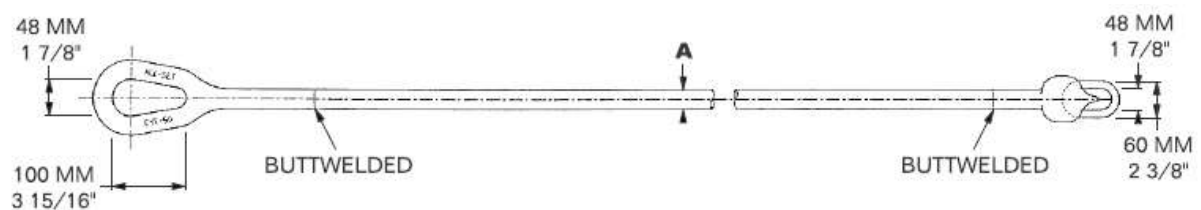
Dari tabel Tabel III. 2 dapat dilihat detail bagian pada Gambar III. 4. Secara keseluruhan pemilihan ukuran-ukuran *turnbuckle* disesuaikan dengan *lashing bars*.

### c. *Lashing bars*

Penelitian ini menggunakan satu variasi *lashing bars*. Data yang diperoleh berasal dari katalog-katalog penyedia barang. *Lashing bars* dan ukurannya dapat dilihat pada gambar berikut.



(a)



(b)

**Gambar III. 5 *Lashing bars* (a) Model real (b) Detail Ukuran**  
(McGregor, 2016)

Pada gambar tersebut tidak ditampilkan diameter alat tersebut dan juga Panjang. Sehingga ukuran yang tidak terdapat pada gambar III.4 dapat dilihat di tabel berikut ini.

**Tabel III. 3 Ukuran *Lashing bars***

Panjang mm	Diameter (A) mm	Berat Kg
2400	25	11.3

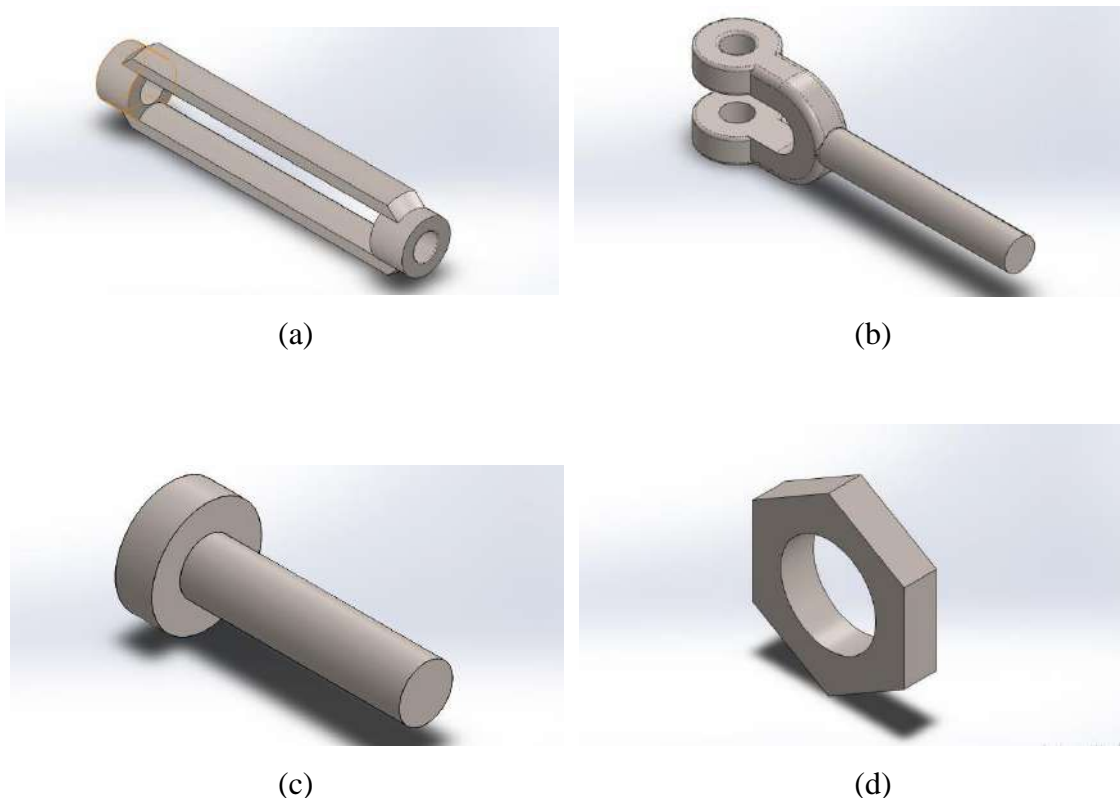
Batas beban diperoleh dari katalog yang terdapat *Container Securing System* oleh McGregor sebesar 250 kN.

### III.4 Proses Pengerjaan Pemodelan

Pada tugas akhir ini, pemodelan dilakukan dengan modeller yang terdapat pada solidwork dan juga abaqus. Setelah model sesuai dengan yang sebenarnya selanjtnya akan di meshing dan running pada *ansyis workbench*. Pemodelan yang digambar yaitu *container* dan pengikatannya (*lashing*) yang mengacu dari data-data yang telah didapatkan.

#### III.4.1 Pembuatan Model

Model yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan *solidwork*. Pembuatan model terdiri dari *lashing bars* dan *turnbuckle*. *Turnbuckle* tersebut menggunakan jenis jaw and jaw. Dalam pembuatan model *turnbuckle*, terbagi dalam 4part model yaitu jaw, body, baut dan mur. Hasil dari pembuatan model dapat dilihat di gambar III.5.



**Gambar III. 6 Model *Turnbuckle* (a) Body (b) jaw (c) Baut (d) Mur**

Dari gambar diatas, pembuatan model terdiri masing-masing 3 ukuran. Ukuran-ukuran tersebut terdapat pada bagian III.3. Pengumpulan data. Selain dari *turnbuckle*, model yang lainnya yaitu *lashing bars*. Hasil dari pembuatan model dapat dilihat pada gambar III.6

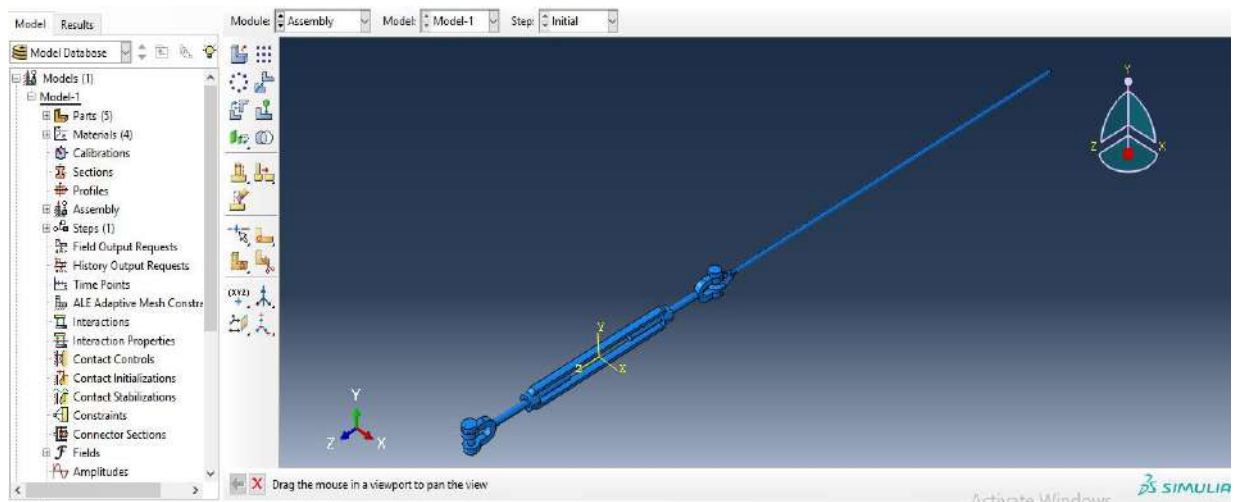


**Gambar III. 7 Lashing bars**

Pembuatan model pada solidwork file akan di export dalam bentuk (.step) yang akan baca oleh assembly oleh software abaqus.

### III.4.2 Assembly Model

Proses penggabungan dilakukan secara bertahap. Part yang telah dimodelkan sebelumnya akan digabungkan pada abaqus. Hasil dari penggabungan setiap part *turnbuckle* dan *lashing bars* dapat dilihat pada Gambar III. 8



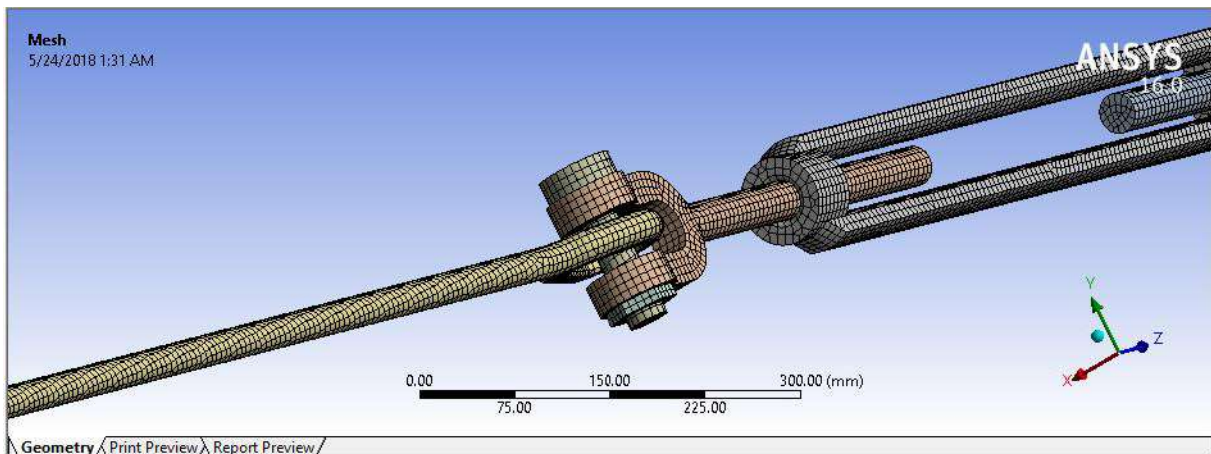
**Gambar III. 8 Lashing**

Pada gambar tersebut model hanya dilakukan penggabungan, tidak diinput jenis material. Penggabungan model menggunakan *coincident point*, *coaxial* dan *face to face*. *Coincident point* merupakan penggabungan yang dilakukan dari titik ke titik berbeda halnya dengan *coaxial* dan *face to face* yang penggabungannya dilakukan dengan area luasan, tetapi *coaxial* dilakukan terhadap silinder. Pada bagian *turnbuckle*, penggabungan antara *jaw* dan

body menggunakan *point to point*. Point yang terdapat pada jaw dilakukan di tengah-tengah karena saat kondisi tersebut *lashing* telah dianggap ketat. Bagian lain yang menggunakan *point to point* yaitu antara *lashing bars* dengan *turnbuckle*. *Face to face* dilakukan pada baut terhadap jaw, dan mur terhadap baut. Selain dari *face to face* penggabungan part ini dilakukan dengan *coaxial*. Hal ini dilakukan agar setiap part memiliki hubungan yang saling terkait.

### III.4.3 Meshing

Proses ini dilakukan pada model dengan membagi model tersebut menjadi bagian-bagian terkecil. Ukuran elemen yang digunakan semakin kecil semakin baik. Percobaan pada *lashing* menggunakan *method hex dominant*. Hasil dari meshing dapat dilihat pada gambar III.8



Gambar III. 9 Meshing

Dari gambar tersebut, selanjutnya diinput muatan setelah meshing menggunakan muatan sementara agar didapatkan nilai tegangan dan mendapatkan *outputan* ukuran elemen meshing yang paling baik. Hal ini akan dilakukan pada bagian III.4.4.

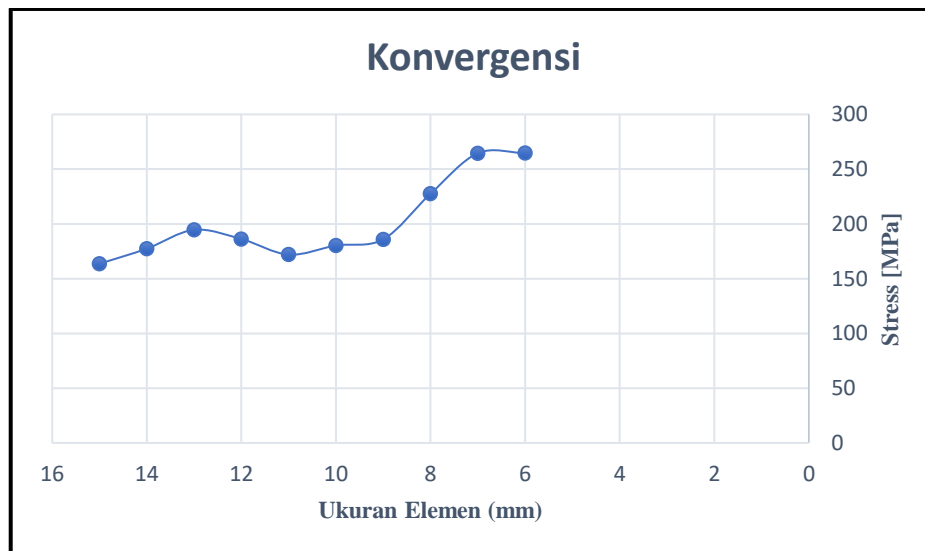
### III.4.4 Konvergensi

Pada penelitian ini, konvergensi dilakukan dengan permodelan *lashing* antara *turnbuckle* dan *lashing rod* pengujian dari ukuran elemen 15 mm hingga 5 mm pada model sebenarnya. Pengujian dilakukan untuk menemukan tegangan pada *lashing* tersebut yang divariasikan dengan sudut oleng kapal yang berbeda-beda. Penggunaan model pada proses konvergensi ini dilakukan dengan mempertimbangkan kemampuan spesifikasi komputer yang ada sehingga proses *meshing* dapat berjalan dengan lancar. Hasil dari konvergensi dapat dilihat pada tabel III.4

**Tabel III. 4 Hasil Konvergensi**

No	Ukuran Elemen (mm)	Nodes	Jumlah elemen	Stress [MPa]
1	15	65804	16682	163.61
2	14	85845	23688	177.4
3	13	102854	28594	194.56
4	12	115112	30681	186.19
5	11	163093	46085	171.98
6	10	189109	49354	180.28
7	9	254603	71786	185.91
8	8	373380	100948	227.54
9	7	522478	148517	264.54
10	6	758847	206684	264.66

Dari tabel diatas dapat disimpulkan bahwa permodelan terjadi konvergen saat ukuran elemen 7 dikarenakan pada elemen yang berukuran 7 mm tegangan yang dihasilkan sudah mulai konstan yang dapat dilihat pada



**Gambar II. 7 Konvergensi Model**

Dari Gambar II. 7 terlihat elemen mulai konstan pada elemen 7 dan elemen yang digunakan untuk menentukan tegangan yaitu elemen berukuran 7. Dari hasil konvergen tersebut, ukuran elemen digunakan untuk setiap variasi *turnbuckle*.

#### III.4.4 Variasi

Analisis yang dilakukan yaitu dengan memvalidasi hasil running di software ansys terhadap nilai yang diperoleh dari perhitungan persamaan. Nilai tegangan yang akan dihitung



berdasarkan beberapa variasi diantaranya variasi *turnbuckle* dan variasi kapal miring. Variasi *turnbuckle* terbagi kepada putaran sudut *turnbuckle* dan ukuran *turnbuckle*.

Putaran *turnbuckle* dalam Variasi ini dilakukan dengan ukuran *turnbuckle* yang berbeda-beda. Putaran *turnbuckle* untuk mencari batasan putaran agar dapat menahan saat kapal miring dan tidak dapat merusak material saat terjadi kemiringan kapal. Perhitungan penambahan Panjang mengacu pada persamaan II.3, dan akan dibahas pada tabel III.6 Variasi selanjutnya yaitu ukuran *turnbuckle* yang dapat dilihat pada tabel III.2. Variasi lainnya yaitu saat keadaan kapal *even keel* dan keadaan kapal saat mengalami kemiringan. Kemiringan kapal dihitung dari sudut 10°, 20°, 30° dan 40°.

### III.4.4 Load

#### 1. Pertambahan Panjang

Setelah mendapatkan nilai konvergen, maka setiap variasi akan dilakukan pembebanan. Nilai pembebanan dilakukan secara manual dengan konsep fisika dasar benda miring yang kemudian nilai gaya tersebut digunakan saat running model di ansys. Nilai pembeban awal didapatkan dari bagian II.I tentang regangan. Nilai-nilai yang diketahui terlebih dahulu yaitu diameter jaw dan kemudian akan dibandingkan dengan baut perbandingan agar didapatkan nilai *pitch* pada ulir jaw tersebut.

$$\frac{\text{Diameter Baut}}{\text{Diameter Jaw}} = \frac{\text{Pitch Baut}}{\text{Pitch Jaw}}$$

$$\text{Pitch Jaw} = \text{Pitch Baut} \frac{\text{Diameter Baut}}{\text{Diameter Jaw}} \tag{III.1}$$

Dari persamaan diatas didapatkan hasil pitch setiap ukuran variasi *turnbuckle* pada tabel III.5

**Tabel III. 5 Pitch Turnbuckle**

<i>Turnbuckle</i>	Diameter	Baut Perbandingan		Pitch <i>Turnbuckle</i>
		Diameter	Pitch	
Kecil	25.4	5	1	5.08
Sedang	31.75	5	1	6.35
Besar	44.45	5	1	8.89

Dari hasil tersebut, selanjutnya akan didapatkan nilai penambahan Panjang *lashing* dari putaran body terhadap jaw dengan sudut putaran per 360. Sudut yang digunakan yaitu sudut sudut istimewa.

**Tabel III. 6 Pertambahan Panjang *Lashing bars***

Putaran ( $\beta$ )	$\Delta$ (mm)
<b>Turnbuckle Kecil</b>	
30	0.423
60	0.847
<b>Turnbuckle Sedang</b>	
30	0.529
60	1.058
<b>Turnbuckle Besar</b>	
30	0.741
60	1.482

Tabel III.6 merupakan hasil perhitungan dari persamaan III.3. Dari pertambahan yang didapatkan kemudian dapat dihitung tegangan dengan cara hasil dari tabel III.3 dikalikan dengan modulus penampang *lashing bars* sebesar 190 GPa.

## 2. Gaya Awal Pada *Lashing*

Pembebanan awal didapatkan dari kekuatan yang telah ditetapkan pada rules. Gaya awal pada *lashing* memiliki nilai sama pada setiap *turnbuckle*. Perbedaan akan terjadi saat adanya gaya pertambahan putaran pada *lashing* saat sudah mencapai gaya awal. Gaya awal senilai 230 kN terjadi saat putaran *turnbuckle* yang berbeda-beda. Nilai tersebut dapat dilihat pada Tabel IV. 7

**Tabel III. 7 Hasil Putaran Turnbuckle**

<i>Turnbuckle</i>	Putaran <i>Turnbuckle</i> ( $\beta$ )
Kecil	398.45
Sedang	318.76
Besar	227.69

Pada Tabel III. 7 menunjukkan putaran *turnbuckle* untuk mencapai nilai minimum sebesar 230 kN. Nilai tersebut selanjutnya terdapat penambahan putaran agar didapatkan nilai maksimum yang bertujuan untuk mengetahui tegangan memenuhi dari tegangan ijin yang terjadi saat kapal miring. Tegangan saat kemiringan kapal dihitung hingga sudut 40° menurut Kobylnski (2005) untuk kapal yang panjangnya dibawah 100 meter.

### **III.5. Analisis Tegangan**

Perhitungan tegangan yaitu dengan running hasil model yang telah sesuai dengan penginputan dari pembebanan yang ada. Tegangan *lashing* tersebut memiliki beberapa hasil diantaranya

1. Tegangan turnbucke kecil, sedang dan besar.
2. Tegangan *even keel* dan saat kapal miring
3. Tegangan akibat putaran *Turnbuckle*

Halaman ini sengaja dikosongkan

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **IV.1 Pendahuluan**

Tegangan *lashing* didapatkan dari beban yang diberikan akibat berat container dan kenaikan setiap putaran *turnbuckle*. Penelitian yang dilakukan pada ansys menghasilkan tegangan pada *lashing bars*. Tegangan *lashing bars* divalidasikan terhadap perhitungan manual. Putaran dari variasi *turnbuckle* berbeda-beda untuk mencapai kekuatan awal. Nilai tegangan yang diperoleh saat kekuatan awal sebesar 230000 N pada setiap variasi *turnbuckle*, yang kemudian terdapat kenaikan tegangan akibat putaran dari *turnbuckle*. Pada bab ini membahas dan menampilkan dari hasil penelitian yang divariasikan menjadi beberapa bagian, diantaranya:

1. Tegangan *lashing* kondisi kapal even keel ( $0^\circ$ )
2. Tegangan *lashing* kondisi kapal oleng  $10^\circ$
3. Tegangan *lashing* kondisi kapal oleng  $20^\circ$
4. Tegangan *lashing* kondisi kapal oleng  $30^\circ$
5. Tegangan *lashing* kondisi kapal oleng  $40^\circ$

Gambar berisi grafik tegangan terhadap putaran sudut *turnbuckle* yang titik absis dari grafik tegangan pada kordinat y dan putaran sudut *turnbuckle* pada kordinat x. Batas nilai tegangan merupakan tegangan ijin dari material *lashing bars* sebesar 771.43 MPa.

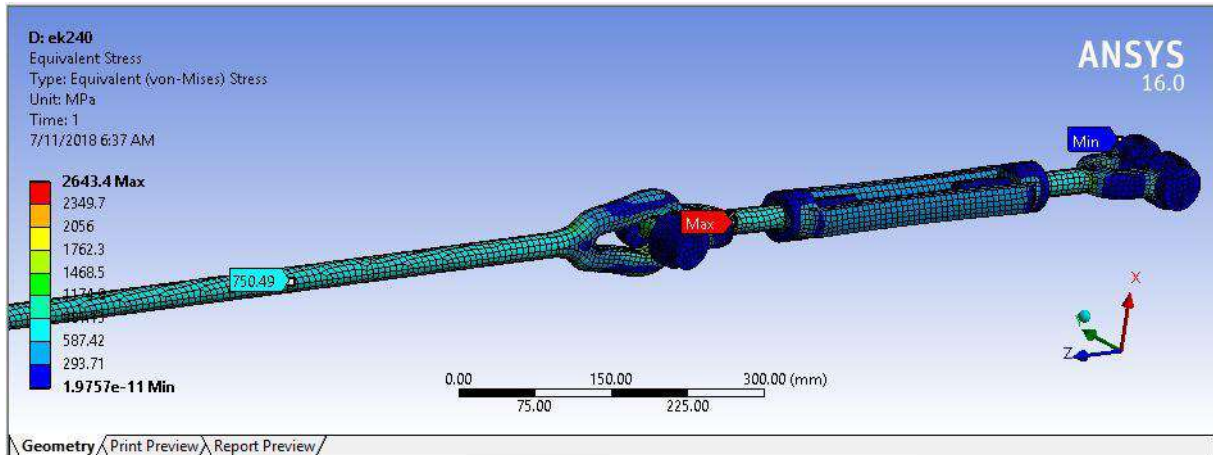
#### **IV.2 Tegangan *lashing* kondisi kapal even keel ( $0^\circ$ )**

Tegangan *lashing* kondisi kapal even keel yaitu hasil yang didapatkan tegangan *lashing* saat terjadi penambahan putaran *turnbuckle*. Penambahan *turnbuckle* yaitu pada kelipatan  $60^\circ$  dan maksimal saat putaran  $300^\circ$ . Perbedaan putaran akibat perbedaan pitch dari variasi *turnbuckle* menghasilkan tegangan *lashing* berbeda pada putaran yang sama. Perhitungan tegangan *lashing* terdapat pada *turnbuckle* kecil, *turnbuckle* sedang, dan *turnbuckle* besar.

##### **IV.2.1 Turnbuckle Kecil**

Kekuatan awal *lashing turnbuckle* kecil terjadi saat putaran *turnbuckle*  **$398.45^\circ$**  sebesar 230000 N. Dari kekuatan awal terjadi penambahan putaran hingga  $300^\circ$  pada *turnbuckle* kecil.

Putaran akan mencapai batasan ijin saat putaran *turnbuckle* ke 240° dengan nilai tegangan sebesar 750.49 MPa. Hasil tersebut dapat dilihat pada Gambar IV. 1



**Gambar IV. 1 Turnbuckle Kecil Putaran 240°**

Pada Gambar IV. 1 nilai tegangan pada *lashing* yang terletak di pertengahan *lashing bars*. Gambar yang ditampilkan merupakan hasil dari tegangan pada saat dibawah tegangan ijin. Jika putaran *turnbuckle* ditambahkan sebesar 60° akan melebihi nilai tegangan ijin. Hasil tegangan dari setiap penambahan putaran *turnbuckle* dapat dilihat pada Tabel IV. 1.

**Tabel IV. 1 Hasil Tegangan Lashing Variasi Turnbuckle Kecil**

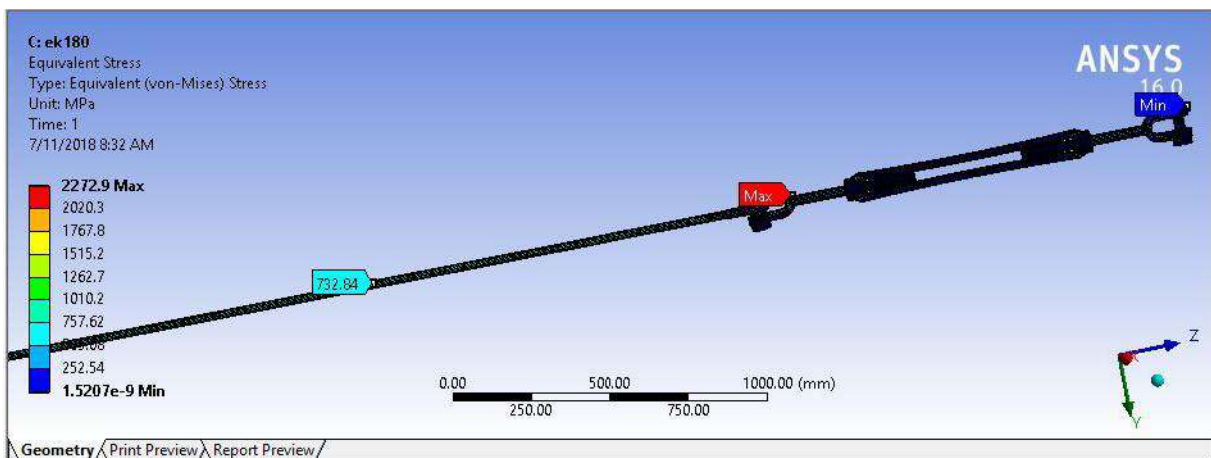
Sudut ( $\alpha$ )	Beban [N]	Tegangan [MPa]
0	230000	468.66
60	264633.88	539.25
120	299267.75	609.82
180	333901.63	680.24
240	368535.51	750.49
300	403169.39	820.86

Pada Tabel IV. 1 merupakan hasil tegangan *lashing* dari variasi pada *turnbuckle* kecil. Tegangan putaran yang terdapat warna kuning merupakan batas dari tegangan ijin sesuai *Germanischer Lloyd* dengan menetapkan *safety faktor* sebesar 1.4 dari *ultimate* material 1080 MPa dan didapatkan tegangan ijin sebesar 771.43 MPa. Pada *turnbuckle* kecil saat kapal even keel disarankan agar putaran *turnbuckle* saat terjadi penambahan hanya sampai putaran 240° dengan nilai tegangan 750.49 MPa. Perhitungan saat *even keel* belum dipengaruhi oleh berat container dan perhitungan akan berpengaruh saat kapal mengalami kemiringan, dengan

terjadinya kemiringan maka akan terjadi penambahan beban yang diakibatkan oleh konteiner. Sehingga putaran harus disesuaikan agar dapat memenuhi kemiringan kapal hingga saat sudut 40°.

#### IV.2.1 Turnbuckle Sedang

Kekuatan awal *lashing turnbuckle* sedang terjadi saat putaran *turnbuckle* **318.76°** sebesar 230000 N. Dari kekuatan awal terjadi penambahan putaran hingga 300° pada *turnbuckle* sedang. Putaran akan mencapai batasan ijin saat putaran *turnbuckle* ke 180° dengan nilai tegangan sebesar 732.84 MPa. Hasil tersebut dapat dilihat pada Gambar IV. 1 Gambar IV. 2



**Gambar IV. 2 Turnbuckle Sedang Putaran 180°**

Pada Gambar IV. 2 nilai tegangan pada *lashing* yang terletak di pertengahan *lashing bars*. Gambar yang ditampilkan merupakan hasil dari tegangan pada saat dibawah tegangan ijin. Jika putaran *turnbuckle* ditambahkan sebesar 60° akan melebihi nilai tegangan ijin. Hasil tegangan dari setiap penambahan putaran *turnbuckle* dapat dilihat pada Tabel IV. 1.

**Tabel IV. 2 Hasil Tegangan Lashing Variasi Turnbuckle Sedang**

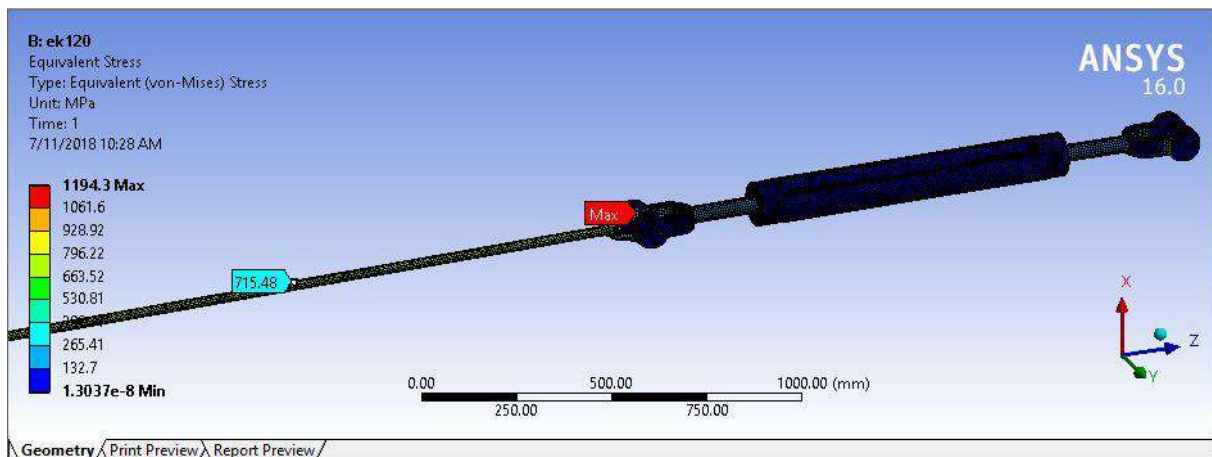
Sudut ( $\alpha$ )	Beban [N]	Tegangan [MPa]
0	230000	468.66
60	273292.35	556.82
120	316584.69	644.88
180	359877.04	732.84
240	403169.39	821.36
300	446461.73	909.39

Pada Tabel IV. 2 merupakan hasil tegangan *lashing* dari variasi pada *turnbuckle* kecil.

Tegangan putaran yang terdapat warna kuning merupakan batas dari tegangan ijin sesuai *Germanischer Lloyd* dengan menetapkan *safety faktor* sebesar 1.4 dari *ultimate material* 1080 MPa dan didapatkan tegangan ijin sebesar 771.43 MPa. Pada *turnbuckle* sedang saat kapal *even keel* disarankan agar putaran *turnbuckle* saat terjadi penambahan hanya sampai putaran 180° dengan nilai tegangan 732.84 MPa. Perhitungan saat *even keel* belum dipengaruhi oleh berat container dan perhitungan akan berpengaruh saat kapal mengalami kemiringan, dengan terjadinya kemiringan maka akan terjadi penambahan beban yang diakibatkan oleh container. Sehingga putaran harus disesuaikan agar dapat memenuhi kemiringan kapal hingga saat sudut 40°.

#### IV.2.1 Turnbuckle Besar

Kekuatan awal *lashing turnbuckle* besar terjadi saat putaran *turnbuckle* 227.69° sebesar 230000 N. Dari kekuatan awal terjadi penambahan putaran hingga 300° pada *turnbuckle* besar. Putaran akan mencapai batasan ijin saat putaran *turnbuckle* ke 180° dengan nilai tegangan sebesar 715.48 MPa. Hasil tersebut dapat dilihat pada Gambar IV. 1 Gambar IV. 3



Gambar IV. 3 Turnbuckle Besar Putaran 120°

Pada Gambar IV. 3 nilai tegangan pada *lashing* yang terletak di pertengahan *lashing bars*. Gambar yang ditampilkan merupakan hasil dari tegangan pada saat dibawah tegangan ijin. Jika putaran *turnbuckle* ditambahkan sebesar 60° akan melebihi nilai tegangan ijin. Hasil tegangan dari setiap penambahan putaran *turnbuckle* dapat dilihat pada Tabel IV. 3.

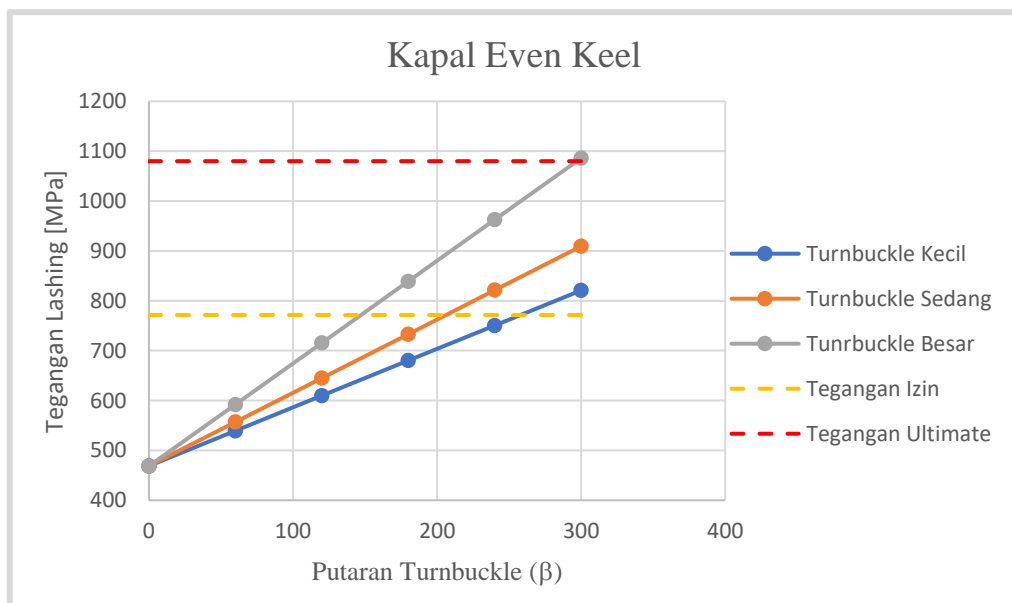


**Tabel IV. 3 Hasil Tegangan *Lashing* Variasi *Turnbuckle* Besar**

Sudut ( $\alpha$ )	Beban [N]	Tegangan [MPa]
0	230000	468.66
60	290609.29	592.03
120	351218.57	715.48
180	411827.86	839.17
240	472437.14	962.73
300	533046.43	1086.1

Pada Tabel IV. 3 merupakan hasil tegangan *lashing* dari variasi pada *turnbuckle* kecil. Tegangan putaran yang terdapat warna kuning merupakan batas dari tegangan ijin sesuai *Germanischer Lloyd* dengan menetapkan *safety faktor* 1.4 dari *ultimate* material 1080 MPa dan didapatkan tegangan ijin sebesar 771.43 MPa. Sedangkan tegangan yang berwarna merah merupakan tegangan *ultimate* dari material. Pada *turnbuckle* besar saat kapal *even keel* disarankan agar putaran *turnbuckle* saat terjadi penambahan hanya sampai putaran 120° dengan nilai tegangan 715.48 MPa. Perhitungan saat *even keel* belum dipengaruhi oleh berat container dan perhitungan akan berpengaruh saat kapal mengalami kemiringan, dengan terjadinya kemiringan maka akan terjadi penambahan beban yang diakibatkan oleh kontainer. Sehingga putaran harus disesuaikan agar dapat memenuhi kemiringan kapal hingga saat sudut 40°.

Dari variasi ukuran *turnbuckle* kecil, sedang, dan besar saat terjadinya penambahan putaran didapatkan hasil berbeda yang dapat dilihat pada Gambar IV. 4.



**Gambar IV. 4 Hasil Tegangan *Lashing* Kondisi Kapal Even Keel**

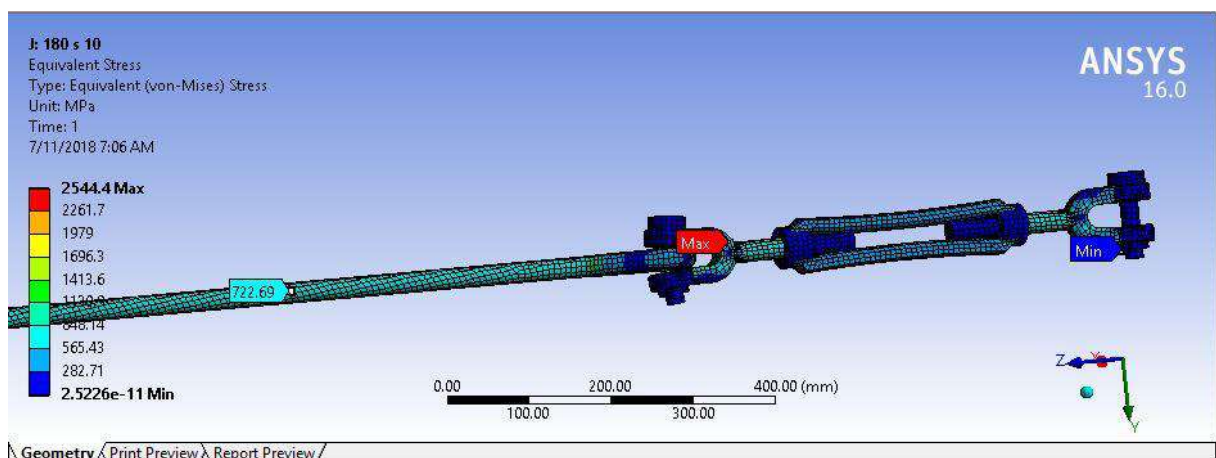
Pada Gambar IV. 4 tegangan *lashing* yang paling besar terjadi akibat variasi putaran *turnbuckle* besar dibandingkan dengan variasi *turnbuckle* kecil dan sedang. Hal ini dikarenakan nilai satu putaran *turnbuckle* besar lebih besar dibandingkan dengan yang kecil. Pada sudut 300° ketiga jenis *turnbuckle* putaran yang dihasilkan melebihi tegangan ijin sebesar 771.43 MPa.

### IV.3 Tegangan *Lashing* Kondisi Kapal Miring 10°

Tegangan *lashing* kondisi kapal miring 10° yaitu hasil yang didapatkan tegangan *lashing* saat terjadi penambahan putaran *turnbuckle* dengan kemiringan kapal 10°. Pada keadaan miring nilai tegangan *lashing* lebih besar dibandingkan saat even keel diakibatkan terdapatnya pengaruh dari berat kontainer. Penambahan *turnbuckle* yaitu pada kelipatan 60° dan maksimal saat putaran 300°. Perbedaan putaran akibat perbedaan pitch dari variasi *turnbuckle* menghasilkan tegangan *lashing* berbeda pada putaran yang sama. Perhitungan tegangan *lashing* terdapat pada *turnbuckle* kecil, *turnbuckle* sedang, dan *turnbuckle* besar.

#### IV.3.1 *Turnbuckle* Kecil

Kekuatan awal *lashing turnbuckle* kecil terjadi saat putaran *turnbuckle* 398.45° sebesar 230000 N. Dari kekuatan awal terjadi penambahan putaran hingga 300° pada *turnbuckle* kecil. Saat kapal mengalami kemiringan putaran akan mencapai batasan ijin pada putaran 180° yang lebih rendah dibandingkan saat *even keel* dengan nilai tegangan sebesar 722.69 MPa. Hasil tersebut dapat dilihat pada Gambar IV. 5



Gambar IV. 5 *Turnbuckle* Kecil Putaran 180°

Pada Gambar IV. 5 nilai tegangan pada *lashing* yang terletak di pertengahan *lashing bars*. Gambar yang ditampilkan merupakan hasil dari tegangan pada saat dibawah tegangan ijin. Jika putaran *turnbuckle* ditambahkan sebesar 60° akan melebihi nilai tegangan ijin. Hasil tegangan dari setiap penambahan putaran *turnbuckle* dapat dilihat pada Tabel IV. 4

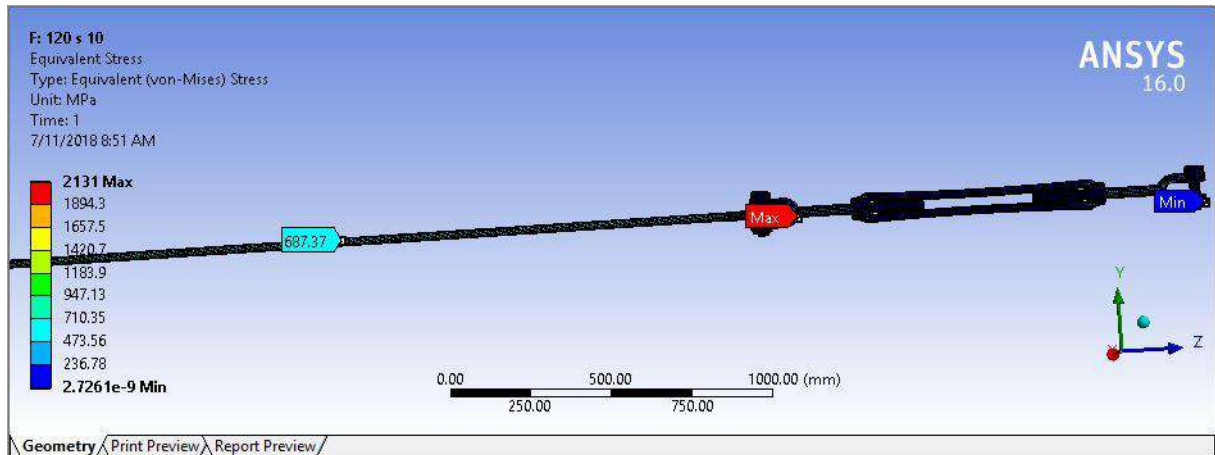
**Tabel IV. 4 Hasil Tegangan *Lashing* Variasi *Turnbuckle* Kecil**

Sudut ( $\alpha$ )	Beban [N]	Tegangan [MPa]
0	230000	468.66
60	285471.66	581.36
120	320105.54	652.14
180	354739.41	722.69
240	389373.29	792.47
300	424007.17	863.65

Pada Tabel IV. 4 merupakan hasil tegangan *lashing* dari variasi pada *turnbuckle* kecil. Tegangan putaran yang terdapat warna kuning merupakan batas dari tegangan ijin sesuai *Germanischer Lloyd* dengan menetapkan *safety faktor* sebesar 1.4 dari *ultimate* material 1080 MPa dan didapatkan tegangan ijin sebesar 771.43 MPa. Pada *turnbuckle* kecil saat kapal miring 10° disarankan agar putaran *turnbuckle* saat terjadi penambahan hanya sampai putaran 180° dengan nilai tegangan 722.69 MPa. Perhitungan saat kondisi kapal miring 10° telah dipengaruhi oleh berat kontainer, dengan terjadinya kemiringan maka akan terjadi penambahan beban yang diakibatkan oleh konteiner. Sehingga saat kapal miring 10° pada saat kondisi even keel putaran dapat diputar hingga 180°.

#### **IV.3.2 *Turnbuckle* Sedang**

Kekuatan awal *lashing turnbuckle* sedang terjadi saat putaran *turnbuckle* **318.76°** sebesar 230000 N. Dari kekuatan awal terjadi penambahan putaran hingga 300° pada *turnbuckle* sedang. Saat kapal mengalami kemiringan putaran akan mencapai batasan ijin pada putaran 120° yang lebih rendah dibandingkan saat *even keel* dengan nilai tegangan sebesar 687.37 MPa. Hasil tersebut dapat dilihat pada Gambar IV. 6



**Gambar IV. 6 Turnbuckle Sedang Putaran 120°**

Pada Gambar IV. 6 nilai tegangan pada *lashing* yang terletak di pertengahan *lashing bars*. Gambar yang ditampilkan merupakan hasil dari tegangan pada saat dibawah tegangan ijin. Jika putaran *turnbuckle* ditambahkan sebesar 60° akan melebihi nilai tegangan ijin. Hasil tegangan dari setiap penambahan putaran *turnbuckle* dapat dilihat pada Tabel IV. 5

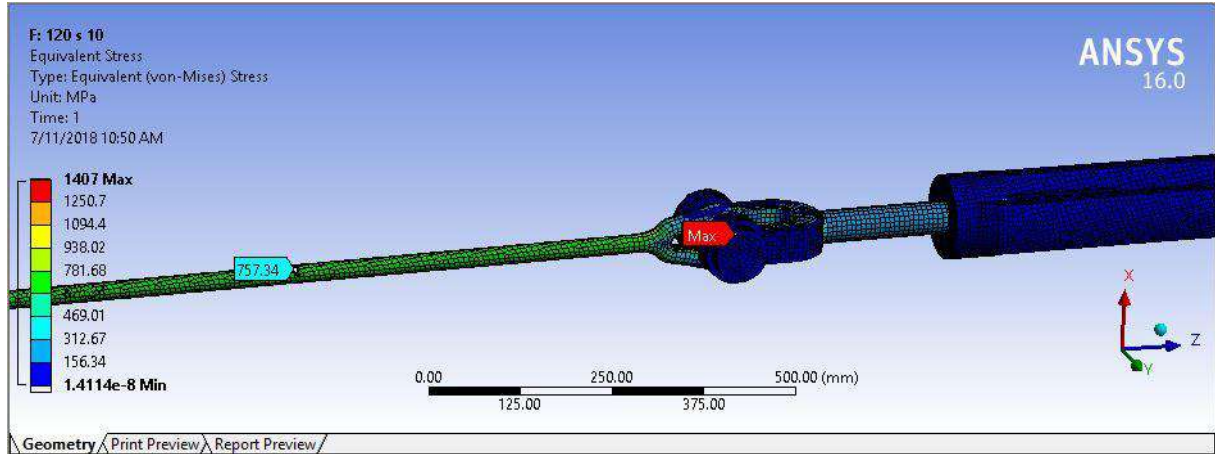
**Tabel IV. 5 Hasil Tegangan Lashing Variasi Turnbuckle Sedang**

Sudut ( $\alpha$ )	Beban [N]	Tegangan [MPa]
0	230000	468.66
60	294130.13	599.14
120	337422.47	687.37
180	380714.82	775.58
240	424007.17	863.82
300	467299.51	951.83

Pada Tabel IV. 5 merupakan hasil tegangan *lashing* dari variasi pada *turnbuckle* sedang. Tegangan putaran yang terdapat warna kuning merupakan batas dari tegangan ijin sesuai *Germanischer Lloyd* dengan menetapkan *safety faktor* sebesar 1.4 dari *ultimate* material 1080 MPa dan didapatkan tegangan ijin sebesar 771.43 MPa. Pada *turnbuckle* sedang saat kapal miring 10° disarankan agar putaran *turnbuckle* saat terjadi penambahan hanya sampai putaran 120° dengan nilai tegangan 687.37 MPa. Perhitungan saat kondisi kapal miring 10° telah dipengaruhi oleh berat kontainer, dengan terjadinya kemiringan maka akan terjadi penambahan beban yang diakibatkan oleh kontainer. Sehingga saat kapal miring 10° pada saat kondisi even keel putaran dapat diputar hingga 120°.

### IV.3.3 Turnbuckle Besar

Kekuatan awal *lashing turnbuckle* besar terjadi saat putaran *turnbuckle* **227.69°** sebesar 230000 N. Dari kekuatan awal terjadi penambahan putaran hingga 300° pada *turnbuckle* sedang. Saat kapal mengalami kemiringan putaran akan mencapai batasan ijin pada putaran 120° yang lebih rendah dibandingkan saat *even keel* dengan nilai tegangan sebesar 757.34 MPa. Hasil tersebut dapat dilihat pada Gambar IV. 7



**Gambar IV. 7 Turnbuckle Besar Putaran 120°**

Pada Gambar IV. 7 nilai tegangan pada *lashing* yang terletak di pertengahan *lashing bars*. Gambar yang ditampilkan merupakan hasil dari tegangan pada saat dibawah tegangan ijin. Jika putaran *turnbuckle* ditambahkan sebesar 60° akan melebihi nilai tegangan ijin. Hasil tegangan dari setiap penambahan putaran *turnbuckle* dapat dilihat pada Tabel IV. 6

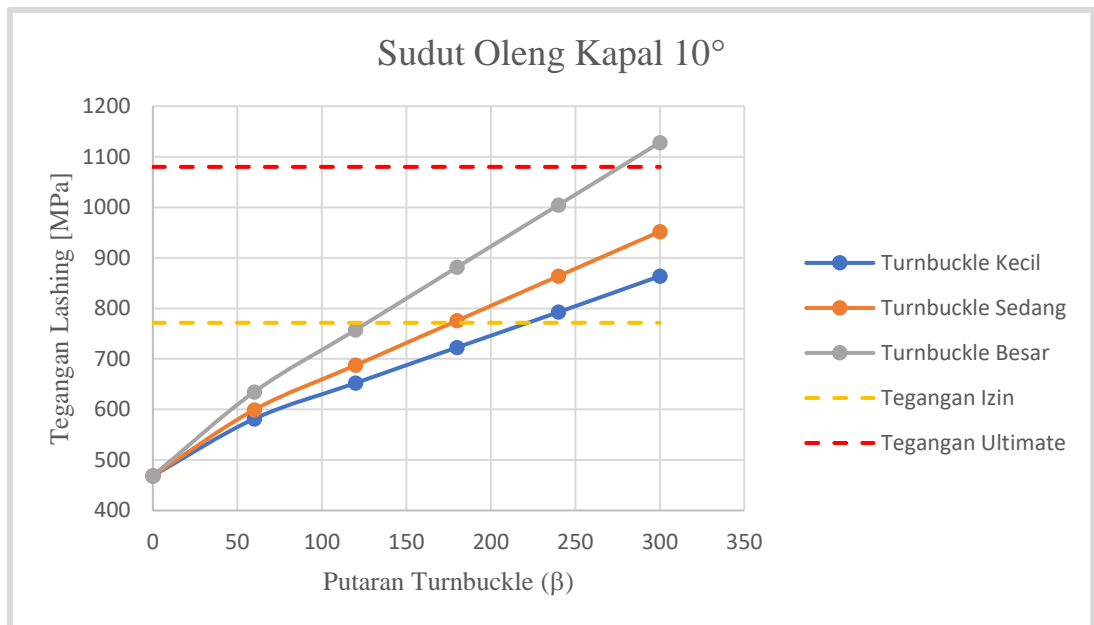
**Tabel IV. 6 Hasil Tegangan Lashing Variasi Turnbuckle Besar**

Sudut ( $\alpha$ )	Beban [N]	Tegangan [MPa]
0	230000	468.66
60	311447.07	634.54
120	372056.35	757.34
180	432665.64	881.4
240	493274.92	1004.5
300	553884.21	1128

Pada Tabel IV. 6 merupakan hasil tegangan *lashing* dari variasi pada *turnbuckle* besar. Tegangan putaran yang terdapat warna kuning merupakan batas dari tegangan ijin sesuai *Germanischer Lloyd* dengan menetapkan *safety faktor* sebesar 1.4 dari *ultimate* material 1080 MPa dan didapatkan tegangan ijin sebesar 771.43 MPa. Sedangkan tegangan yang bewarna

merah merupakan tegangan *ultimate* dari material. Pada *turnbuckle* besar saat kapal miring 10° disarankan agar putaran *turnbuckle* saat terjadi penambahan hanya sampai putaran 120° dengan nilai tegangan 757.34 MPa. Perhitungan saat kondisi kapal miring 10° telah dipengaruhi oleh berat kontainer, dengan terjadinya kemiringan maka akan terjadi penambahan beban yang diakibatkan oleh kontainer. Sehingga saat kapal miring 10° pada saat kondisi even keel putaran dapat diputar hingga 120°.

Dari variasi ukuran *turnbuckle* kecil, *turnbuckle* sedang, dan *turnbuckle* besar saat terjadinya penambahan putaran didapatkan hasil berbeda yang dapat dilihat pada Gambar IV. 8



**Gambar IV. 8 Hasil Tegangan *Lashing* Kondisi Kapal 10°**

Pada Gambar IV. 8 tegangan *lashing* yang paling besar terjadi akibat variasi putaran *turnbuckle* besar dibandingkan dengan variasi *turnbuckle* kecil dan sedang. Hal ini dikarenakan nilai satu putaran *turnbuckle* besar lebih besar dibandingkan dengan yang kecil. Pada sudut diatas 200° ketiga jenis *turnbuckle* putaran yang dihasilkan melebihi tegangan ijin sebesar 771.43 MPa.

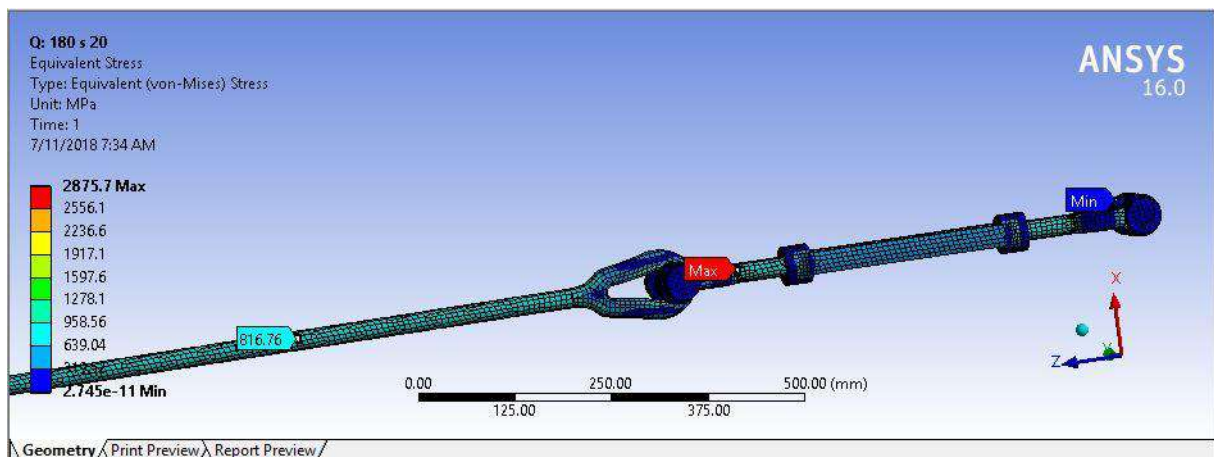
#### IV.4 Tegangan *Lashing* Kondisi Kapal Miring 20°

Tegangan *lashing* kondisi kapal miring 20° yaitu hasil yang didapatkan tegangan *lashing* saat terjadi penambahan putaran *turnbuckle* dengan kemiringan kapal 20°. Pada keadaan miring

nilai tegangan *lashing* lebih besar dibandingkan saat *even keel* diakibatkan terdapatnya pengaruh dari berat kontainer. Penambahan *turnbuckle* yaitu pada kelipatan 60° dan maksimal saat putaran 300°. Perbedaan putaran akibat perbedaan pitch dari variasi *turnbuckle* menghasilkan tegangan *lashing* berbeda pada putaran yang sama. Perhitungan tegangan *lashing* terdapat pada *turnbuckle* kecil, *turnbuckle* sedang, dan *turnbuckle* besar.

#### IV.4.1 Turnbuckle Kecil

Kekuatan awal *lashing turnbuckle* kecil terjadi saat putaran *turnbuckle* 398.45° sebesar 230000 N. Dari kekuatan awal terjadi penambahan putaran hingga 300° pada *turnbuckle* kecil. Saat kapal mengalami kemiringan putaran akan mencapai batasan ijin pada putaran 180° yang lebih rendah dibandingkan saat *even keel* dengan nilai tegangan sebesar 764.16 MPa. Hasil tersebut dapat dilihat pada Gambar IV. 9



Gambar IV. 9 Turnbuckle Kecil Putaran 180°

Pada Gambar IV. 9 nilai tegangan pada *lashing* yang terletak di pertengahan *lashing bars*. Gambar yang ditampilkan merupakan hasil dari tegangan pada saat dibawah tegangan ijin. Jika putaran *turnbuckle* ditambahkan sebesar 60° akan melebihi nilai tegangan ijin. Hasil tegangan dari setiap penambahan putaran *turnbuckle* dapat dilihat pada Tabel IV. 7

Tabel IV. 7 Hasil Tegangan *Lashing* Variasi *Turnbuckle* Kecil

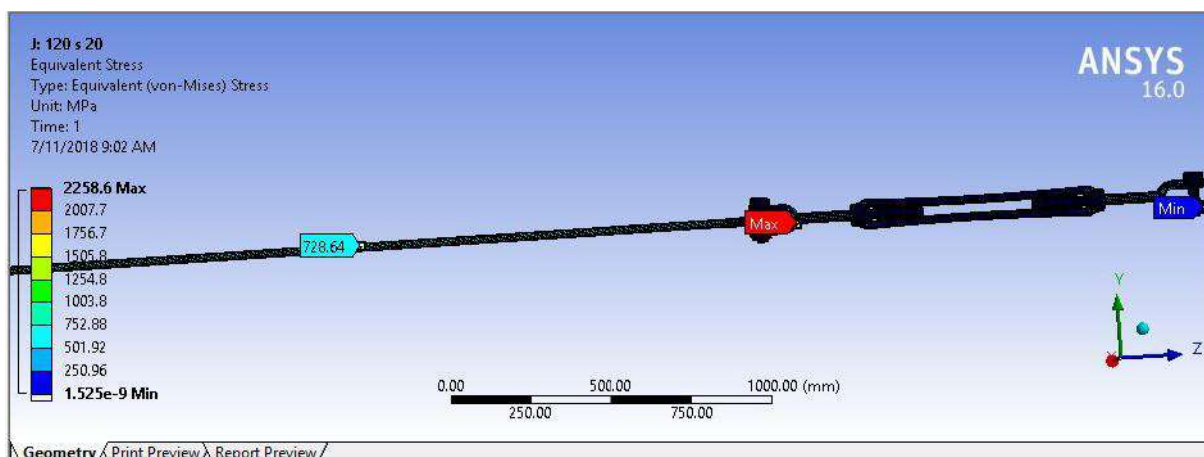
Sudut ( $\alpha$ )	Beban [N]	Tegangan [MPa]
0	230000	468.66
60	305676.29	622.74

Sudut ( $\alpha$ )	Beban [N]	Tegangan [MPa]
120	340310.17	693.28
180	374944.05	764.16
240	409577.93	834.49
300	444211.80	904.29

Pada Tabel IV. 7 merupakan hasil tegangan *lashing* dari variasi pada *turnbuckle* kecil. Tegangan putaran yang terdapat warna kuning merupakan batas dari tegangan ijin sesuai *Germanischer Lloyd* dengan menetapkan *safety faktor* sebesar 1.4 dari *ultimate* material 1080 MPa dan didapatkan tegangan ijin sebesar 771.43 MPa. Pada *turnbuckle* kecil saat kapal miring 20° disarankan agar putaran *turnbuckle* saat terjadi penambahan hanya sampai putaran 180° dengan nilai tegangan 764.16 MPa. Perhitungan saat kondisi kapal miring 20° telah dipengaruhi oleh berat kontainer, dengan terjadinya kemiringan maka akan terjadi penambahan beban yang diakibatkan oleh kontainer. Sehingga saat kapal miring 20° pada saat kondisi *even keel* putaran dapat diputar hingga 180°.

#### IV.4.2 Turnbuckle Sedang

Kekuatan awal *lashing turnbuckle* sedang terjadi saat putaran *turnbuckle* 318.76° sebesar 230000 N. Dari kekuatan awal terjadi penambahan putaran hingga 300° pada *turnbuckle* sedang. Saat kapal mengalami kemiringan putaran akan mencapai batasan ijin pada putaran 120° yang lebih rendah dibandingkan saat *even keel* dengan nilai tegangan sebesar 728.64 MPa. Hasil tersebut dapat dilihat pada Gambar IV. 10



Gambar IV. 10 Turnbuckle Sedang Putaran 120°



Pada Gambar IV. 10 nilai tegangan pada *lashing* yang terletak di pertengahan *lashing bars*. Gambar yang ditampilkan merupakan hasil dari tegangan pada saat dibawah tegangan ijin. Jika putaran *turnbuckle* ditambahkan sebesar 60° akan melebihi nilai tegangan ijin. Hasil tegangan dari setiap penambahan putaran *turnbuckle* dapat dilihat pada Tabel IV. 8

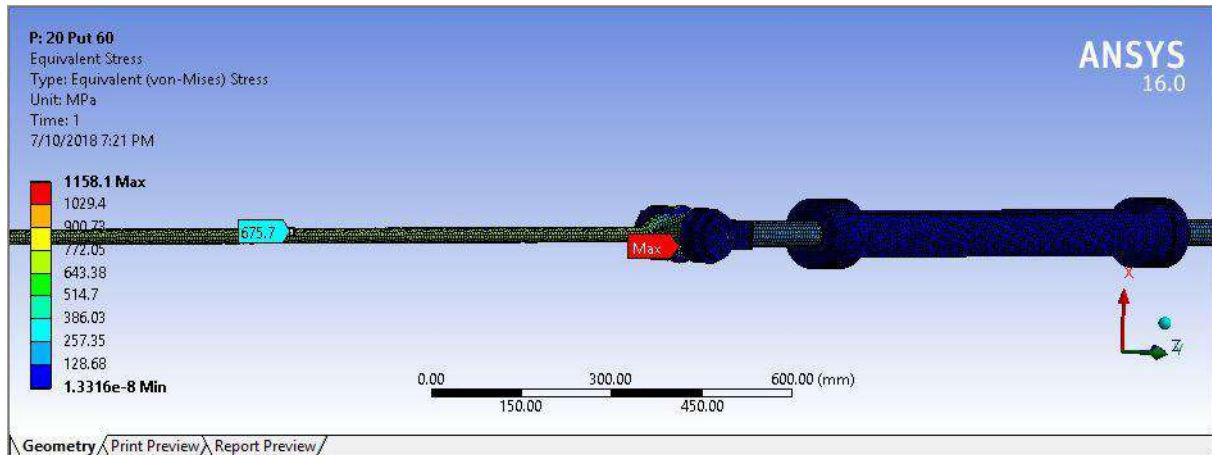
**Tabel IV. 8 Hasil Tegangan *Lashing* Variasi *Turnbuckle* Sedang**

Sudut (a)	Beban [N]	Tegangan [MPa]
0	230000	468.66
60	314334.76	640.34
120	357627.11	728.64
180	400919.46	816.91
240	444211.80	904.98
300	487504.15	993.43

Pada Tabel IV. 8 merupakan hasil tegangan *lashing* dari variasi pada *turnbuckle* sedang. Tegangan putaran yang terdapat warna kuning merupakan batas dari tegangan ijin sesuai *Germanischer Lloyd* dengan menetapkan *safety faktor* sebesar 1.4 dari *ultimate* material 1080 MPa dan didapatkan tegangan ijin sebesar 771.43 MPa. Pada *turnbuckle* sedang saat kapal miring 20° disarankan agar putaran *turnbuckle* saat terjadi penambahan hanya sampai putaran 120° dengan nilai tegangan 728.64 MPa. Perhitungan saat kondisi kapal miring 20° telah dipengaruhi oleh berat kontainer, dengan terjadinya kemiringan maka akan terjadi penambahan beban yang diakibatkan oleh kontainer. Sehingga saat kapal miring 20° pada saat kondisi even keel putaran dapat diputar hingga 120°.

#### **IV.4.3 *Turnbuckle* Besar**

Kekuatan awal *lashing turnbuckle* besar terjadi saat putaran *turnbuckle* **227.69°** sebesar 230000 N. Dari kekuatan awal terjadi penambahan putaran hingga 300° pada *turnbuckle* sedang. Saat kapal mengalami kemiringan putaran akan mencapai batasan ijin pada putaran 60° yang lebih rendah dibandingkan saat *even keel* dengan nilai tegangan sebesar 675.7 MPa. Hasil tersebut dapat dilihat pada Gambar IV. 11



**Gambar IV. 11 Turnbuckle Besar Putaran 60°**

Pada Gambar IV. 11 nilai tegangan pada *lashing* yang terletak di pertengahan *lashing bars*. Gambar yang ditampilkan merupakan hasil dari tegangan pada saat dibawah tegangan ijin. Jika putaran *turnbuckle* ditambahkan sebesar 60° akan melebihi nilai tegangan ijin. Hasil tegangan dari setiap penambahan putaran *turnbuckle* dapat dilihat pada Tabel IV. 9

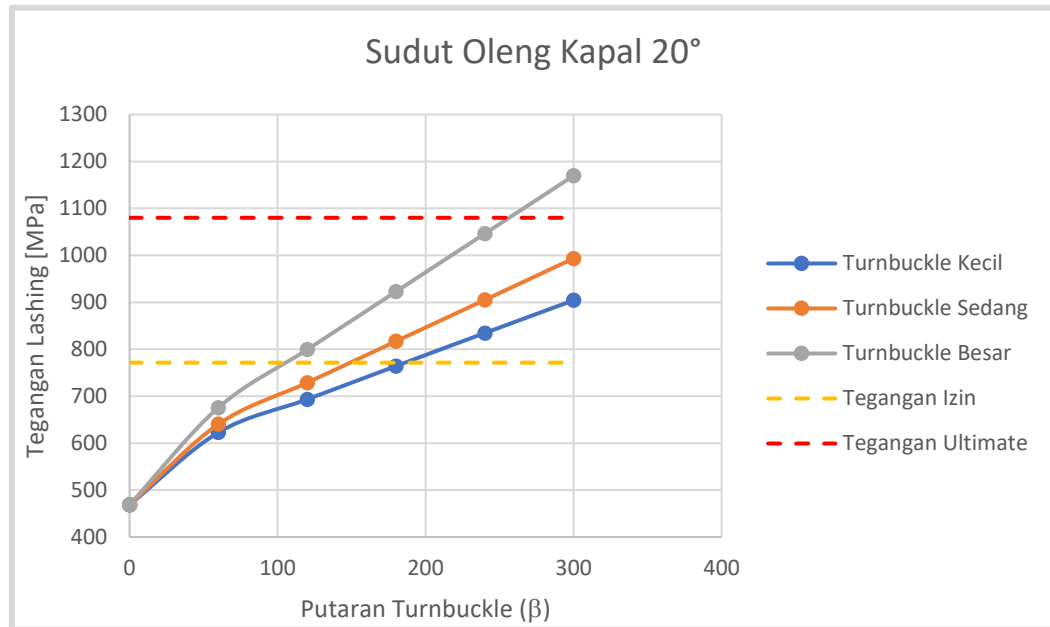
**Tabel IV. 9 Hasil Tegangan *Lashing* Variasi *Turnbuckle* Besar**

Sudut ( $\alpha$ )	Beban [N]	Tegangan [MPa]
0	230000	468.66
60	331651.70	675.7
120	392260.99	799.24
180	452870.27	922.72
240	513479.56	1046.2
300	574088.84	1169.6

Pada Tabel IV. 9 merupakan hasil tegangan *lashing* dari variasi pada *turnbuckle* besar. Tegangan putaran yang terdapat warna kuning merupakan batas dari tegangan ijin sesuai *Germanischer Lloyd* dengan menetapkan *safety faktor* sebesar 1.4 dari *ultimate* material 1080 MPa dan didapatkan tegangan ijin sebesar 771.43 MPa. Sedangkan tegangan yang berwarna merah merupakan tegangan *ultimate* dari material. Pada *turnbuckle* besar saat kapal miring 20° disarankan agar putaran *turnbuckle* saat terjadi penambahan hanya sampai putaran 60° dengan nilai tegangan 675.7 MPa. Perhitungan saat kondisi kapal miring 20° telah dipengaruhi oleh berat kontainer, dengan terjadinya kemiringan maka akan terjadi penambahan beban yang diakibatkan oleh konteiner. Sehingga saat kapal miring 20° pada saat kondisi even keel putaran dapat diputar hingga 60°.

Dari variasi ukuran *turnbuckle* kecil, *turnbuckle* sedang, dan *turnbuckle* besar saat terjadinya penambahan putaran didapatkan hasil berbeda yang dapat dilihat pada Gambar IV.

12



**Gambar IV. 12 Hasil Tegangan *Lashing* Kondisi Kapal 20°**

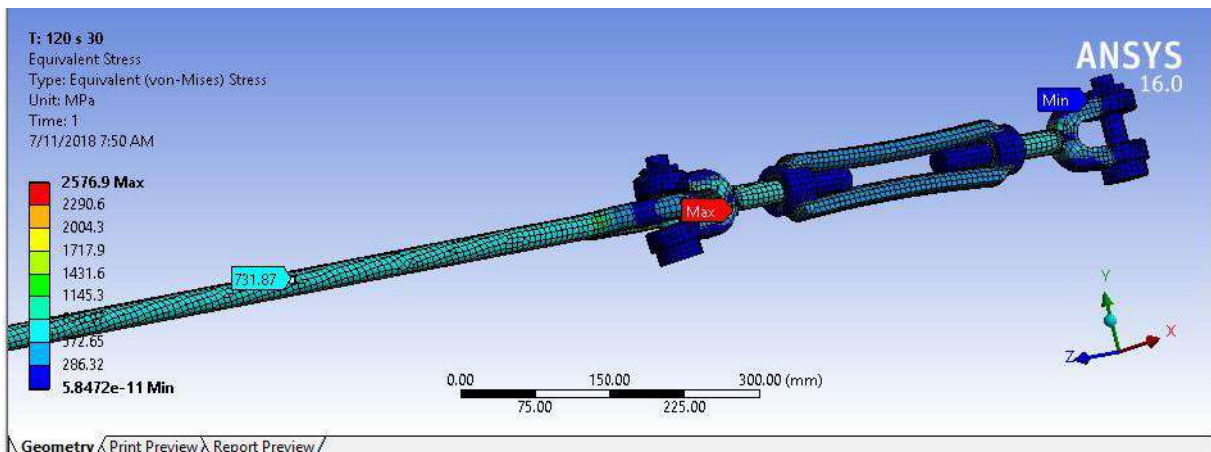
Pada Gambar IV. 12 tegangan *lashing* yang paling besar terjadi akibat variasi putaran *turnbuckle* besar dibandingkan dengan variasi *turnbuckle* kecil dan sedang. Hal ini dikarenakan nilai satu putaran *turnbuckle* besar lebih besar dibandingkan dengan yang kecil. Pada sudut diatas 180° ketiga jenis *turnbuckle* putaran yang dihasilkan melebihi tegangan ijin sebesar 771.43 MPa.

#### **IV.5. Tegangan *Lashing* Kondisi Kapal Miring 30°**

Tegangan *lashing* kondisi kapal miring 30° yaitu hasil yang didapatkan tegangan *lashing* saat terjadi penambahan putaran *turnbuckle* dengan kemiringan kapal 30°. Pada keadaan miring nilai tegangan *lashing* lebih besar dibandingkan saat even keel diakibatkan terdapatnya pengaruh dari berat kontainer. Penambahan *turnbuckle* yaitu pada kelipatan 60° dan maksimal saat putaran 300°. Perbedaan putaran akibat perbedaan pitch dari variasi *turnbuckle* menghasilkan tegangan *lashing* berbeda pada putaran yang sama. Perhitungan tegangan *lashing* terdapat pada *turnbuckle* kecil, *turnbuckle* sedang, dan *turnbuckle* besar.

#### IV.5.1 Turnbuckle Kecil

Kekuatan awal *lashing turnbuckle* kecil terjadi saat putaran *turnbuckle* **398.45°** sebesar 230000 N. Dari kekuatan awal terjadi penambahan putaran hingga 300° pada *turnbuckle* kecil. Saat kapal mengalami kemiringan putaran akan mencapai batasan ijin pada putaran 120° yang lebih rendah dibandingkan saat *even keel* dengan nilai tegangan sebesar 731.87 MPa. Hasil tersebut dapat dilihat pada Gambar IV. 13



**Gambar IV. 13 Turnbuckle Kecil Putaran 120°**

Pada Gambar IV. 13 nilai tegangan pada *lashing* yang terletak di pertengahan *lashing bars*. Gambar yang ditampilkan merupakan hasil dari tegangan pada saat dibawah tegangan ijin. Jika putaran *turnbuckle* ditambahkan sebesar 60° akan melebihi nilai tegangan ijin. Hasil tegangan dari setiap penambahan putaran *turnbuckle* dapat dilihat pada Tabel IV. 10

**Tabel IV. 10 Hasil Tegangan Lashing Variasi Turnbuckle Kecil**

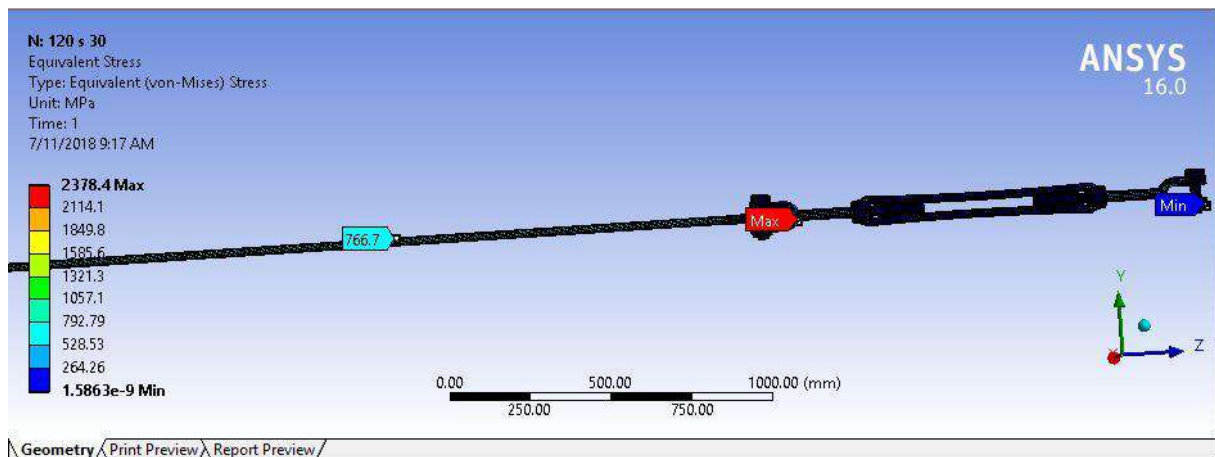
Sudut (a)	Beban [N]	Tegangan [MPa]
0	230000	468.66
60	324633.88	661.15
120	359267.75	731.87
180	393901.63	802.53
240	428535.51	873.09
300	463169.39	943.57

Pada Tabel IV. 10 merupakan hasil tegangan *lashing* dari variasi pada *turnbuckle* kecil. Tegangan putaran yang terdapat warna kuning merupakan batas dari tegangan ijin sesuai

*Germanischer Lloyd* dengan menetapkan *safety faktor* sebesar 1.4 dari *ultimate* material 1080 MPa dan didapatkan tegangan ijin sebesar 771.43 MPa. Pada *turnbuckle* kecil saat kapal miring 30° disarankan agar putaran *turnbuckle* saat terjadi penambahan hanya sampai putaran 120° dengan nilai tegangan 731.87 MPa. Perhitungan saat kondisi kapal miring 30° telah dipengaruhi oleh berat kontainer, dengan terjadinya kemiringan maka akan terjadi penambahan beban yang diakibatkan oleh konteiner. Sehingga saat kapal miring 30° pada saat kondisi even keel putaran dapat diputar hingga 120°.

#### IV.5.2 Turnbuckle Sedang

Kekuatan awal *lashing turnbuckle* sedang terjadi saat putaran *turnbuckle* 318.76° sebesar 230000 N. Dari kekuatan awal terjadi penambahan putaran hingga 300° pada *turnbuckle* sedang. Saat kapal mengalami kemiringan putaran akan mencapai batasan ijin pada putaran 120° yang lebih rendah dibandingkan saat *even keel* dengan nilai tegangan sebesar 766.7 MPa. Hasil tersebut dapat dilihat pada Gambar IV. 14 *Turnbuckle* Sedang Putaran 120°



**Gambar IV. 14 Turnbuckle Sedang Putaran 120°**

Pada Gambar IV. 14 nilai tegangan pada *lashing* yang terletak di pertengahan *lashing bars*. Gambar yang ditampilkan merupakan hasil dari tegangan pada saat dibawah tegangan ijin. Jika putaran *turnbuckle* ditambahkan sebesar 60° akan melebihi nilai tegangan ijin. Hasil tegangan dari setiap penambahan putaran *turnbuckle* dapat dilihat pada Tabel IV. 8

**Tabel IV. 11 Hasil Tegangan Lashing Variasi Turnbuckle Sedang**

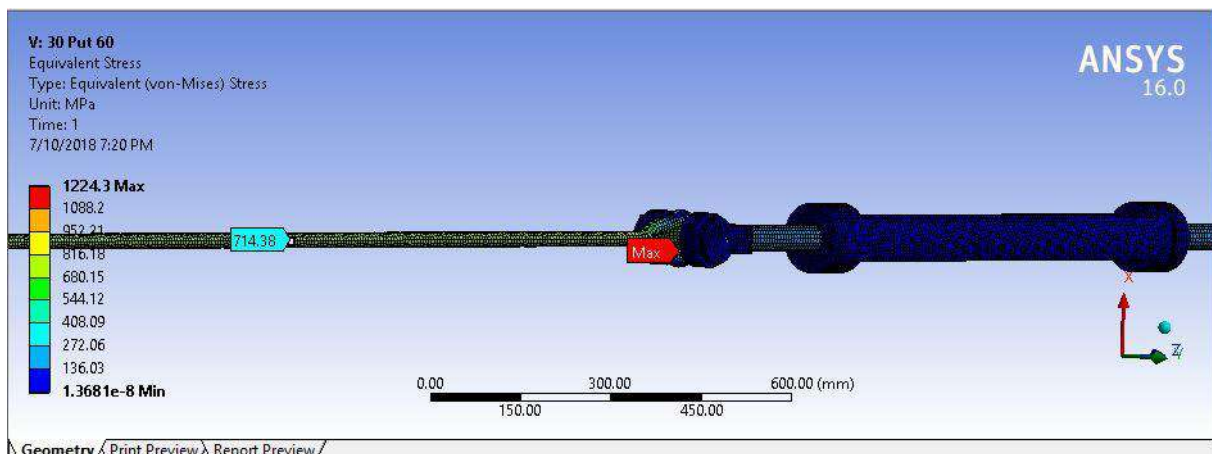
Sudut (a)	Beban [N]	Tegangan [MPa]
0	230000	468.66

Sudut (a)	Beban [N]	Tegangan [MPa]
60	333292.35	679.02
120	376584.69	766.7
180	419877.04	855.36
240	463169.39	943.86
300	506461.73	1032.1

Pada Tabel IV. 11 **Error! Reference source not found.** merupakan hasil tegangan *lashing* dari variasi pada *turnbuckle* sedang. Tegangan putaran yang terdapat warna kuning merupakan batas dari tegangan ijin sesuai *Germanischer Lloyd* dengan menetapkan *safety faktor* sebesar 1.4 dari *ultimate* material 1080 MPa dan didapatkan tegangan ijin sebesar 771.43 MPa. Pada *turnbuckle* sedang saat kapal miring 30° disarankan agar putaran *turnbuckle* saat terjadi penambahan hanya sampai putaran 120° dengan nilai tegangan 766.7 MPa. Perhitungan saat kondisi kapal miring 30° telah dipengaruhi oleh berat kontainer, dengan terjadinya kemiringan maka akan terjadi penambahan beban yang diakibatkan oleh kontainer. Sehingga saat kapal miring 30° pada saat kondisi *even keel* putaran dapat diputar hingga 120°.

#### IV.5.3 Turnbuckle Besar

Kekuatan awal *lashing turnbuckle* besar terjadi saat putaran *turnbuckle* 227.69° sebesar 230000 N. Dari kekuatan awal terjadi penambahan putaran hingga 300° pada *turnbuckle* sedang. Saat kapal mengalami kemiringan putaran akan mencapai batasan ijin pada putaran 60° yang lebih rendah dibandingkan saat *even keel* dengan nilai tegangan sebesar 714.38 MPa. Hasil tersebut dapat dilihat pada Gambar IV. 15



Gambar IV. 15 Turnbuckle Besar Putaran 60°

Pada Gambar IV. 15 nilai tegangan pada *lashing* yang terletak di pertengahan *lashing bars*. Gambar yang ditampilkan merupakan hasil dari tegangan pada saat dibawah tegangan ijin. Jika putaran *turnbuckle* ditambahkan sebesar 60° akan melebihi nilai tegangan ijin. Hasil tegangan dari setiap penambahan putaran *turnbuckle* dapat dilihat pada Tabel IV. 12

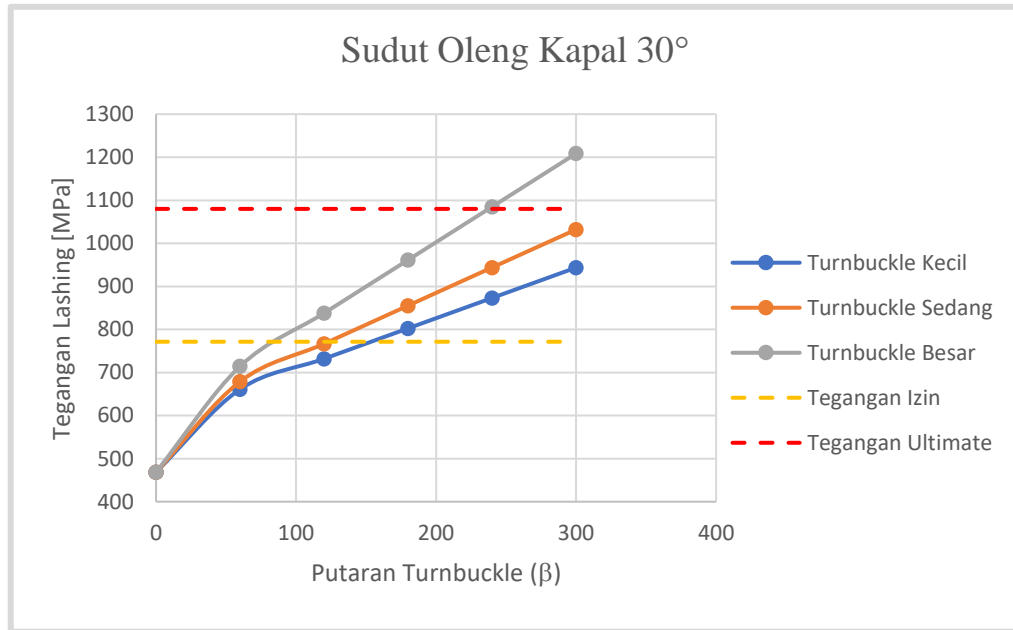
**Tabel IV. 12 Hasil Tegangan *Lashing* Variasi *Turnbuckle* Besar**

Sudut (a)	Beban [N]	Tegangan [MPa]
0	230000	468.66
60	350609.29	714.38
120	411218.57	837.84
180	471827.86	961.37
240	532437.14	1084.9
300	593046.43	1208.6

Pada Tabel IV. 12 merupakan hasil tegangan *lashing* dari variasi pada *turnbuckle* besar. Tegangan putaran yang terdapat warna kuning merupakan batas dari tegangan ijin sesuai *Germanischer Lloyd* dengan menetapkan *safety faktor* sebesar 1.4 dari *ultimate* material 1080 MPa dan didapatkan tegangan ijin sebesar 771.43 MPa. Sedangkan tegangan yang bewarna merah merupakan tegangan *ultimate* dari material. Pada *turnbuckle* besar saat kapal miring 30° disarankan agar putaran *turnbuckle* saat terjadi penambahan hanya sampai putaran 60° dengan nilai tegangan 714.38 MPa.

Perhitungan saat kondisi kapal miring 30° telah dipengaruhi oleh berat kontainer, dengan terjadinya kemiringan maka akan terjadi penambahan beban yang diakibatkan oleh konteiner. Sehingga saat kapal miring 30° pada saat kondisi even keel putaran dapat diputar hingga 60°.

Dari variasi ukuran *turnbuckle* kecil, *turnbuckle* sedang, dan *turnbuckle* besar saat terjadinya penambahan putaran didapatkan hasil berbeda yang dapat dilihat pada Gambar IV.



**Gambar IV. 16 Hasil Tegangan *Lashing* Kondisi Kapal 30°**

Pada Gambar IV. 16 tegangan *lashing* yang paling besar terjadi akibat variasi putaran *turnbuckle* besar dibandingkan dengan variasi *turnbuckle* kecil dan sedang. Hal ini dikarenakan nilai satu putaran *turnbuckle* besar lebih besar dibandingkan dengan yang kecil. Pada sudut diatas 180° ketiga jenis *turnbuckle* putaran yang dihasilkan melebihi tegangan ijin sebesar 771.43 MPa.

#### **IV.6 Tegangan *Lashing* Kondisi Kapal Miring 40°**

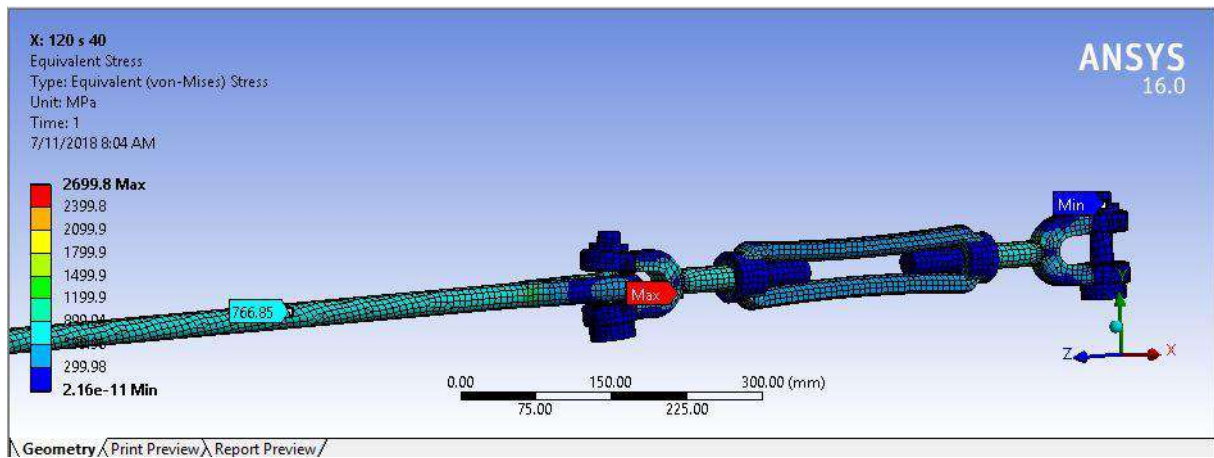
Tegangan *lashing* kondisi kapal miring 40° yaitu hasil yang didapatkan tegangan *lashing* saat terjadi penambahan putaran *turnbuckle* dengan kemiringan kapal 40°. Pada keadaan miring nilai tegangan *lashing* lebih besar dibandingkan saat even keel diakibatkan terdapatnya pengaruh dari berat kontainer. Penambahan *turnbuckle* yaitu pada kelipatan 60° dan maksimal saat putaran 300°. Perbedaan putaran akibat perbedaan pitch dari variasi *turnbuckle* menghasilkan tegangan *lashing* berbeda pada putaran yang sama. Perhitungan tegangan *lashing* terdapat pada *turnbuckle* kecil, *turnbuckle* sedang, dan *turnbuckle* besar.

##### **IV.6.1 *Turnbuckle* Kecil**

Kekuatan awal *lashing turnbuckle* kecil terjadi saat putaran *turnbuckle* **398.45°** sebesar 230000 N. Dari kekuatan awal terjadi penambahan putaran hingga 300° pada *turnbuckle* kecil. Saat kapal mengalami kemiringan putaran akan mencapai batasan ijin pada putaran 120° yang



lebih rendah dibandingkan saat *even keel* dengan nilai tegangan sebesar 766.85 MPa. Hasil tersebut dapat dilihat pada Gambar IV. 17



**Gambar IV. 17 Turnbuckle Kecil Putaran 120°**

Pada Gambar IV. 13 nilai tegangan pada *lashing* yang terletak di pertengahan *lashing bars*. Gambar yang ditampilkan merupakan hasil dari tegangan pada saat dibawah tegangan ijin. Jika putaran *turnbuckle* ditambahkan sebesar 60° akan melebihi nilai tegangan ijin. Hasil tegangan dari setiap penambahan putaran *turnbuckle* dapat dilihat pada Tabel IV. 13

**Tabel IV. 13 Hasil Tegangan *Lashing* Variasi *Turnbuckle* Kecil**

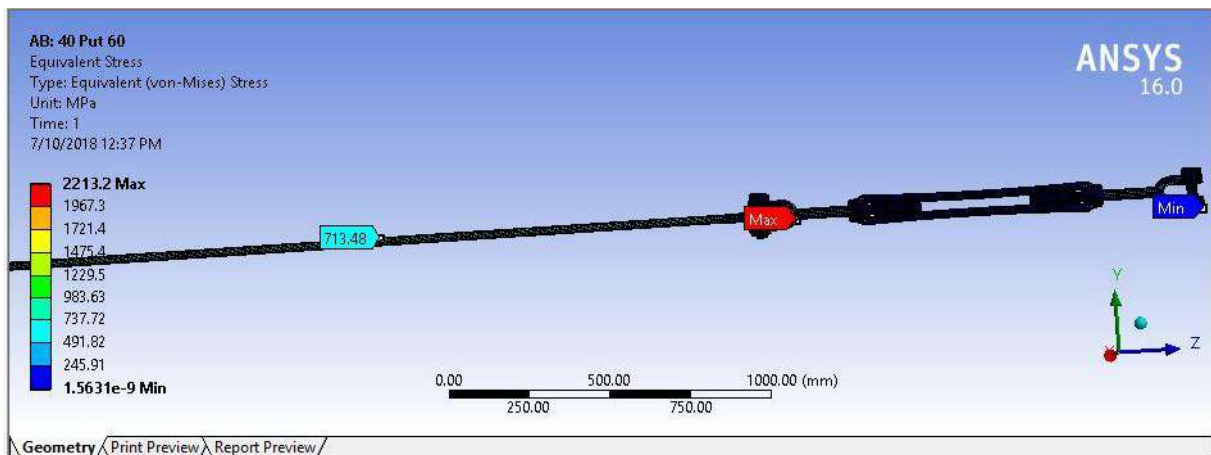
Sudut ( $\alpha$ )	Beban [N]	Tegangan [MPa]
0	230000	468.66
60	341768.39	696.55
120	376402.27	766.85
180	411036.15	837.43
240	445670.02	909.94
300	480303.90	978.35

Pada Tabel IV. 13 merupakan hasil tegangan *lashing* dari variasi pada *turnbuckle* kecil. Tegangan putaran yang terdapat warna kuning merupakan batas dari tegangan ijin sesuai *Germanischer Lloyd* dengan menetapkan *safety faktor* sebesar 1.4 dari *ultimate* material 1080 MPa dan didapatkan tegangan ijin sebesar 771.43 MPa. Pada *turnbuckle* kecil saat kapal miring 40° disarankan agar putaran *turnbuckle* saat terjadi penambahan hanya sampai putaran 120° dengan nilai tegangan 766.85 MPa. Perhitungan saat kondisi kapal miring 40° telah dipengaruhi oleh berat kontainer, dengan terjadinya kemiringan maka akan terjadi penambahan beban yang

diakibatkan oleh konteiner. Sehingga saat kapal miring  $40^\circ$  pada saat kondisi even keel putaran dapat diputar hingga  $120^\circ$ .

#### IV.6.2 Turnbuckle Sedang

Kekuatan awal *lashing turnbuckle* sedang terjadi saat putaran *turnbuckle*  $318.76^\circ$  sebesar 230000 N. Dari kekuatan awal terjadi penambahan putaran hingga  $300^\circ$  pada *turnbuckle* sedang. Saat kapal mengalami kemiringan putaran akan mencapai batasan ijin pada putaran  $60^\circ$  yang lebih rendah dibandingkan saat *even keel* dengan nilai tegangan sebesar 713.48 MPa. Hasil tersebut dapat dilihat pada Gambar IV. 18



**Gambar IV. 18 Turnbuckle Sedang Putaran  $120^\circ$**

Pada Gambar IV. 18 nilai tegangan pada *lashing* yang terletak di pertengahan *lashing bars*. Gambar yang ditampilkan merupakan hasil dari tegangan pada saat dibawah tegangan ijin. Jika putaran *turnbuckle* ditambahkan sebesar  $60^\circ$  akan melebihi nilai tegangan ijin. Hasil tegangan dari setiap penambahan putaran *turnbuckle* dapat dilihat pada Tabel IV. 14

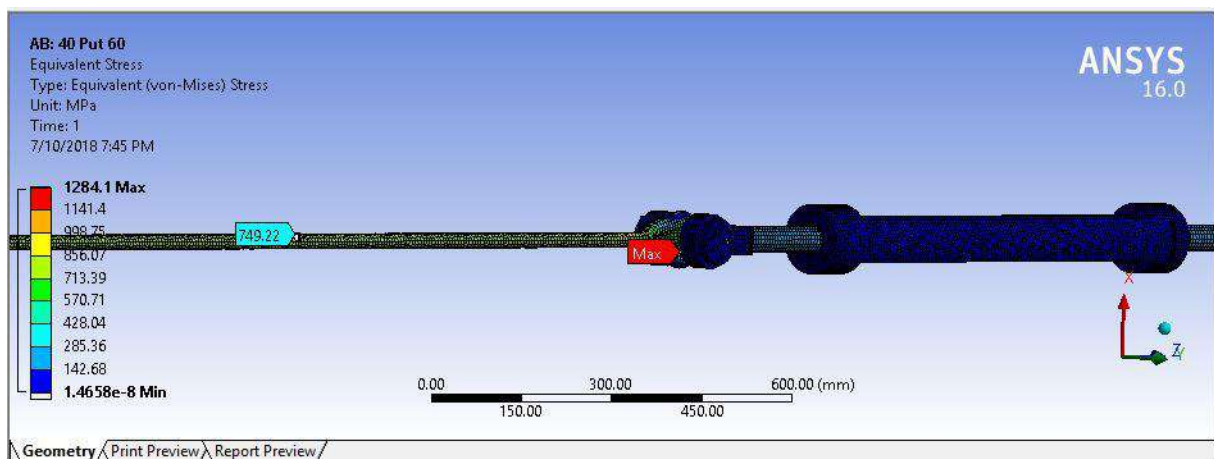
**Tabel IV. 14 Hasil Tegangan *Lashing* Variasi *Turnbuckle* Sedang**

Sudut ( $\alpha$ )	Beban [N]	Tegangan [MPa]
0	230000	468.66
60	350426.86	713.48
120	393719.21	801.18
180	437011.55	890.22
240	480303.90	978.38
300	523596.25	1066.8

Pada Tabel IV. 14 merupakan hasil tegangan *lashing* dari variasi pada *turnbuckle* sedang. Tegangan putaran yang terdapat warna kuning merupakan batas dari tegangan ijin sesuai *Germanischer Lloyd* dengan menetapkan *safety faktor* sebesar 1.4 dari *ultimate material* 1080 MPa dan didapatkan tegangan ijin sebesar 771.43 MPa. Pada *turnbuckle* sedang saat kapal miring 40° disarankan agar putaran *turnbuckle* saat terjadi penambahan hanya sampai putaran 60° dengan nilai tegangan 713.48 MPa. Perhitungan saat kondisi kapal miring 40° telah dipengaruhi oleh berat kontainer, dengan terjadinya kemiringan maka akan terjadi penambahan beban yang diakibatkan oleh kontainer. Sehingga saat kapal miring 40° pada saat kondisi even keel putaran dapat diputar hingga 60°.

### IV.6.3 Turnbuckle Besar

Kekuatan awal *lashing turnbuckle* besar terjadi saat putaran *turnbuckle* 227.69° sebesar 230000 N. Dari kekuatan awal terjadi penambahan putaran hingga 300° pada *turnbuckle* sedang. Saat kapal mengalami kemiringan putaran akan mencapai batasan ijin pada putaran 60° yang lebih rendah dibandingkan saat *even keel* dengan nilai tegangan sebesar 749.22 MPa. Hasil tersebut dapat dilihat pada Gambar IV. 19



**Gambar IV. 19 Turnbuckle Besar Putaran 60°**

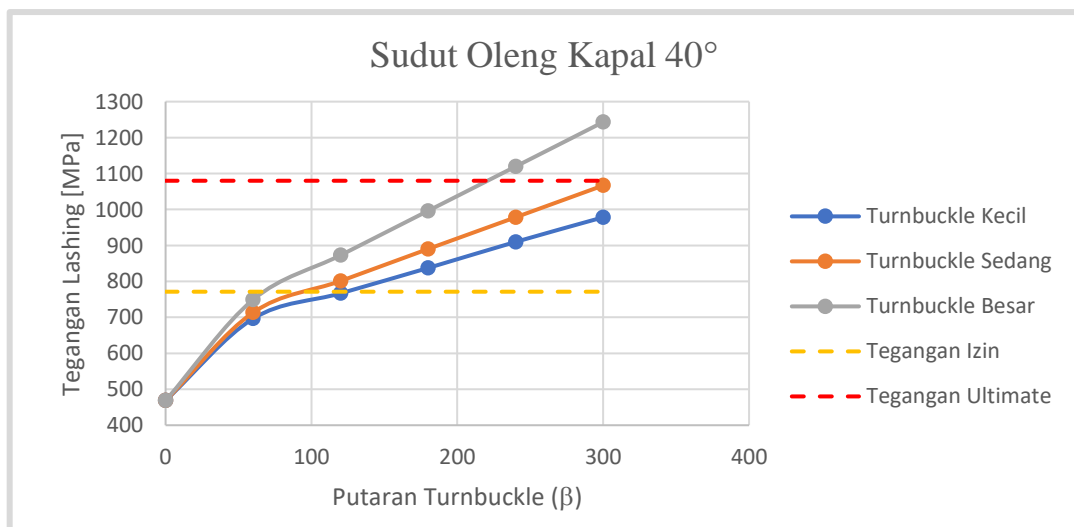
Pada Gambar IV. 19 nilai tegangan pada *lashing* yang terletak di pertengahan *lashing bars*. Gambar yang ditampilkan merupakan hasil dari tegangan pada saat dibawah tegangan ijin. Jika putaran *turnbuckle* ditambahkan sebesar 60° akan melebihi nilai tegangan ijin. Hasil tegangan dari setiap penambahan putaran *turnbuckle* dapat dilihat pada Tabel IV. 15

**Tabel IV. 15 Hasil Tegangan *Lashing* Variasi *Turnbuckle* Besar**

Sudut ( $\alpha$ )	Beban [N]	Tegangan [MPa]
0	230000	468.66
60	367743.80	749.22
120	428353.08	872.85
180	488962.37	996.36
240	549571.65	1119.6
300	610180.94	1243.2

Pada Tabel IV. 15 merupakan hasil tegangan *lashing* dari variasi pada *turnbuckle* besar. Tegangan putaran yang terdapat warna kuning merupakan batas dari tegangan ijin sesuai *Germanischer Lloyd* dengan menetapkan *safety faktor* sebesar 1.4 dari *ultimate* material 1080 MPa dan didapatkan tegangan ijin sebesar 771.43 MPa. Sedangkan tegangan yang berwarna merah merupakan tegangan *ultimate* dari material. Pada *turnbuckle* besar saat kapal miring 40° disarankan agar putaran *turnbuckle* saat terjadi penambahan hanya sampai putaran 60° dengan nilai tegangan 749.22 MPa. Perhitungan saat kondisi kapal miring 40° telah dipengaruhi oleh berat kontainer, dengan terjadinya kemiringan maka akan terjadi penambahan beban yang diakibatkan oleh kontainer. Sehingga saat kapal miring 40° pada saat kondisi even keel putaran dapat diputar hingga 60°.

Dari variasi ukuran *turnbuckle* kecil, *turnbuckle* sedang, dan *turnbuckle* besar saat terjadinya penambahan putaran didapatkan hasil berbeda yang dapat dilihat pada Gambar IV. 20



**Gambar IV. 20 Hasil Tegangan *Lashing* Kondisi Kapal 40°**

Pada Gambar IV. 20 tegangan *lashing* yang paling besar terjadi akibat variasi putaran *turnbuckle* besar dibandingkan dengan variasi *turnbuckle* kecil dan sedang. Hal ini dikarenakan nilai satu putaran *turnbuckle* besar lebih besar dibandingkan dengan yang kecil. Pada sudut diatas 120° ketiga jenis *turnbuckle* putaran yang dihasilkan melebihi tegangan ijin sebesar 771.43 MPa.

#### IV.7 Pemilihan *Turnbuckle*

Dari ukuran variasi *turnbuckle* yang terdapat pada katalog memiliki Panjang yang berbeda-beda. Perbedaan Panjang belum tentu dapat digunakan semua ukuran terhadap *lashing bars* yang berukuran 2400 mm. Dari ukuran *turnbuckle* yang berbeda, Panjang *turnbuckle* harus menyesuaikan terhadap Panjang *lashing bars*. Hasil dari penyesuaian Panjang *turnbuckle* terhadap *lashing bars* dapat dilihat pada Tabel IV. 16

**Tabel IV. 16 Panjang *Lashing* Saat *Turnbuckle* Terbuka Setengah**

Variasi <i>Turnbuckle</i>	<i>Turnbuckle</i> Terbuka Setengah [mm]	Panjang <i>Lashing bars</i> [mm]	Panjang <i>Lashing</i> Saat <i>Turnbuckle</i> Terbuka Setengah [mm]	Panjang <i>Lashing</i> Untuk Pengikatan Kontainer [mm]
Kecil	710	2400	3110	3580.07
Sedang	1323.5	2400	3723.5	3580.07
Besar	1452	2400	3852	3580.07

Dari Tabel IV. 16 terlihat Panjang ketika penyesuaian antara *turnbuckle* dan *lashing bars* saat *jaw turnbuckle* terbuka setengah menghasilkan Panjang yang berbeda. Untuk pemilihan Panjang saat *turnbuckle* terbuka setengah dengan Panjang *lashing* saat pengikatan container 20 feet yang paling sesuai dapat dilihat pada Tabel IV. 17

**Tabel IV. 17 Hasil Perbandingan Variasi *Turnbuckle***

Variasi <i>Turnbuckle</i>	Panjang <i>Lashing</i> Untuk Pengikatan Kontainer [mm]	Panjang Yang Dibutuhkan [mm]	Tegangan Saat Kapal Miring 40° Putaran <i>Turnbuckle</i> Yang Sama 60° [MPa]
Kecil	3580.07	-470.07	696.55
Sedang	3580.07	143.43	713.48
Besar	3580.07	271.93	749.22

Variasi ukuran *turnbuckle* kecil dengan keadaan *turnbuckle* terbuka setengah, Panjang yang dihasilkan saat dipasang dengan *lashing bars* berukuran kurang dari 3580.07 yang dapat dilihat

pada Tabel IV. 17. Ukuran dari *turnbuckle* memenuhi Panjang tetapi dengan kondisi yang sama, ukuran *turnbuckle* sedang juga memenuhi. Jadi pada keadaan pengikatan kontainer 20 *feet* dengan tier 1 buah, dari ketiga variasi ukuran *turnbuckle* yang memenuhi perhitungan kontranier 20 *feet* dapat digunakan variasi ukuran *turnbuckle* yang sedang. Hal ini dikarenakan *turnbuckle* ukuran sedang dibandingkan dengan *turnbuckle* kecil memenuhi dari segi Panjang saat digabungkan dengan *lashing bars* dengan Panjang pengikatan diatas 3580.07 mm dan pada saat kapal miring 40 masih tegangan yang dihasilkan dibawah tegangan ijin yaitu sebesar 713.48 MPa.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **V.1. Kesimpulan**

Setelah dilakukan percobaan dan penelitian maka kesimpulan dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Gaya minimum *Lashing bars* yaitu sebesar 230000 N dengan putaran variasi *turnbuckle* mencapai gaya tarik minimum yaitu *turnbuckle* kecil pada putaran  $398.45^\circ$ , *turnbuckle* sedang putaran  $318.76^\circ$  dan pada *turnbuckle* besar pada sudut  $227.69^\circ$ .
2. Pada *turnbuckle* kecil saat sudut miring kapal hingga  $40^\circ$  batas putaran yang ditambahkan dari gaya tarik minimum yaitu sebesar  $120^\circ$  dengan nilai tegangan 766.86 MPa. Untuk *turnbuckle* sedang sebesar  $60^\circ$  dengan nilai tegangan 713.48 MPa. *Turnbuckle* besar putaran sudut yang dapat memenuhi sebesar  $60^\circ$  dengan nilai tegangan 749.22 MPa.
3. *Turnbuckle* yang paling sesuai untuk satu *tier* kontainer 20 *feet* yaitu *turnbuckle* yang berukuran sedang.

#### **V.2. Saran**

Saran yang dapat dilakukan pada percobaan selanjutnya agar dapat lebih baik dan dapat menyempurnakan penelitian yang telah dilakukan dalam Tugas Akhir ini adalah :

1. Perlu adanya analisis tahap selanjutnya dengan beban *container* lebih satu tier
2. Perlu adanya perhitungan *container* sesuai dengan posisi letak pada kapal.
3. Perlu perhitungan secara dinamis dengan memperhatikan percepatan kapal.
4. Perlu adanya perhitungan umur kelelahan pada *lashing*

## DAFTAR PUSTAKA

- ASTM F-1145 92. (2001). *Standard Specification For Turnbuckles, Swaged, Welded, Forged*.
- Australian Standard. (2018, May 22). *Townley Forging Australian Quality* . Retrieved from <https://www.townleydropforge.com.au>: <https://www.townleydropforge.com.au/wp-content/uploads/2017/04/Turnbuckles-AS2319-Information-Guide.pdf>
- Chabibi, E., Yulianto, T., & Suastika, I. K. (2013). Analisis Tegangan pada Cross Deck Kapal Ikan Katamaran 10 GT Menggunakan Metode Elemen Hingga. *Jurnal Teknik POMITS Vol. 2, No. 1, ISSN : 2337-3539* , Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Firmansah, A., & Yulianto, T. (Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember). Analisis Kekuatan Tangki CNG Ditinjau Dengan Material Logam Lapis Komposit Pada Kapal Pengangkut Compressed Natural Gas. *Jurnal Teknik POMITS Vol. 2, No. 1, 2337-3539*.
- GreenPin. (2018, May 22). *Download turnbuckle chapter 6*. Retrieved from <http://www.vanbeest.nl/green-pin>: <http://www.vanbeest.nl/getattachment/bdb66cd8-a660-4883-a7b1-ad64dbb58451/Chapter06-Turnbuckles.aspx>
- Hoque, K. N. (2013). *Analysis of Structural Discontinuities In Ship Hull Using Finite Element Method*. Bangladesh.
- Kobylinski, L. K. (2005). *Stability and Safety of Ships*. United Kingdom: Elsevier.
- Lloyd, G. (2013). *Rules Classification and Construction Ship Technology* . Hamburg: Germanischer Lloyd SE.
- Logan, D. L. (1992). *A First Course In The Finite Element Method*. Platteville: University of Wisconsin.
- Ma'arif, F. (2012). *Mekanika Teknik*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Macgregor. (2016, February 1). *Container Securing Systems*. Retrieved from Macgregor: [www.macgregor.com](http://www.macgregor.com)
- Park, S. G. (2016). Failure Behavior of Load Measurable *Turnbuckle*. *The 2016 Structures Congress*, 2.
- Popov, E. (1984). Mechanics of Materials. In Z. A. Tanisan, *Mekanika Teknik* (p. Edisi Kedua). Jakarta: Erlangga.
- Pramono, D. R., Imron, A., & Misbah, M. N. (2016). Analisa Kekuatan Memanjang Foalting Dock Konversi Dari Tongkang dengan Metode Elemen Hingga. *Jurnal Teknik ITS Vol. 5, No. 2, 2337-3539*.



- Rabbani, Z., Zubaydi, A., & Sujiatanti, S. H. (2017). Analisa Kekuatan Sekat Bergelombang Kapal Tanker Menggunakan Metode Elemen Hingga. *Jurnal Teknik ITS Vol. 6, No. 2*, 2337-3520, Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Sanjaya, D. D., Yulianto, T., & Sujiatanti, S. H. (2017). Analisis Kekuatan Konstruksi Wing Tank Kapal Tanker Menggunakan Metode Elemen Hingga. *Jurnal Teknik ITS Vol. 6, No. 2, ISSN : 2337-3539*, Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Shoberg, R. S. (2016). Engineering Fundamentals of Threaded Fastener Design and Analysis. 5. PCB Load Torque.
- Suyono, R. P. (2003). *Shipping Pengangkutan Intermodal Ekspor Impor Melalui Laut*. Jakarta: PPM.

## **LAMPIRAN**

LAMPIRAN A PERHITUNGAN GAYA *LASHING*

LAMPIRAN B PERHITUNGAN GAYA SAAT *TURNBUCKLE* DIPUTAR

LAMPIRAN C PERHITUNGAN TEGANGAN

LAMPIRAN D KONVERGENSI

LAMPIRAN E HASIL RUNNING PADA ANSYS

LAMPIRAN A  
PERHITUNGAN GAYA *LASHING*

## Menghitung Pertambahan Panjang Per Putaran

$$Pitch\ Jaw = Pitch\ Baut \frac{Diameter\ Baut}{Diameter\ Jaw}$$

Turnbuckle	Diameter	Baut Pemanding		Pitch Turnbuckle
		Diameter	Pitch	
Kecil	25.4	5	1	5.08
Sedang	31.75	5	1	6.35
Besar	44.45	5	1	8.89

$$\Delta = \frac{\beta}{360} P$$

D Pertambahan Panjang akibat sudut putaran

$\beta$  Sudut Putaran

P Jarak Putaran 360 (Pitch Turnbuckle)

Satu Putaran 360

## Mencari gaya dari pertambahan Panjang

$$\varepsilon = \frac{\Delta}{L}$$

$$\sigma = E\varepsilon$$

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

$$F = \sigma A$$

$$A = \pi r^2$$

Nilai  $\varepsilon$  merupakan regangan dari *lashing bars*

Nilai A merupakan luas permukaan pada *lashing bars*.

Nilai E merupakan modulus young sistem

$$E = 200000 \text{ MPa}$$

$$A = 490.8738521 \text{ mm}^2$$

### Gaya Awal Minimum

Putaran Untuk Mencapai Gaya Minimum Sebesar 230000 N

Gaya Awal Putaran ke-i = Tegangan / Luas Penampang

i bernilai 60, 120, 180, 240 dan 300.

*Turnbuckle Kecil*

Putaran ( $\beta$ )	$\Delta$ [mm]	Regangan	Tegangan [MPa]	Gaya [N]
30	0.42	0.00018	35.28	17316.94
60	0.85	0.00035	70.56	34633.88
120	1.69	0.00071	141.11	69267.75
180	2.54	0.00106	211.67	103901.63
240	3.39	0.00141	282.22	138535.51
300	4.23	0.00176	352.78	173169.39
360	5.08	0.00212	423.33	207803.26
420	5.93	0.00247	493.89	242437.14

*Turnbuckle Sedang*

Putaran ( $\beta$ )	$\Delta$ [mm]	Regangan	Tegangan [MPa]	Gaya [N]
30	0.53	0.00022049	44.0972222	21646.17
60	1.06	0.00044097	88.1944444	43292.35
120	2.12	0.00088194	176.388889	86584.69
180	3.18	0.00132292	264.583333	129877.04
240	4.23	0.00176389	352.777778	173169.39
300	5.29	0.00220486	440.972222	216461.73
360	6.35	0.00264583	529.166667	259754.08

*Turnbuckle Besar*

Putaran ( $\beta$ )	$\Delta$ [mm]	Regangan	Tegangan [MPa]	Gaya [N]
30	0.74	0.00030868	61.7361111	30304.64
60	1.48	0.00061736	123.472222	60609.29
120	2.96	0.00123472	246.944444	121218.57
180	4.45	0.00185208	370.416667	181827.86
240	5.93	0.00246944	493.888889	242437.14
300	7.41	0.00308681	617.361111	303046.43

Hasil Interpolasi Untuk Mendapatkan 230000 N

$$x = x_1 + \frac{(y - y_1)}{(y_2 - y_1)}(x_2 - x_1)$$

	Turnbuckle		
	Kecil	Sedang	Besar
X	<b>398.45</b>	<b>318.76</b>	<b>227.69</b>
Y	230000	230000	230000
X1	360	300	180
Y1	207803.26	216461.73	181827.86
X2	420	360	240
Y2	242437.14	259754.08	242437.14

Turnbuckle Kecil Putaran 398.45

Turnbuckle Sedang Putaran 318.76

Turnbuckle Besar Putaran 227.69

#### Gaya Awal Saat Penambahan Putaran

Beban Putaran ke-i = Gaya Awal Minimum (230000 N) + Gaya Awal Putaran ke-i

*Turnbuckle* Kecil

Putaran ( $\beta$ )	Gaya Saat Penambahan Sudut Keseluruhan [N]
60	264633.88
120	299267.75
180	333901.63
240	368535.51
300	403169.39

*Turnbuckle* Sedang

Putaran ( $\beta$ )	Gaya Saat Penambahan Sudut Keseluruhan [N]
60	273292.35
120	316584.69
180	359877.04
240	403169.39
300	446461.73

*Turnbuckle Besar*

Putaran ( $\beta$ )	Gaya Saat Penambahan Sudut Keseluruhan [N]
60	290609.29
120	351218.57
180	411827.86
240	472437.14
300	533046.43

**LAMPIRAN B**  
**PERHITUNGAN PEMBEBANAN SAAT KAPAL MIRING**



## Beban Saat Kapal Miring

Sudut ( $\alpha$ )	Nilai	Beban Container [N]	Beban Keseluruhan [N]
10	0.17	20837.78	250837.78
20	0.34	41042.42	271042.42
30	0.50	60000.00	290000.00
40	0.64	77134.51	307134.51

Beban Keseluruhan = Beban Kontainer + Gaya Awal (230000 N)

## Beban kapal miring saat penambahan *turnbuckle*

Beban kapal Miring Saat Penambahan putaran= Beban Miring Keseluruhan + Beban Putaran ke-i

i bernilai 60, 120, 180, 240 dan 300.

LAMPIRAN C  
PERHITUNGAN TEGANGAN

## Perhitungan Tegangan *Lashing*

Nilai Tegangan

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Tegangan Perhitungan Manual, tegangan yang didapatkan dari gaya yang dikalikan dengan luas permukaan *lashing bars*.

Tegangan (Ansys), yaitu tegangan yang didapatkan dari hasil running pada software ansys.

Validasi/error, dilakukan antara tegangan perhitungan manual dan tegangan ansys

Tegangan Max yaitu tegangan maksimum pada sistem dari hasil running pada software ansys.

## Validasi

<i>Turnbuckle</i>	Gaya Awal [N]	Tegangan Perhitungan Manual [MPa]	Tegangan Perhitungan Ansys [MPa]	Error [%]
Kecil	230000	468.5522	468.3600	0.0004
Sedang	230000	468.5522	468.6700	0.0003
Besar	230000	468.5522	468.6600	0.0002

## Kondisi Even Keel

### *Turnbuckle* Kecil

Sudut ( $\alpha$ )	Beban [N]	Tegangan [MPa]
0	230000	468.66
60	264633.88	539.25
120	299267.75	609.82
180	333901.63	680.24
240	368535.51	750.49
300	403169.39	820.86

### *Turnbuckle* Sedang

Sudut ( $\alpha$ )	Beban [N]	Tegangan [MPa]
0	230000	468.66
60	273292.35	556.82
120	316584.69	644.88
180	359877.04	732.84
240	403169.39	821.36
300	446461.73	909.39

*Turnbuckle Besar*

Sudut ( $\alpha$ )	Beban [N]	Tegangan [MPa]
0	230000	468.66
60	290609.29	592.03
120	351218.57	715.48
180	411827.86	839.17
240	472437.14	962.73
300	533046.43	1086.1

Kapal Miring 10

*Turnbuckle Kecil*

Sudut ( $\alpha$ )	Beban [N]	Tegangan [MPa]
0	230000	468.66
60	285471.66	581.36
120	320105.54	652.14
180	354739.41	722.69
240	389373.29	792.47
300	424007.17	863.65

*Turnbuckle Sedang*

Sudut ( $\alpha$ )	Beban [N]	Tegangan [MPa]
0	230000	468.66
60	294130.13	599.14
120	337422.47	687.37
180	380714.82	775.58
240	424007.17	863.82
300	467299.51	951.83

*Turnbuckle Besar*

Sudut ( $\alpha$ )	Beban [N]	Tegangan [MPa]
0	230000	468.66
60	311447.07	634.54
120	372056.35	757.34
180	432665.64	881.4
240	493274.92	1004.5
300	553884.21	1128

*Turnbuckle Kecil*

Sudut ( $\alpha$ )	Beban [N]	Tegangan [MPa]
0	230000	468.66
60	305676.29	622.74
120	340310.17	693.28
180	374944.05	764.16
240	409577.93	834.49
300	444211.80	904.29

*Turnbuckle Sedang*

Sudut ( $\alpha$ )	Beban [N]	Tegangan [MPa]
0	230000	468.66
60	314334.76	640.34
120	357627.11	728.64
180	400919.46	816.91
240	444211.80	904.98
300	487504.15	993.43

*Turnbuckle Besar*

Sudut ( $\alpha$ )	Beban [N]	Tegangan [MPa]
0	230000	468.66
60	331651.70	675.7
120	392260.99	799.24
180	452870.27	922.72
240	513479.56	1046.2
300	574088.84	1169.6

*Turnbuckle Kecil*

Sudut ( $\alpha$ )	Beban [N]	Tegangan [MPa]
0	230000	468.66
60	324633.88	661.15
120	359267.75	731.87
180	393901.63	802.53
240	428535.51	873.09
300	463169.39	943.57

*Turnbuckle Sedang*

Sudut ( $\alpha$ )	Beban [N]	Tegangan [MPa]
0	230000	468.66
60	333292.35	679.02
120	376584.69	766.7
180	419877.04	855.36
240	463169.39	943.86
300	506461.73	1032.1

*Turnbuckle Besar*

Sudut ( $\alpha$ )	Beban [N]	Tegangan [MPa]
0	230000	468.66
60	350609.29	714.38
120	411218.57	837.84
180	471827.86	961.37
240	532437.14	1084.9
300	593046.43	1208.6

*Turnbuckle Kecil*

Sudut ( $\alpha$ )	Beban [N]	Tegangan [MPa]
0	230000	468.66
60	341768.39	696.55
120	376402.27	766.85
180	411036.15	837.43
240	445670.02	909.94
300	480303.90	978.35

*Turnbuckle Sedang*

Sudut ( $\alpha$ )	Beban [N]	Tegangan [MPa]
0	230000	468.66
60	350426.86	$\alpha$ 713.48
120	393719.21	801.18
180	437011.55	890.22
240	480303.90	978.38
300	523596.25	1066.8

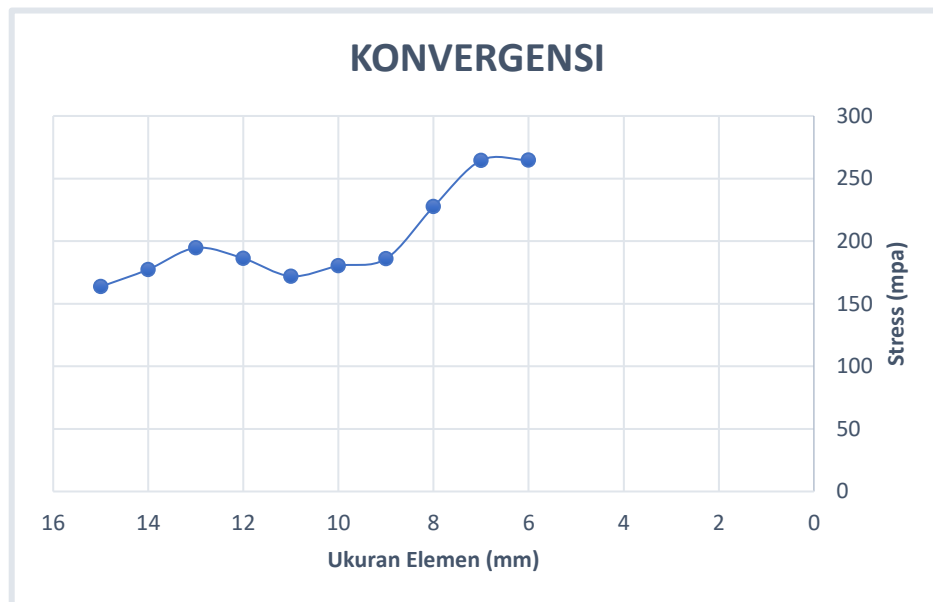
*Turnbuckle Besar*

Sudut ( $\alpha$ )	Beban [N]	Tegangan [MPa]
0	230000	468.66
60	367743.80	749.22
120	428353.08	872.85
180	488962.37	996.36
240	549571.65	1119.6
300	610180.94	1243.2

LAMPIRAN D  
KONVERGENSI



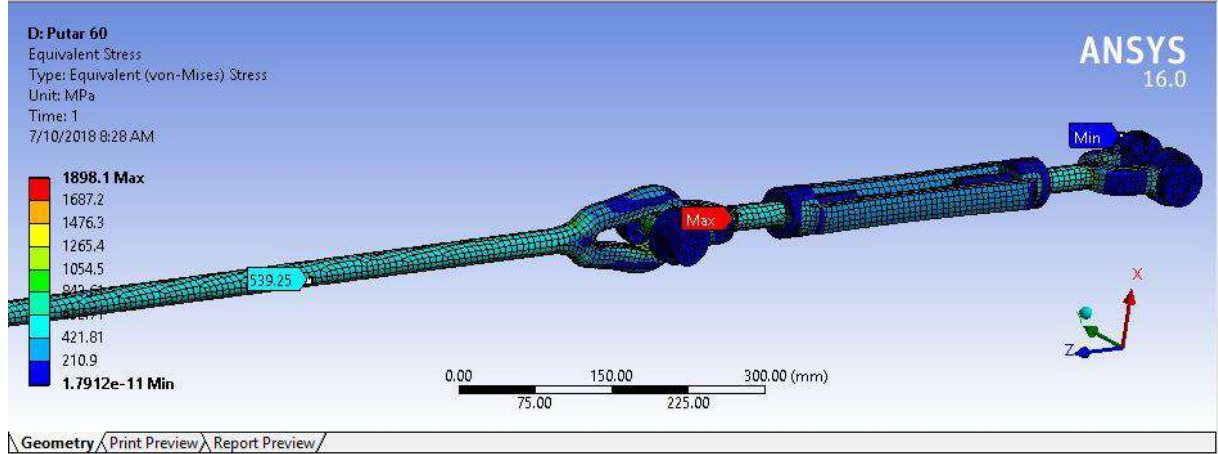
No	Ukuran Elemen (mm)	Nodes	Jumlah elemen	Stress (Mpa)
1	15	65804	16682	163.61
2	14	85845	23688	177.4
3	13	102854	28594	194.56
4	12	115112	30681	186.19
5	11	163093	46085	171.98
6	10	189109	49354	180.28
7	9	254603	71786	185.91
8	8	373380	100948	227.54
9	7	522478	148517	264.54
10	6	758847	206684	264.66



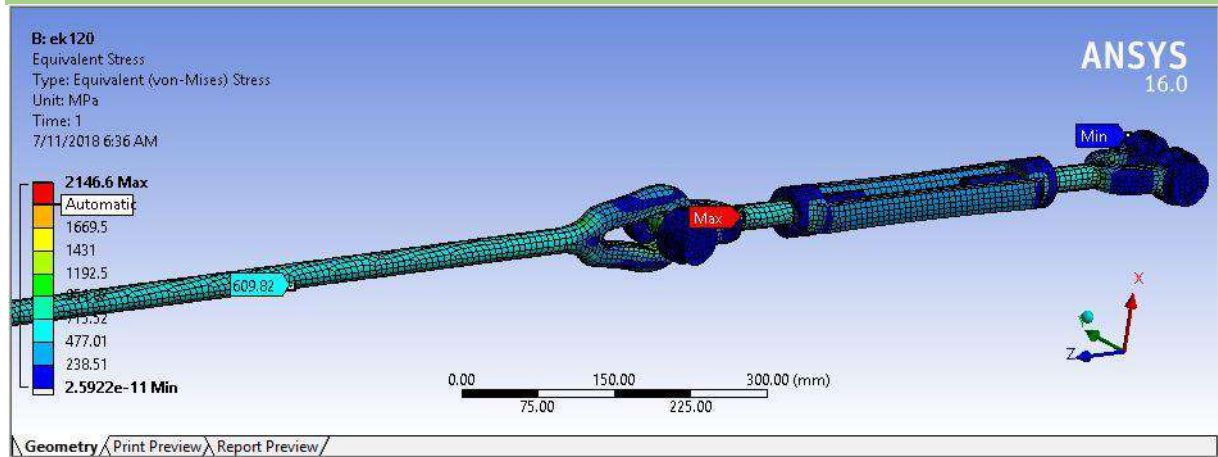
LAMPIRAN E  
HASIL RUNNING PADA ANSYS

# Turnbuckle Kecil Pada Kondisi Even Keel

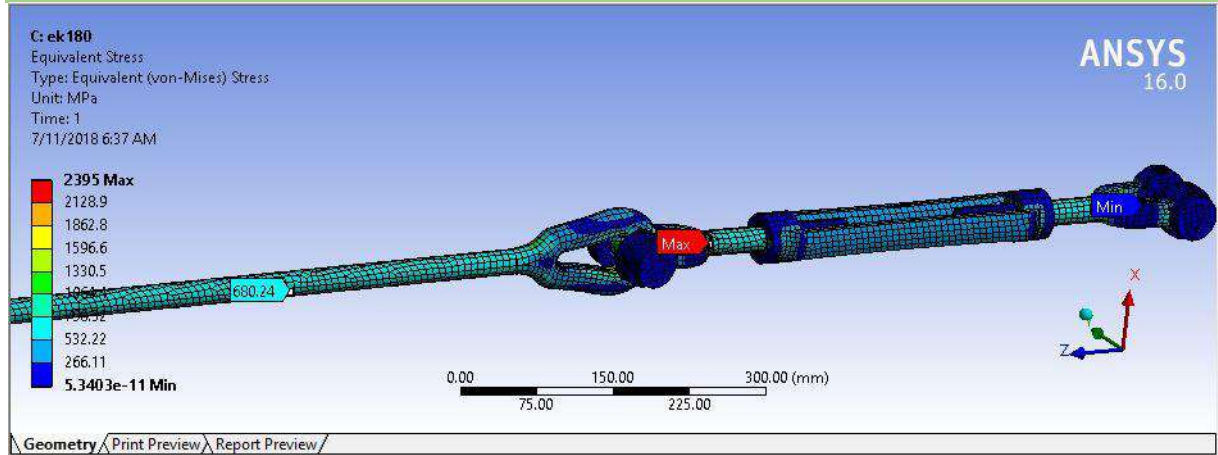
## Putaran 60



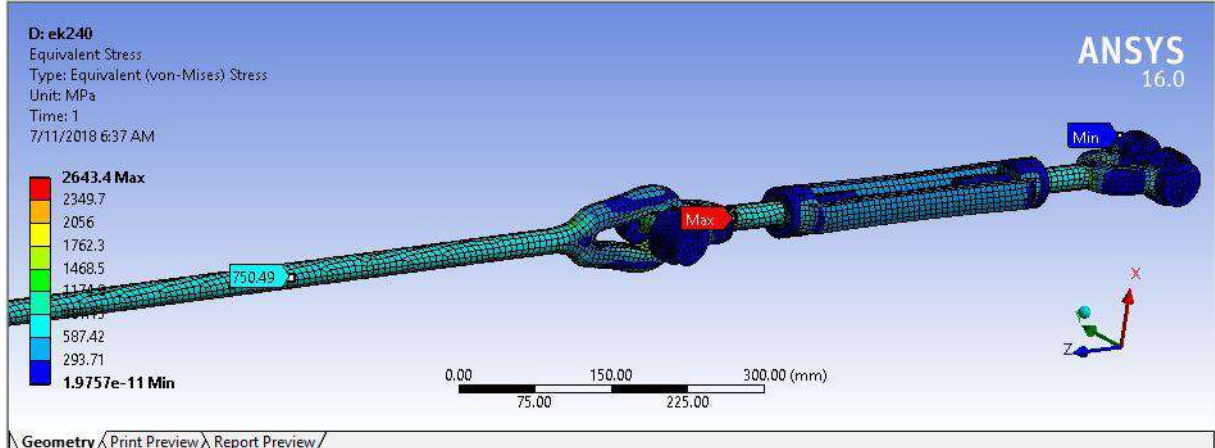
## Putaran 120



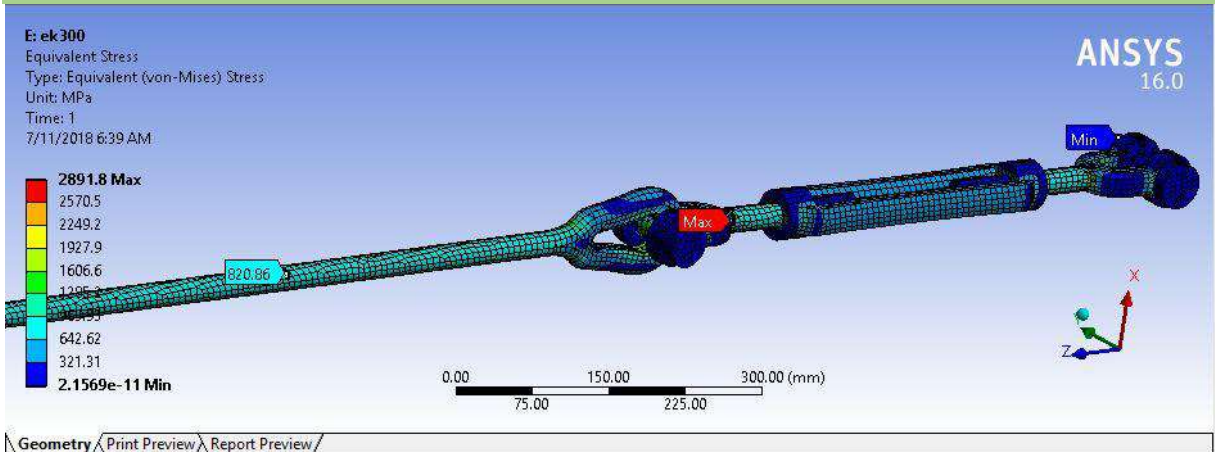
## Putaran 180



## Putaran 240

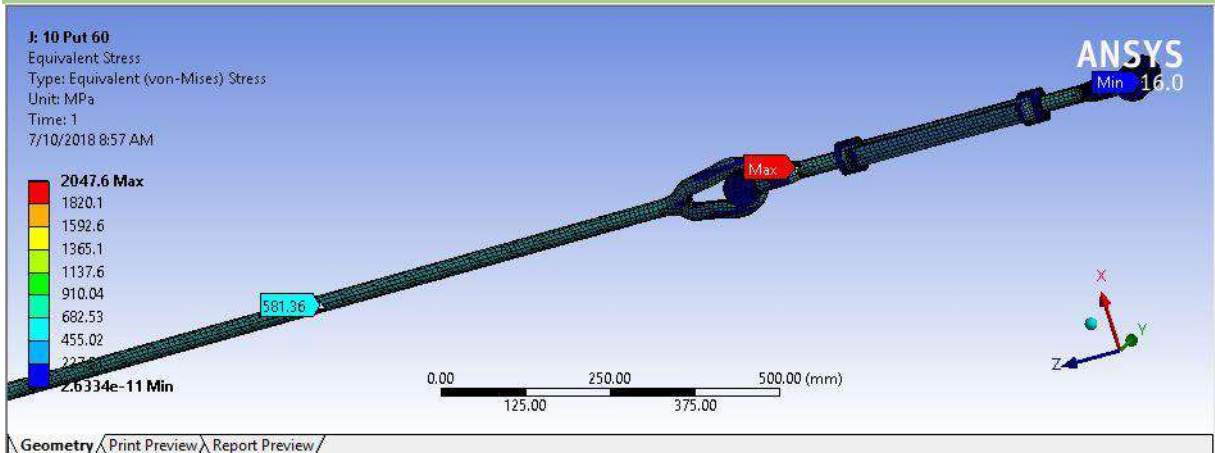


## Putaran 300

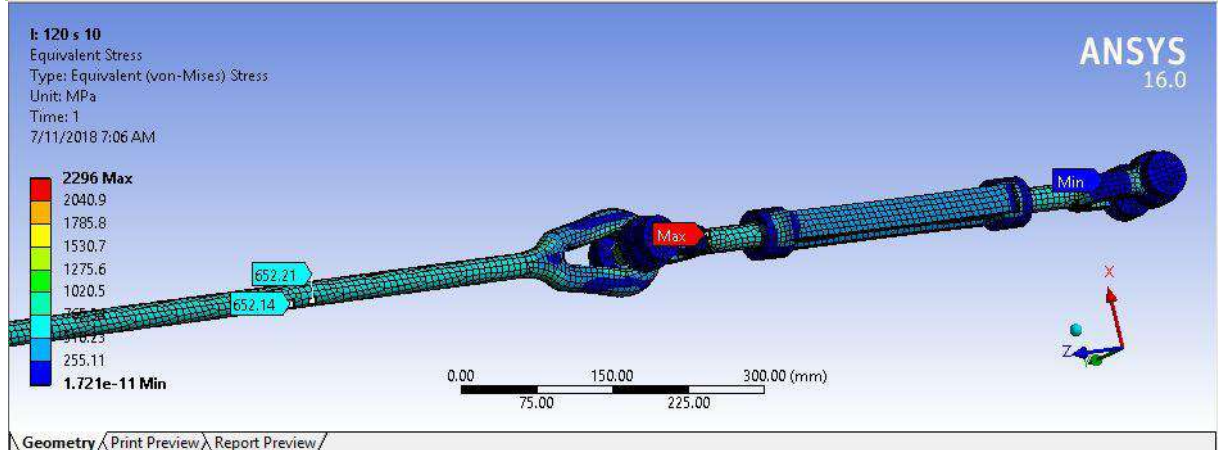


## Turnbuckle Kecil Pada Kondisi Kapal Miring 10°

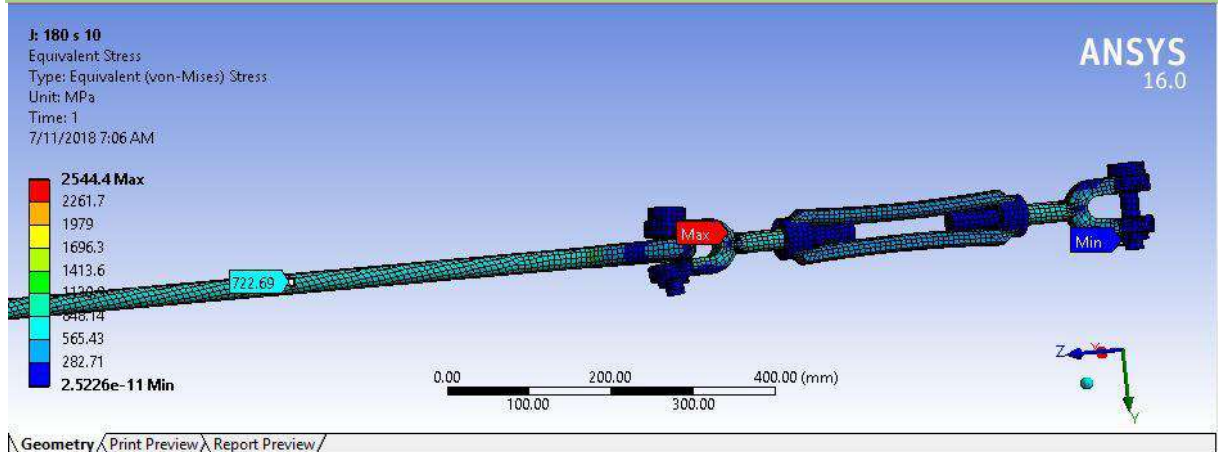
## Putaran 60



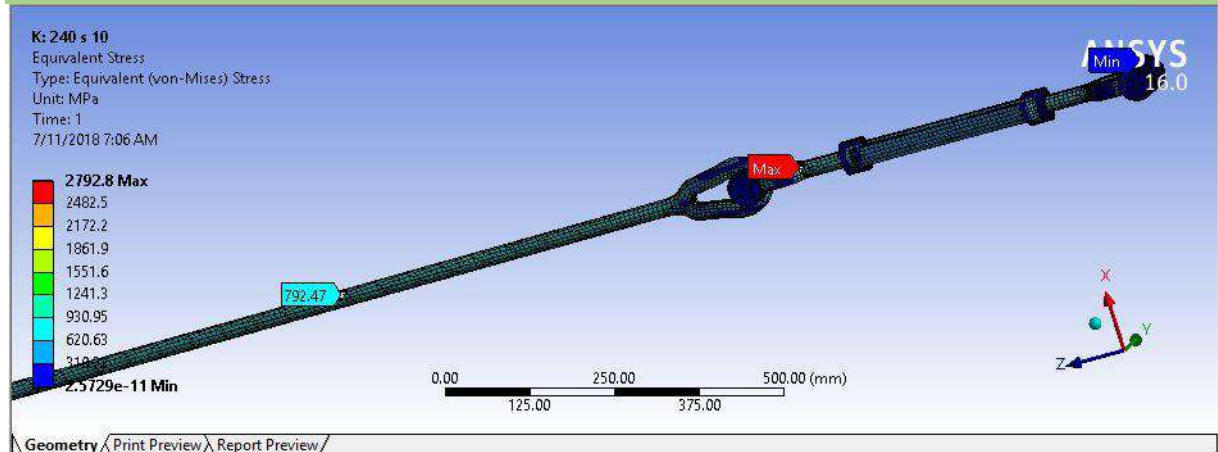
### Putaran 120



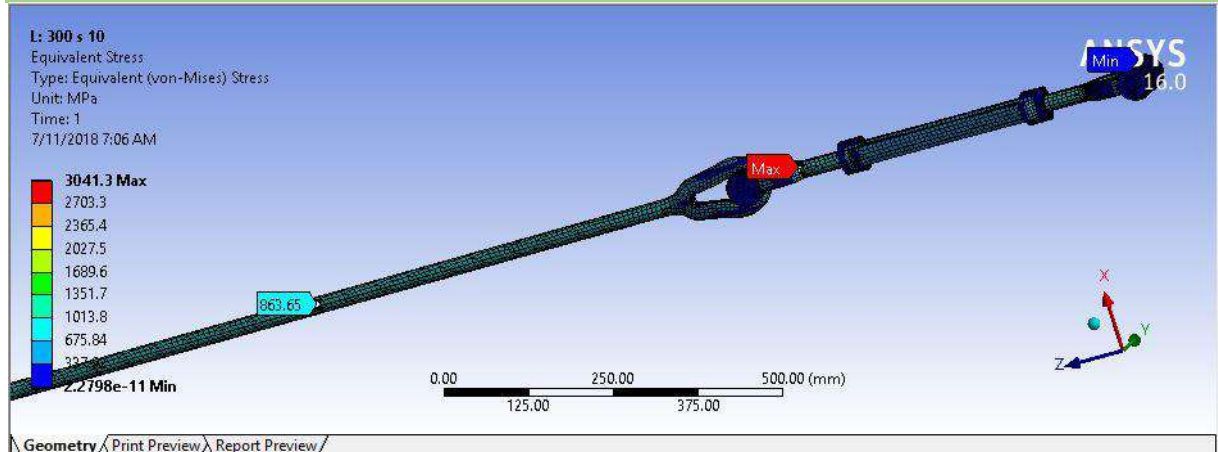
### Putaran 180



### Putaran 240

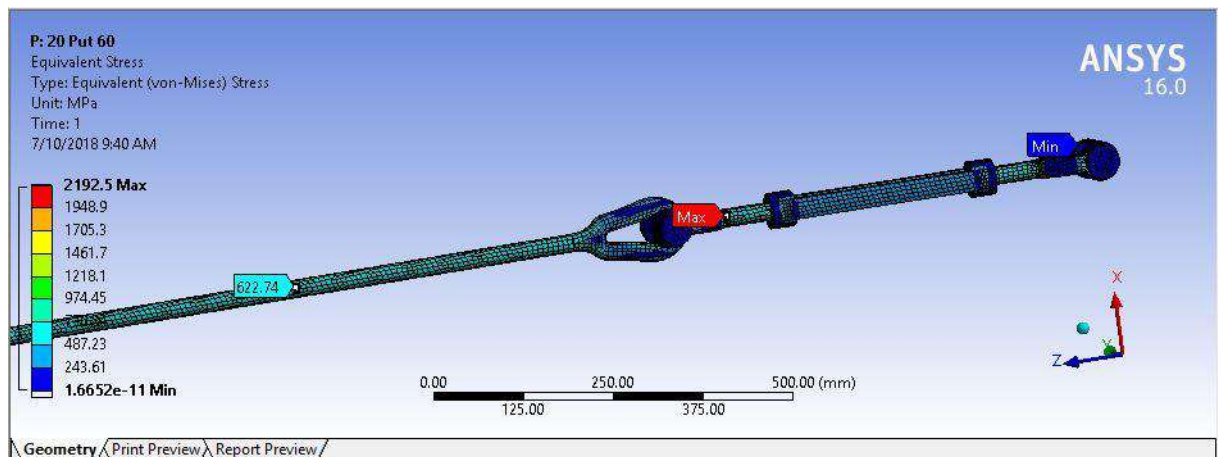


## Putaran 300

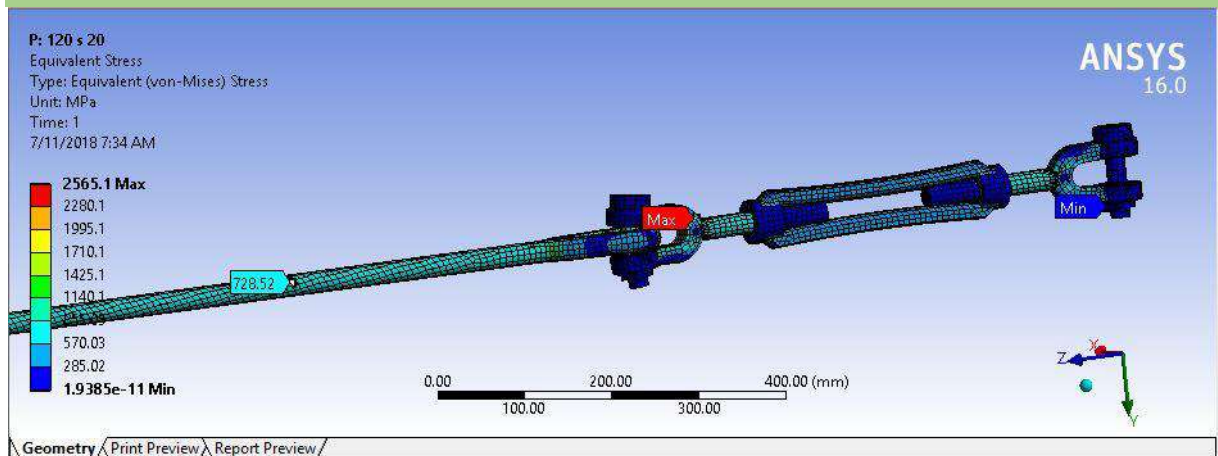


## Turnbuckle Kecil Pada Kondisi Kapal Miring 20°

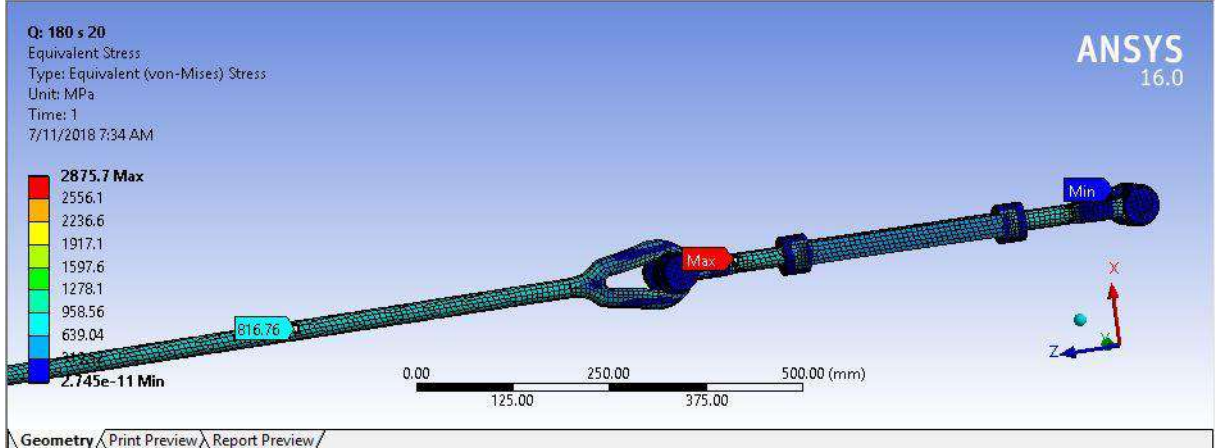
### Putaran 60



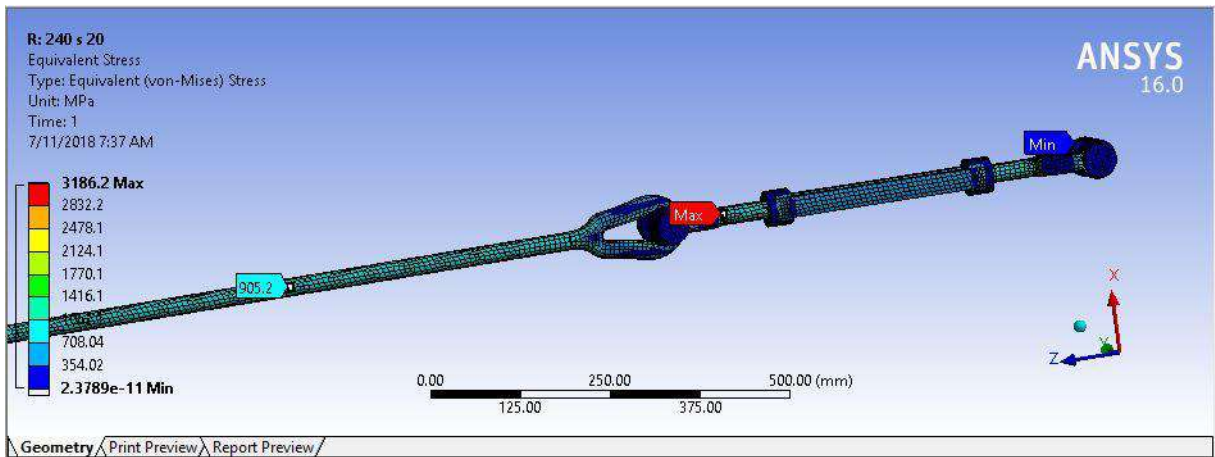
### Putaran 120



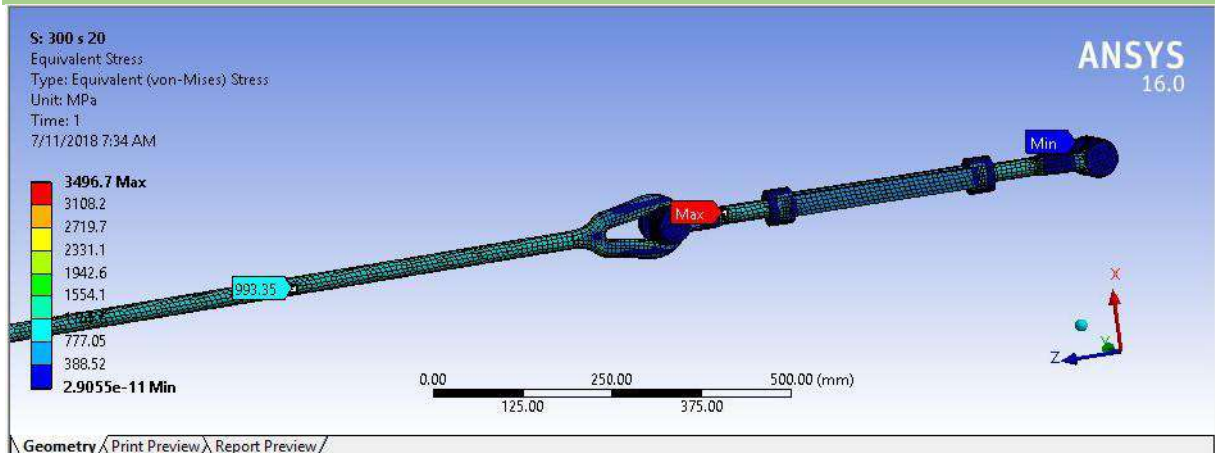
### Putaran 180



### Putaran 240

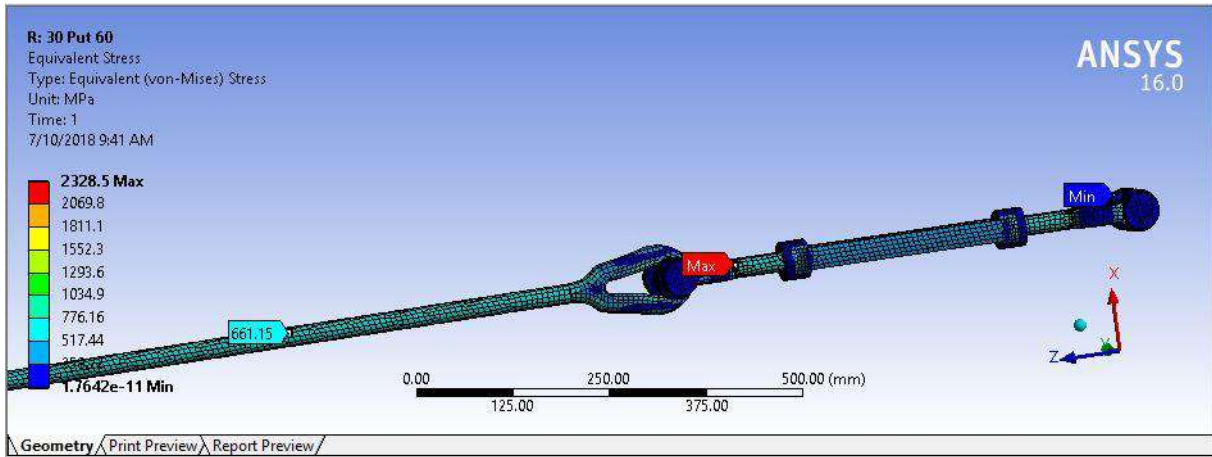


### Putaran 300

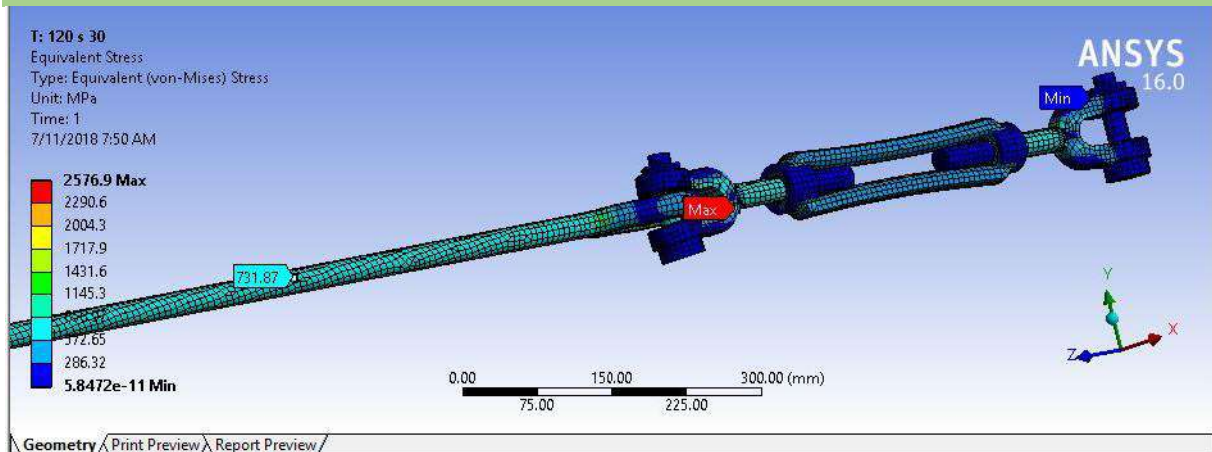


# Turnbuckle Kecil Pada Kondisi Kapal Miring 30°

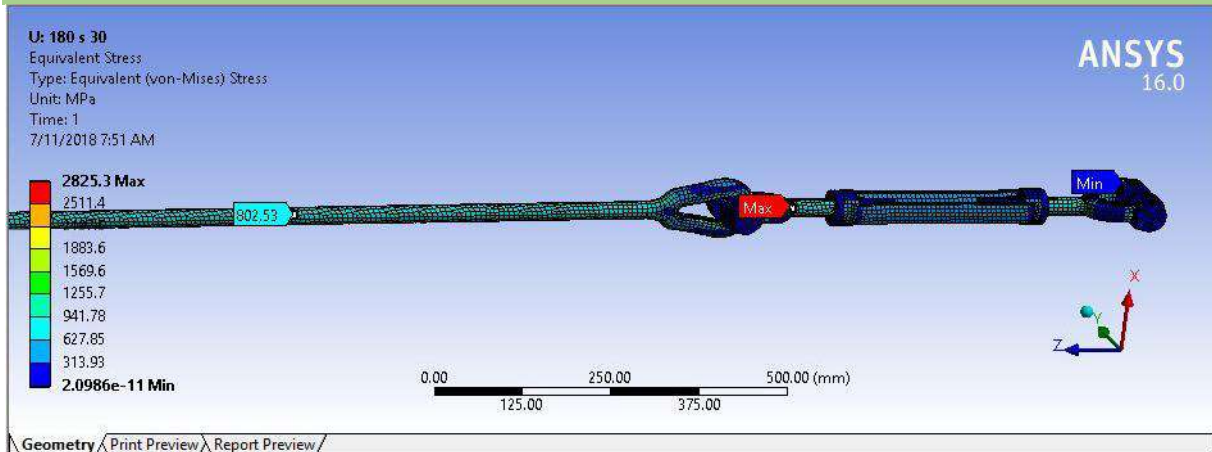
## Putaran 60



## Putaran 120

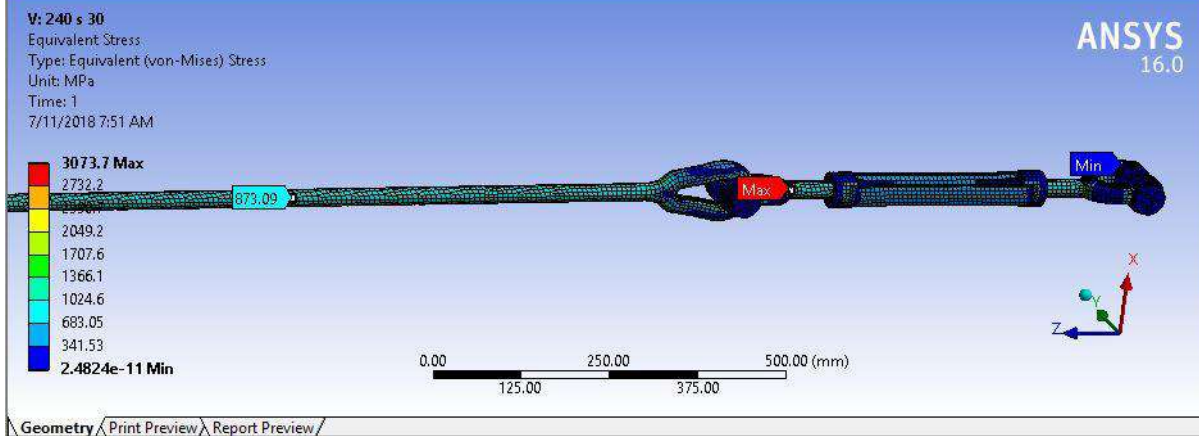


## Putaran 180

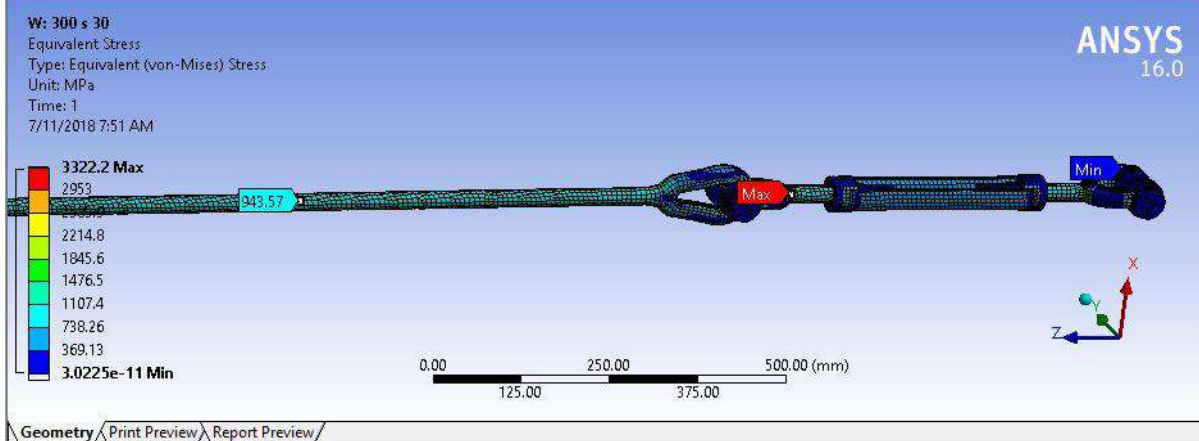




## Putaran 240

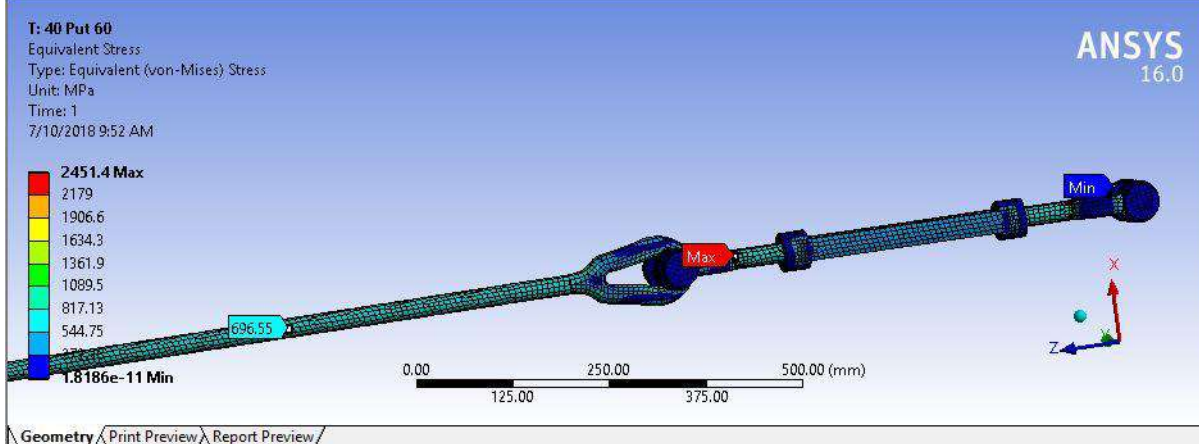


## Putaran 300

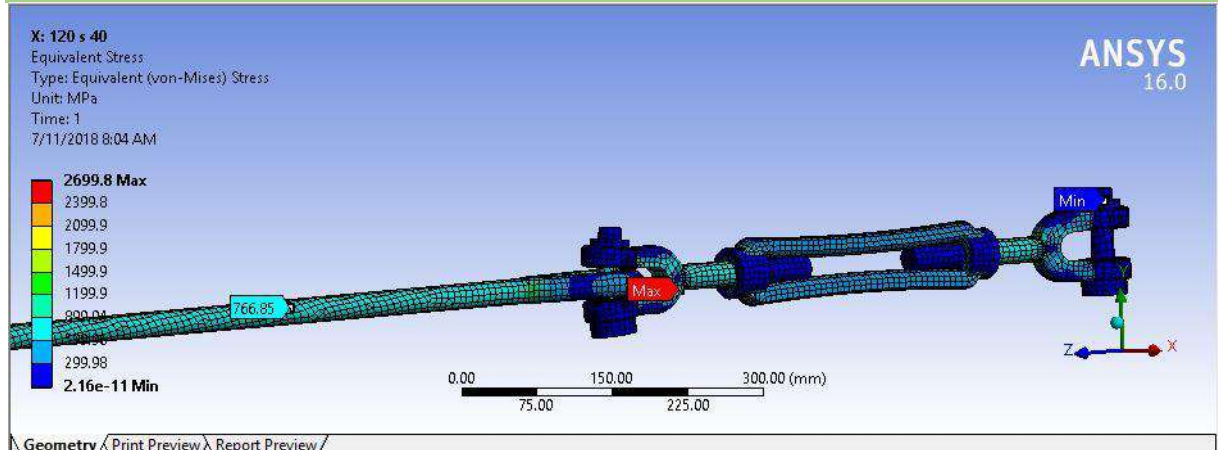


## Turnbuckle Kecil Pada Kondisi Kapal Miring 40°

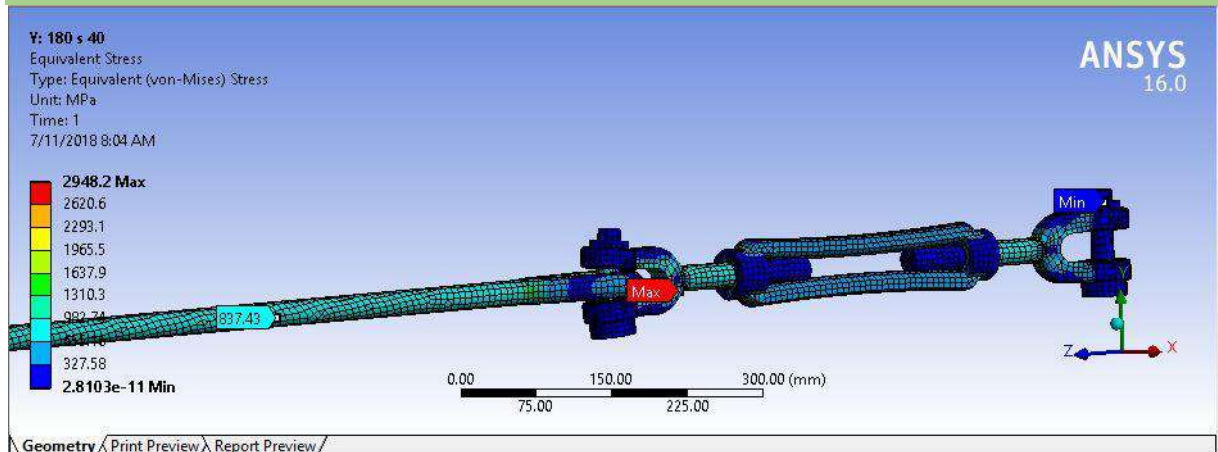
## Putaran 60



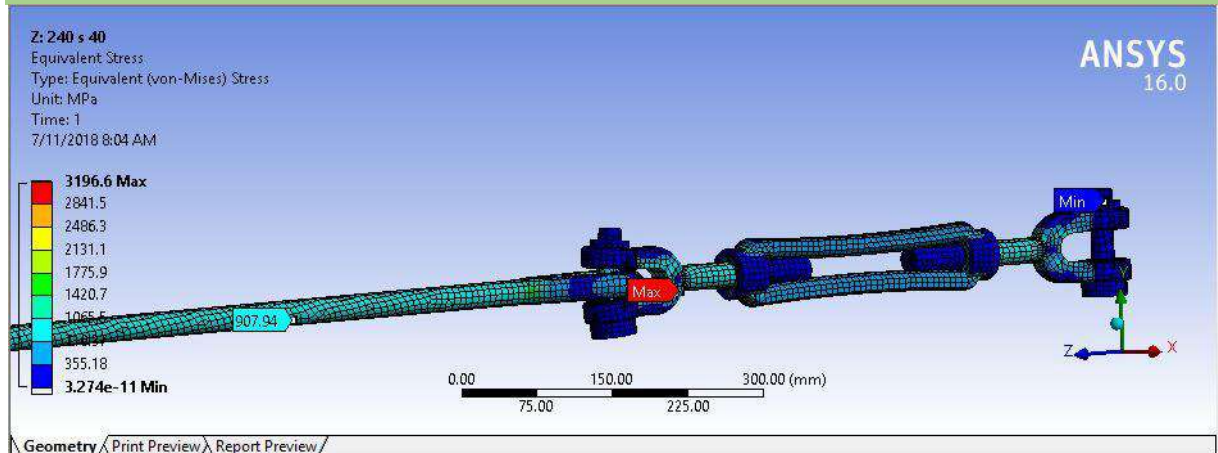
### Putaran 120



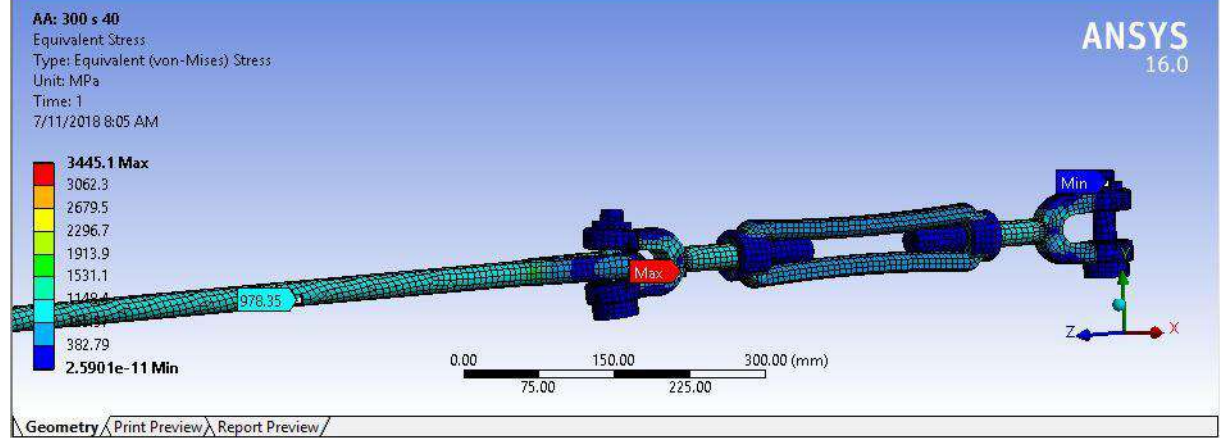
### Putaran 180



### Putaran 240

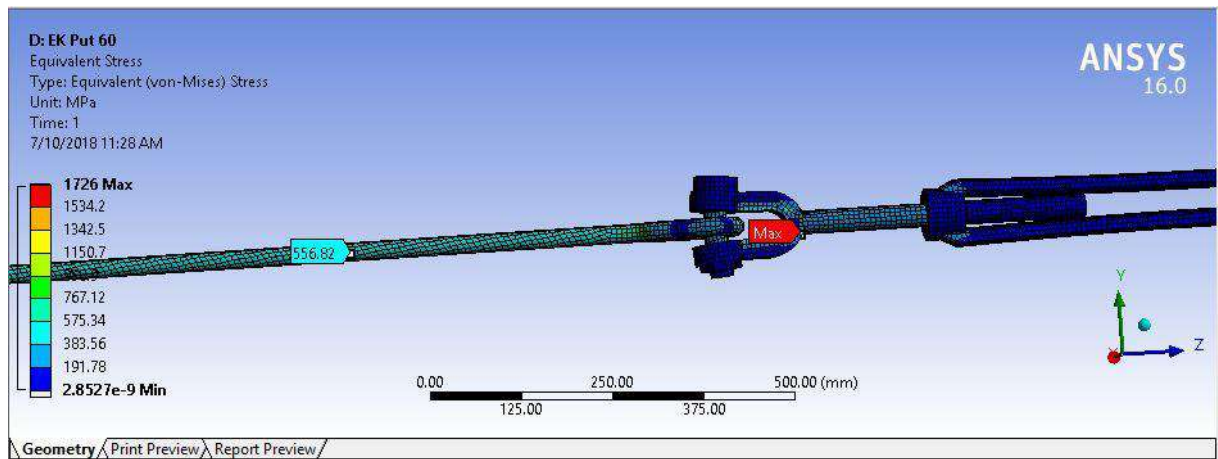


# Putaran 300

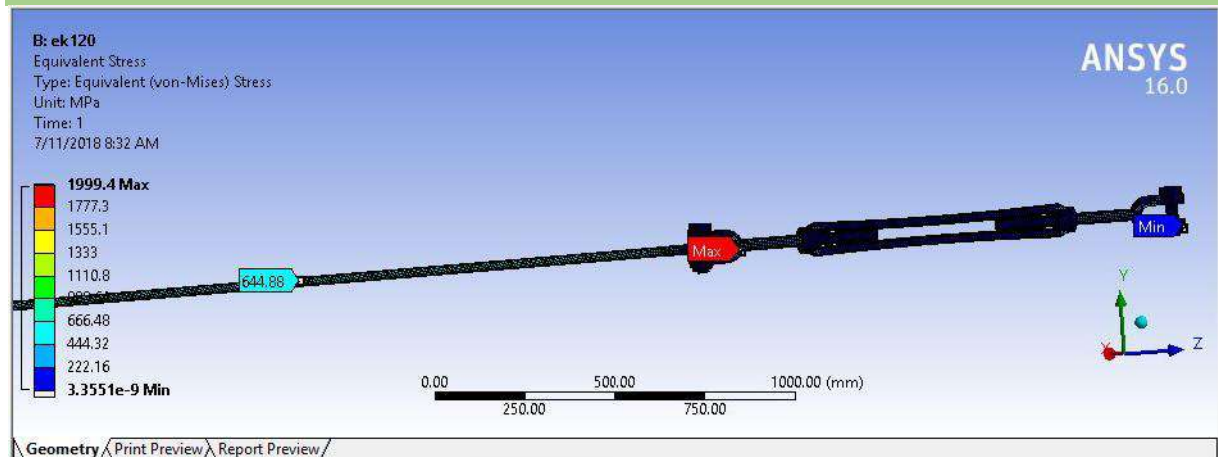


# Turnbuckle Sedang Pada Kondisi Even Keel

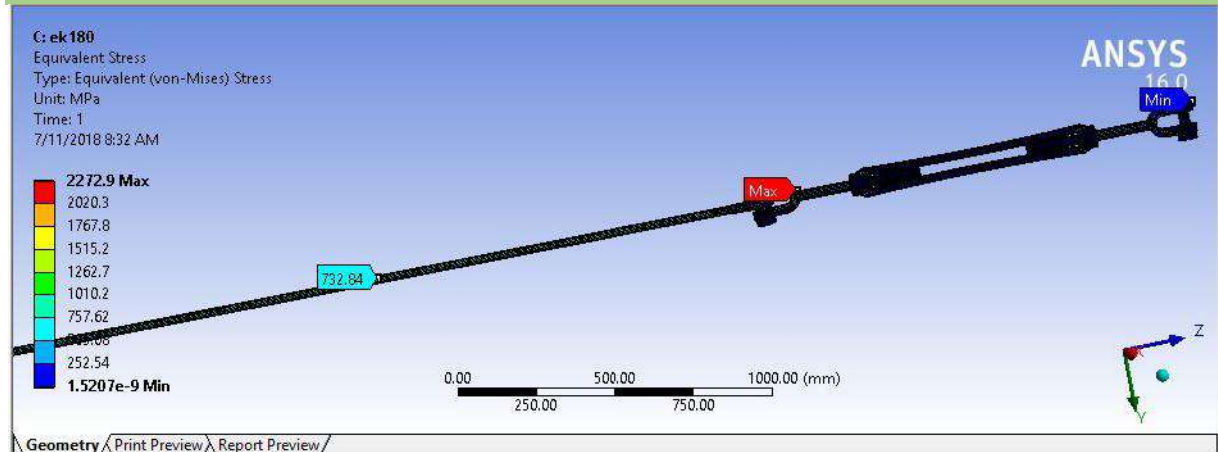
## Putaran 60



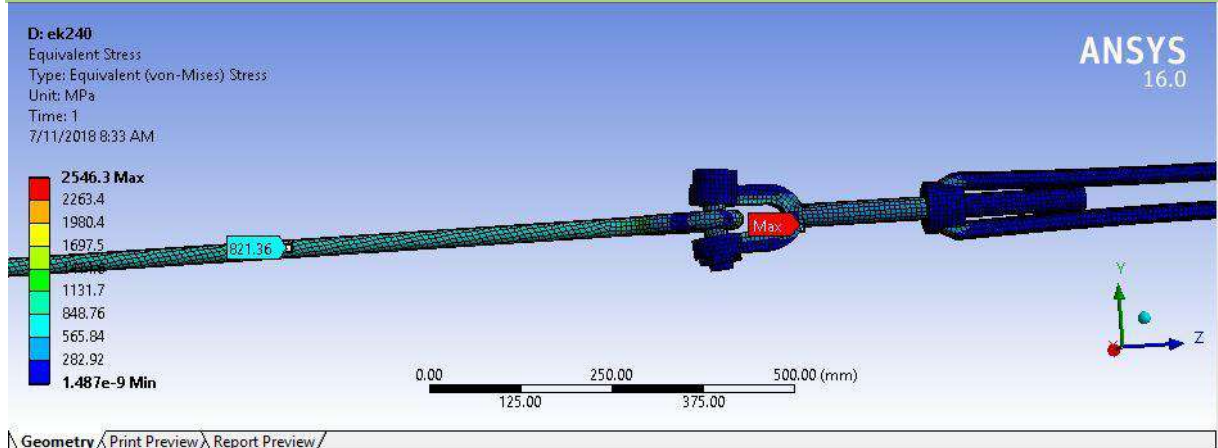
## Putaran 120



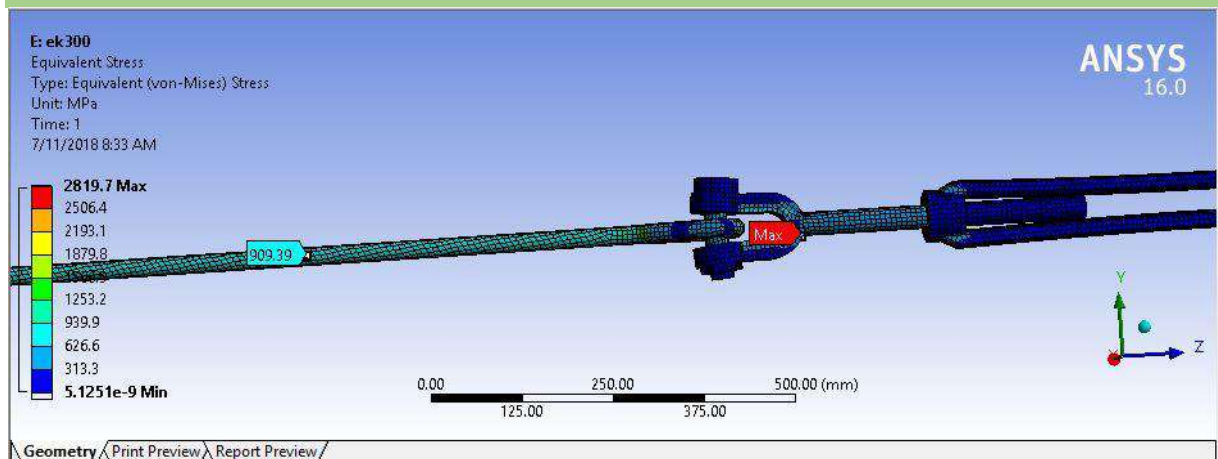
## Putaran 180



## Putaran 240

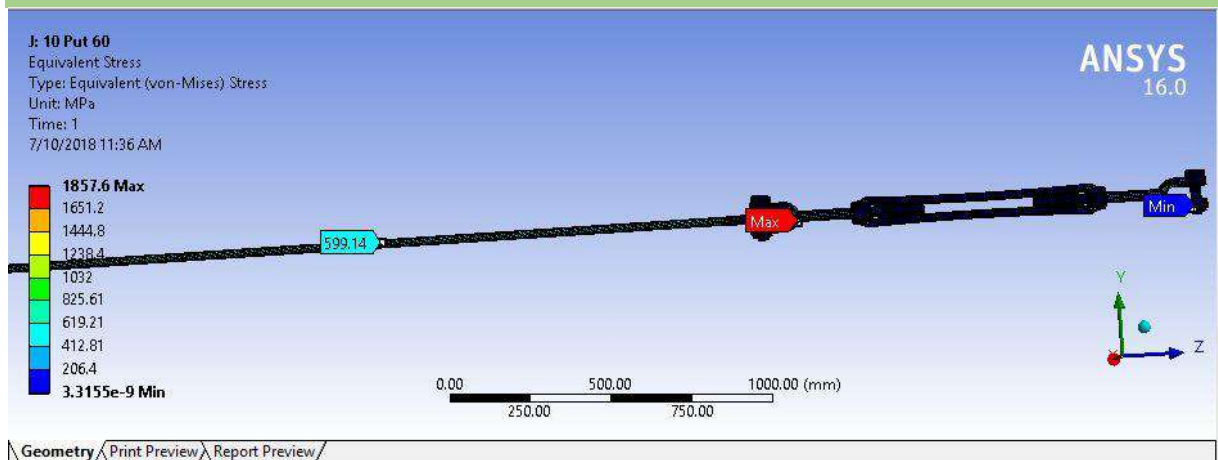


## Putaran 300

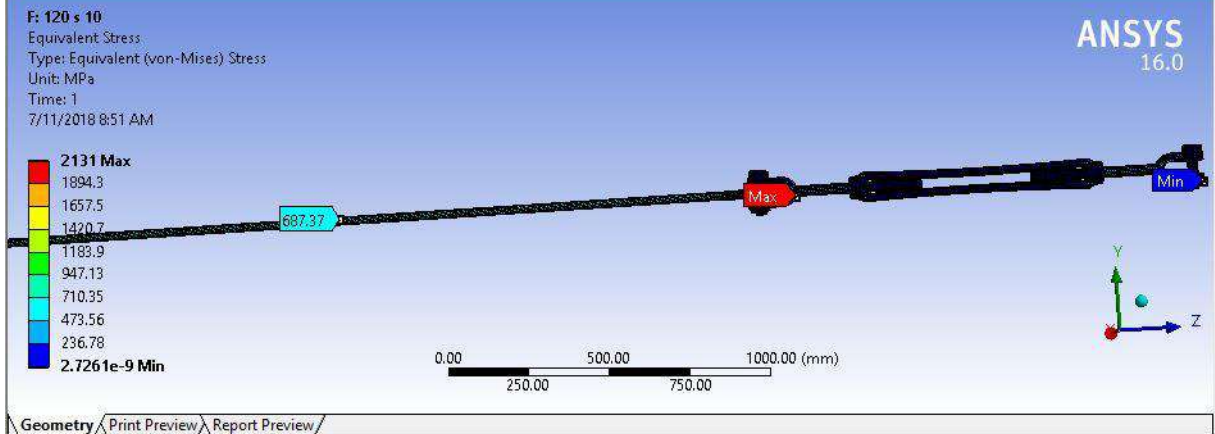


## Turnbuckle Sedang Pada Kondisi Kapal Miring 10°

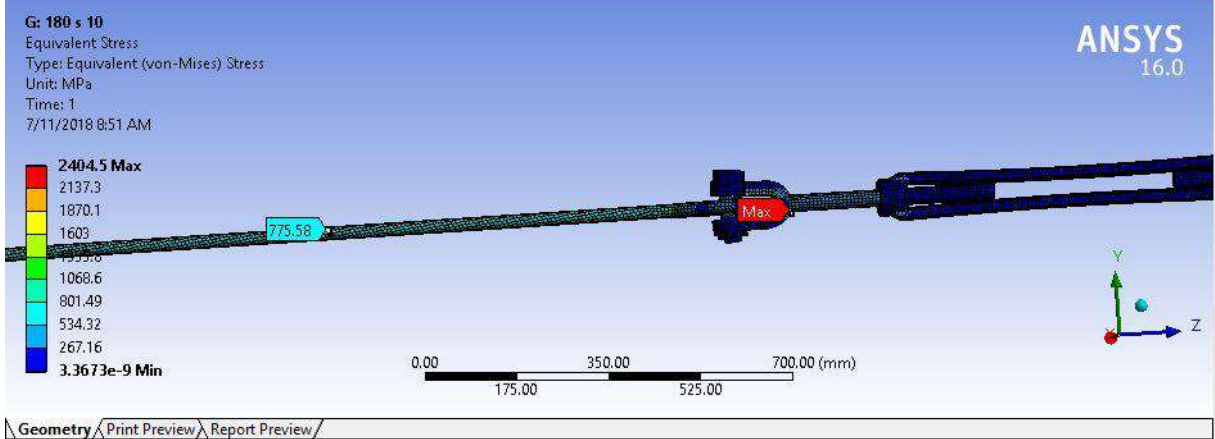
## Putaran 60



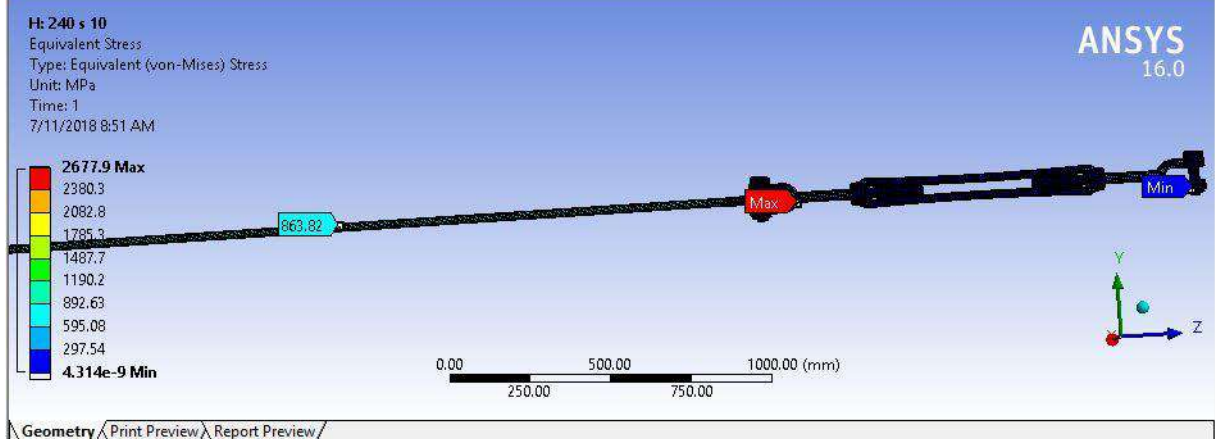
### Putaran 120



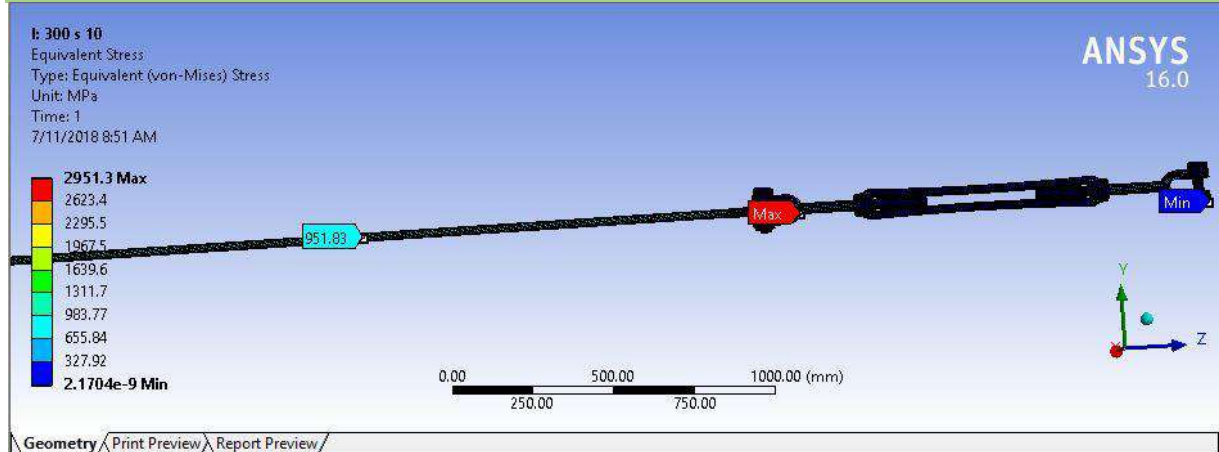
### Putaran 180



### Putaran 240

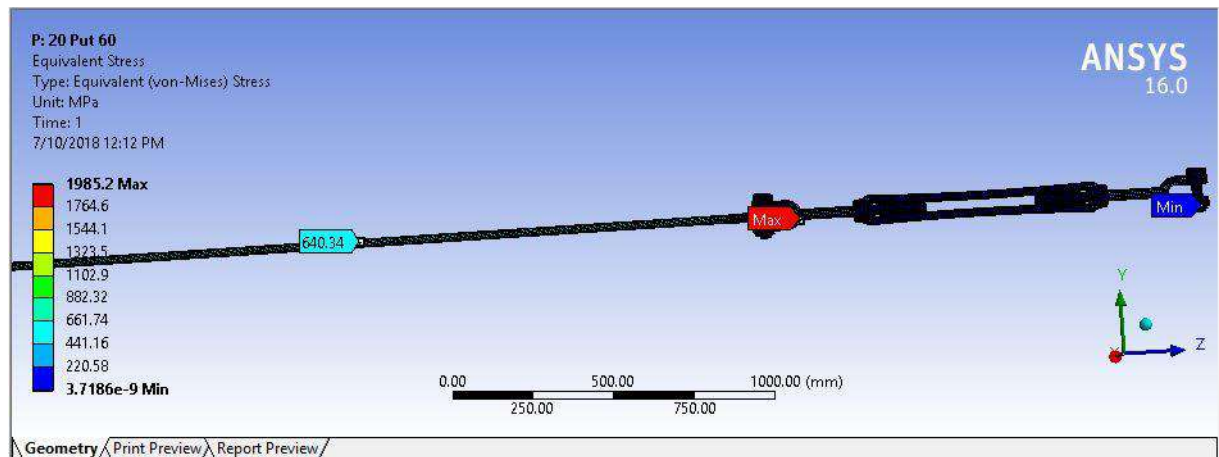


## Putaran 300

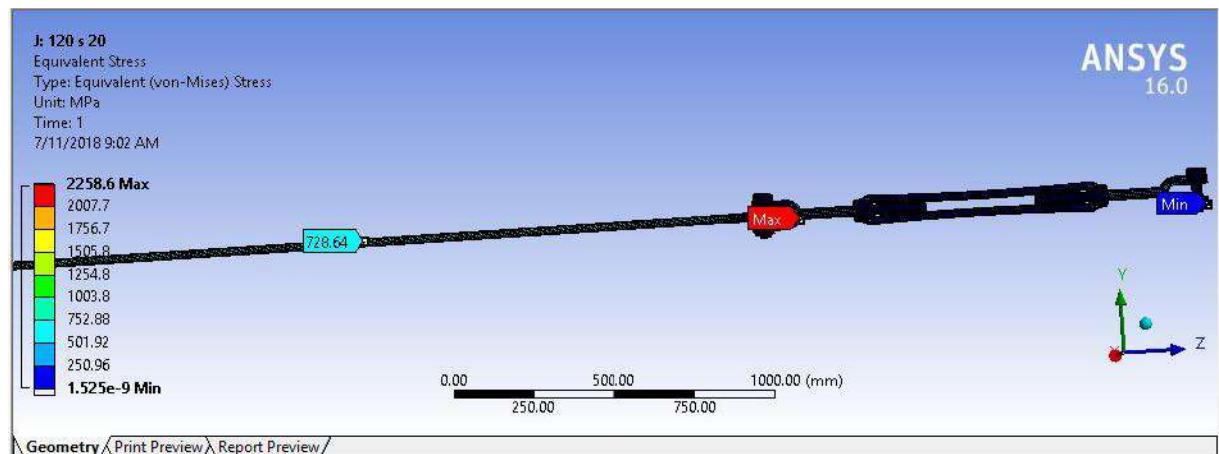


## Turnbuckle Sedang Pada Kondisi Kapal Miring 20°

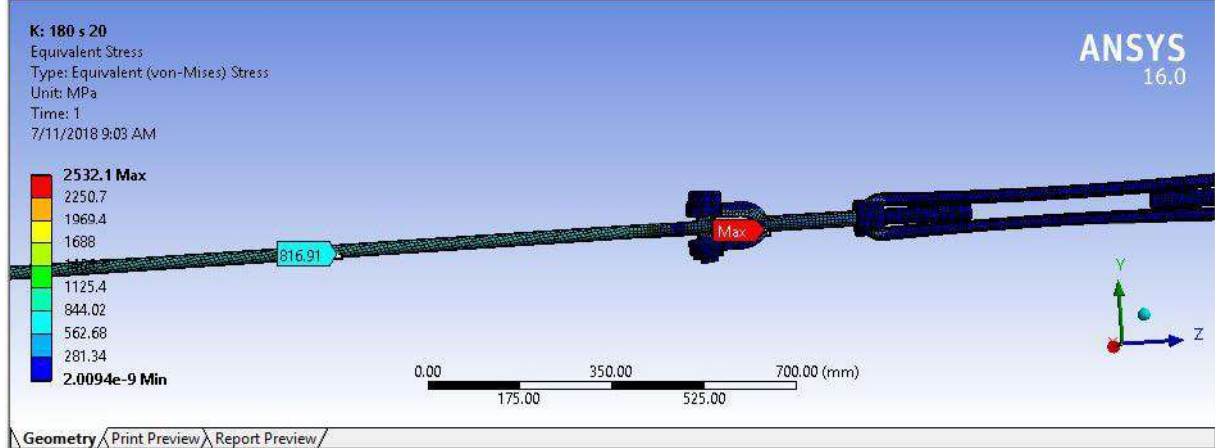
## Putaran 60



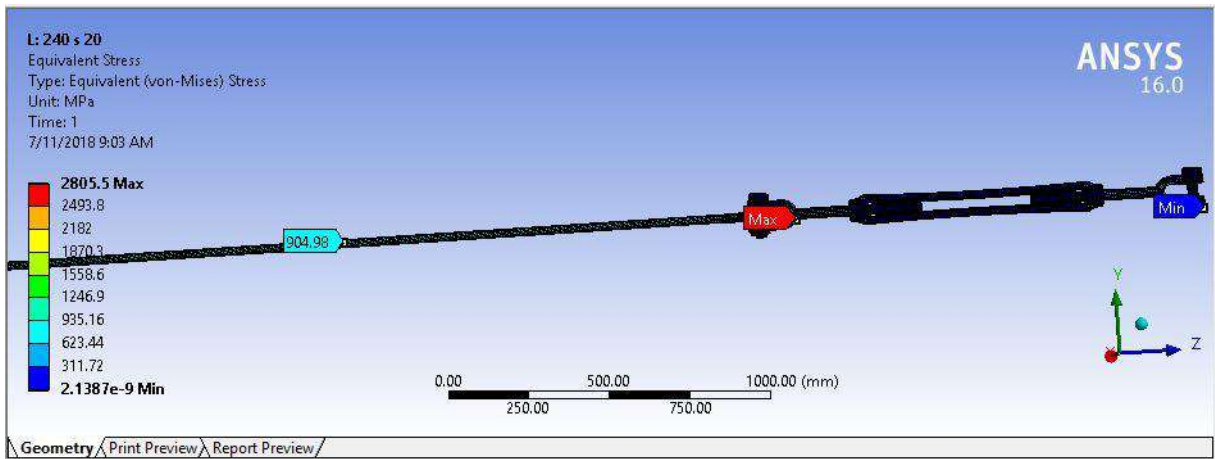
## Putaran 120



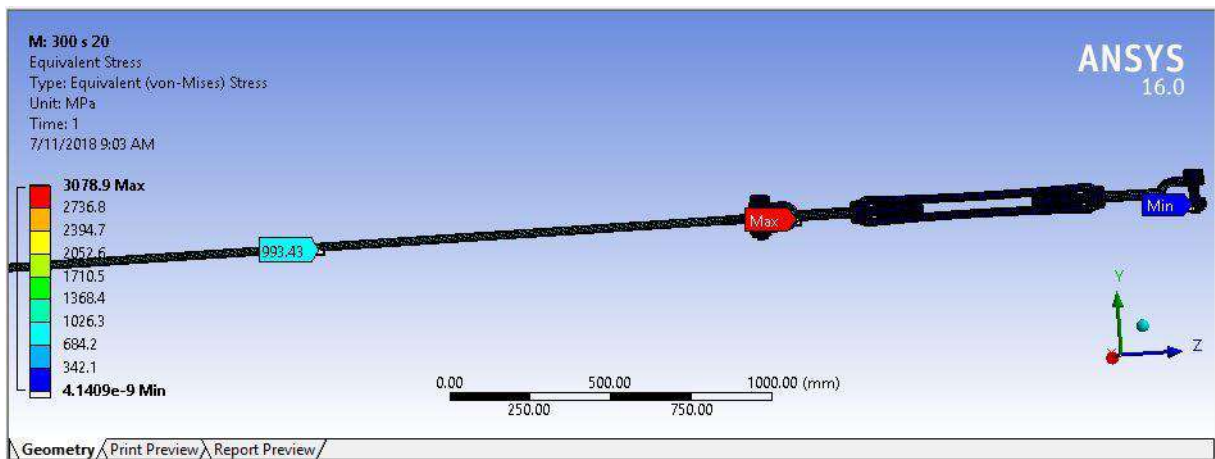
## Putaran 180



## Putaran 240



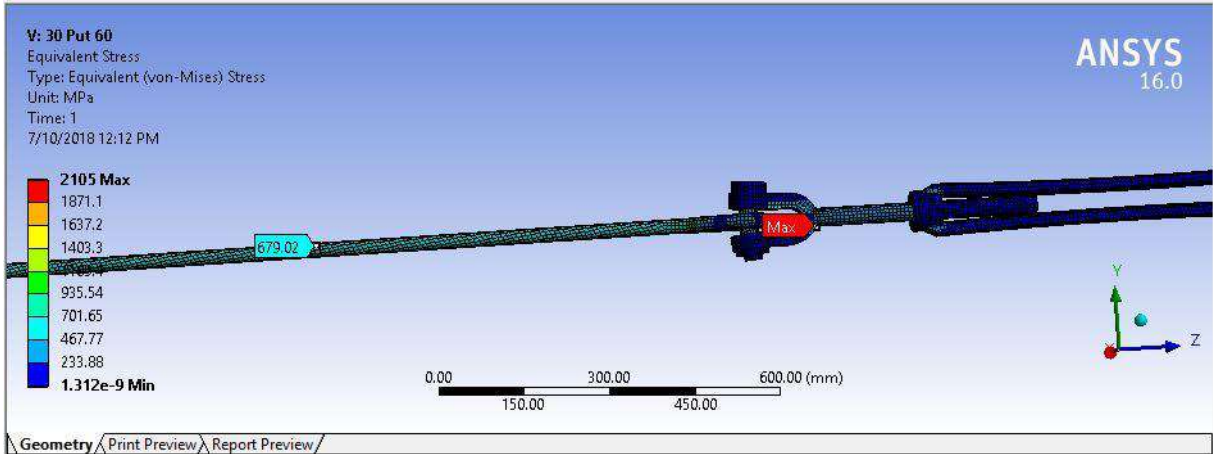
## Putaran 300



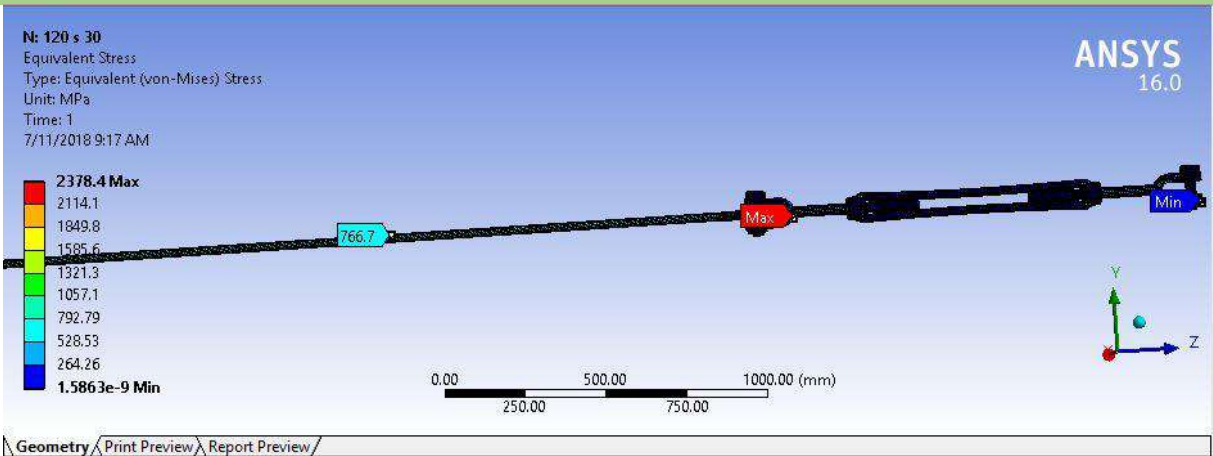


# Turnbuckle Sedang Pada Kondisi Kapal Miring 30°

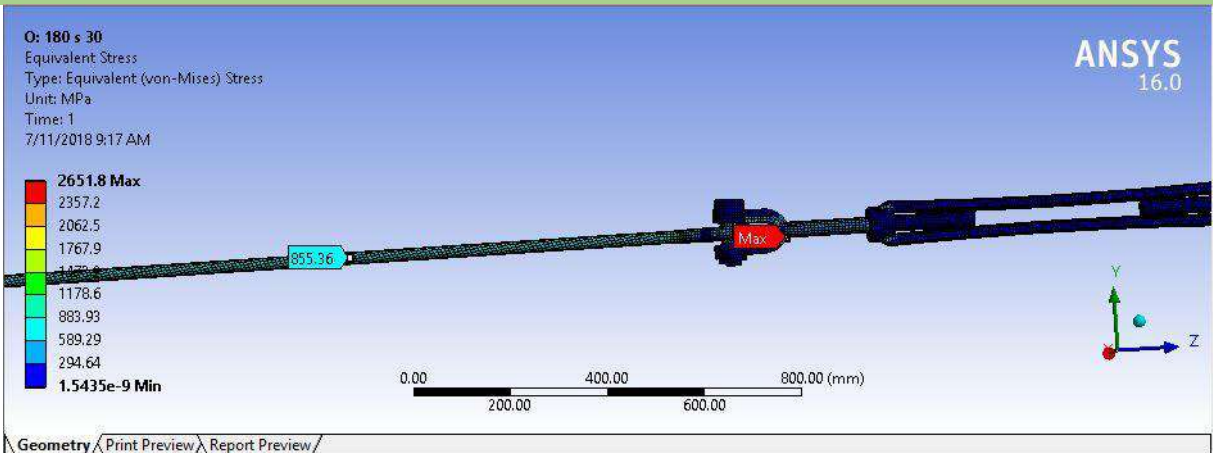
## Putaran 60



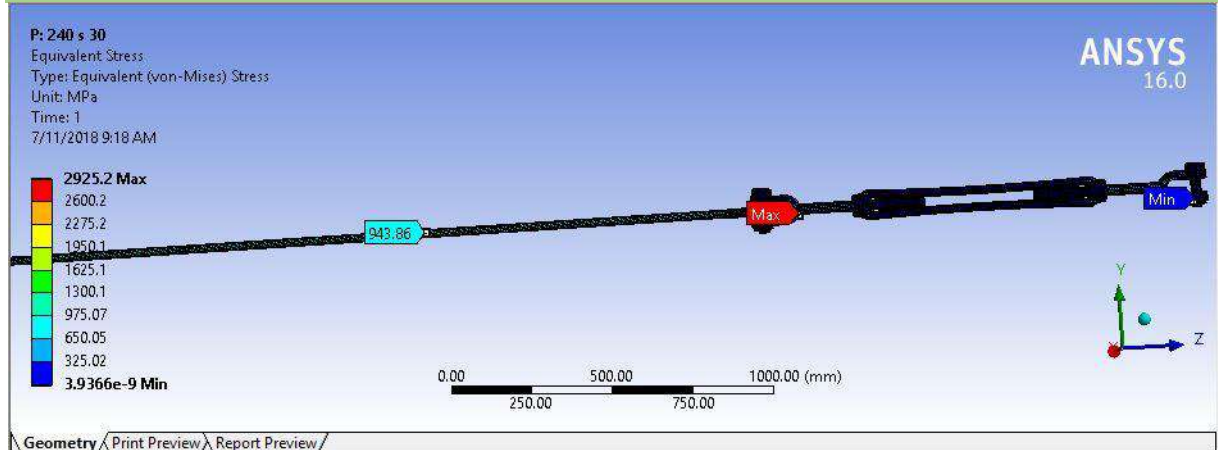
## Putaran 120



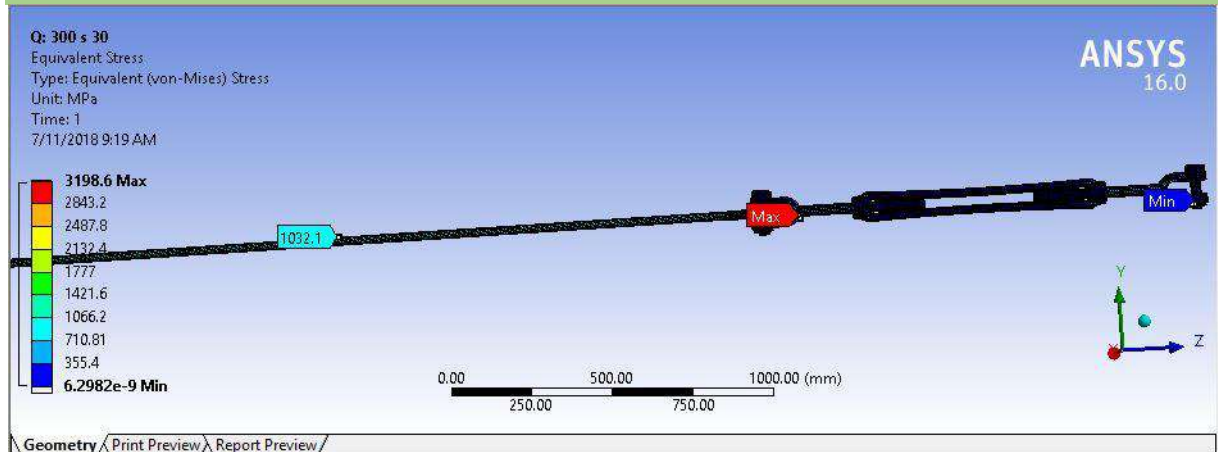
## Putaran 180



## Putaran 240

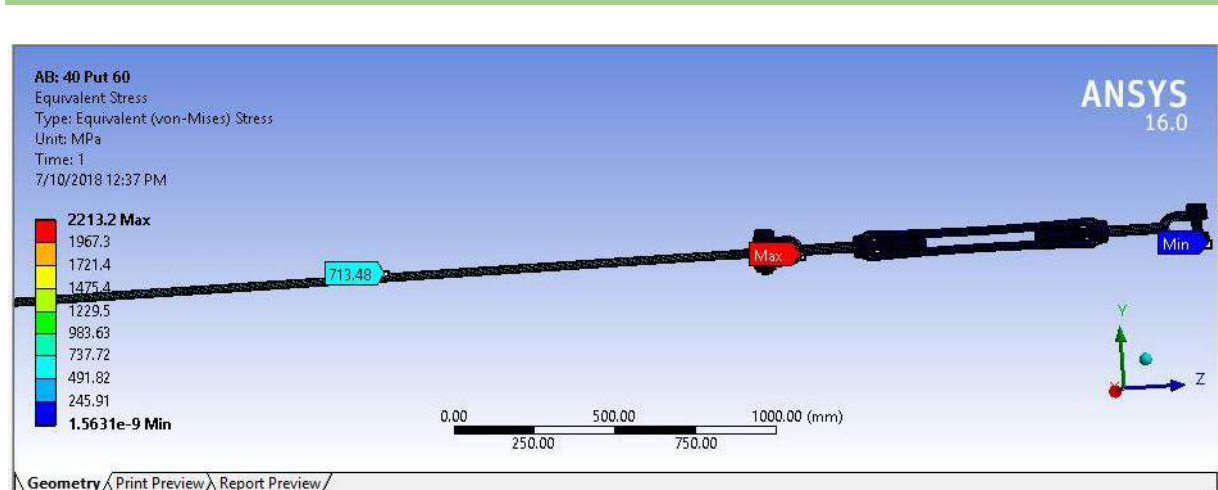


## Putaran 300

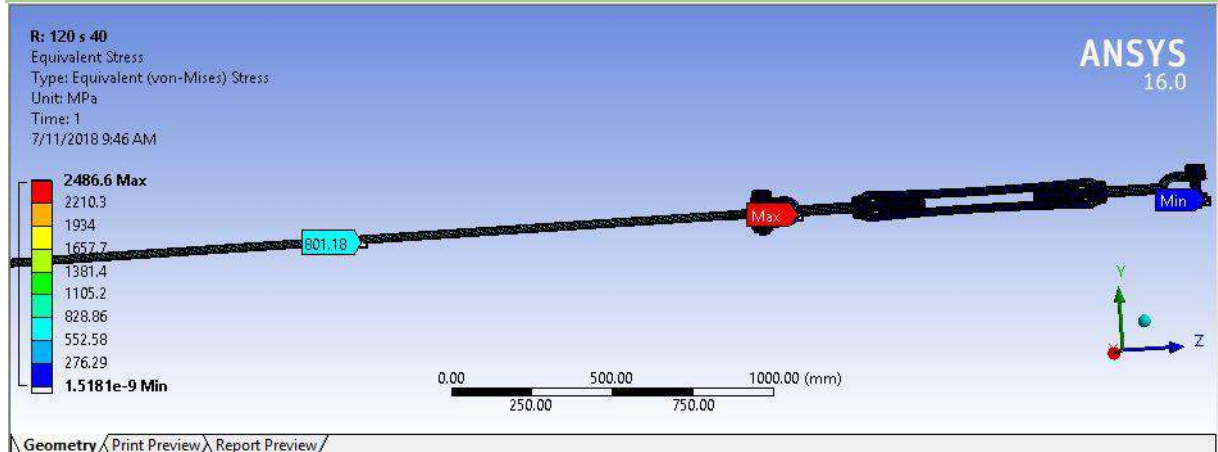


## Turnbuckle Sedang Pada Kondisi Kapal Miring 40°

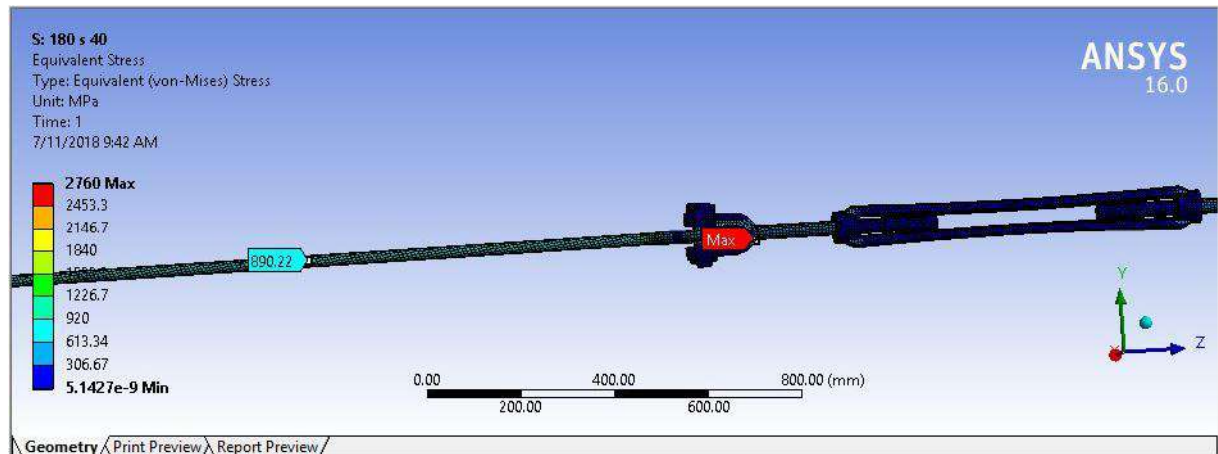
## Putaran 60



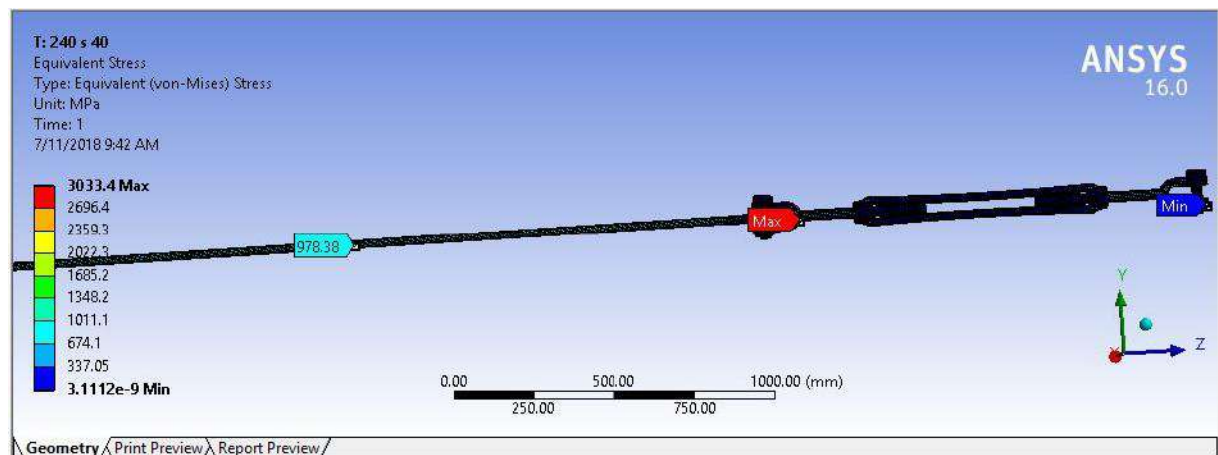
## Putaran 120



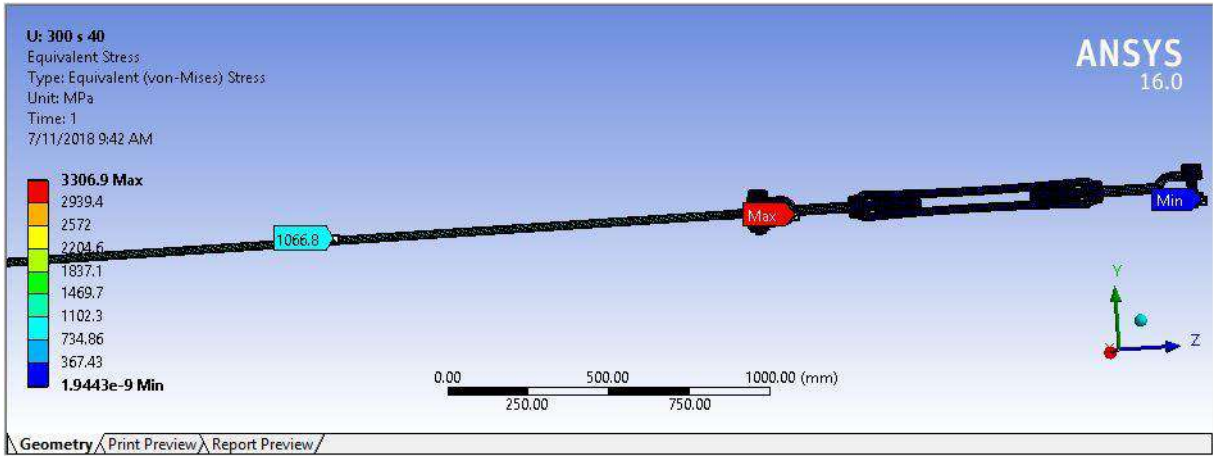
## Putaran 180



## Putaran 240

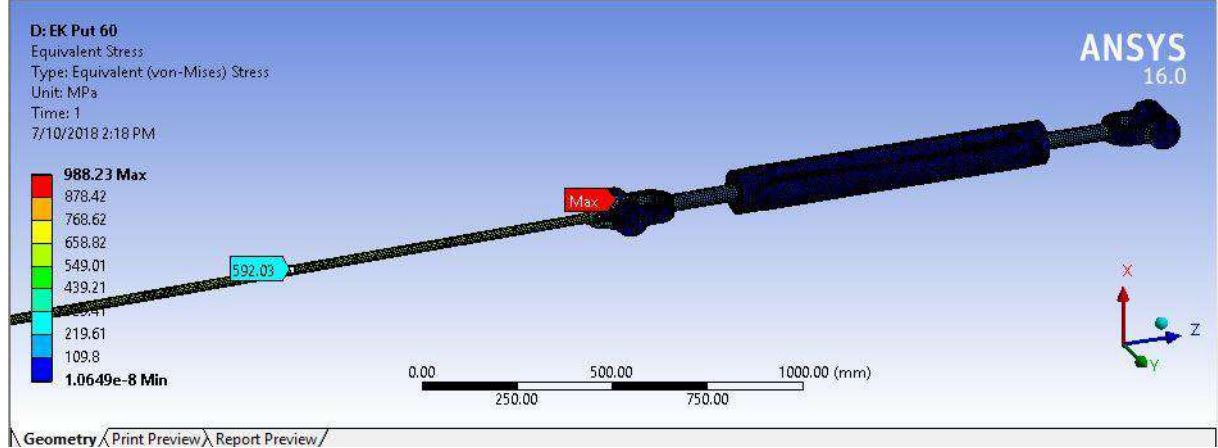


## Putaran 300

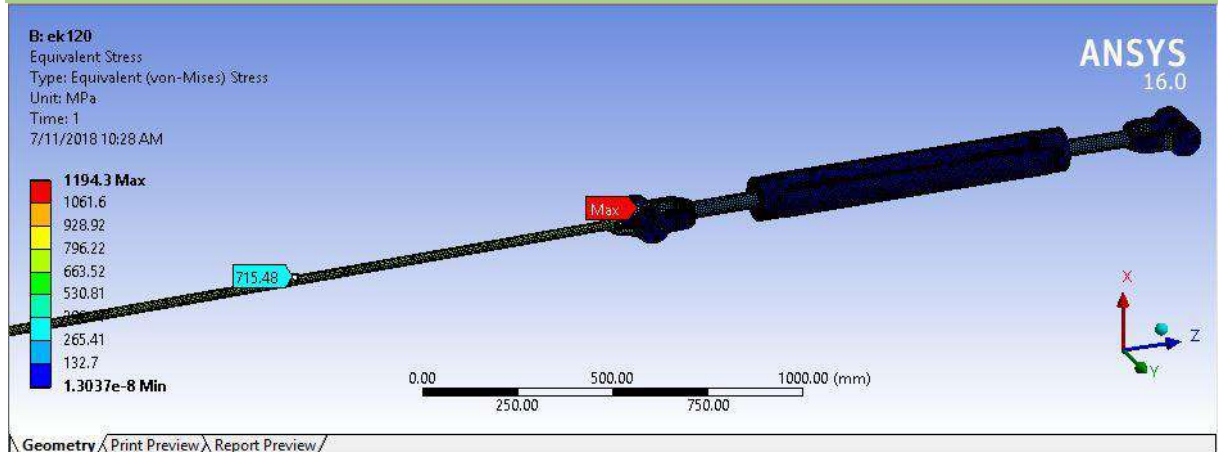


# Turnbuckle Besar Pada Kondisi Even Keel

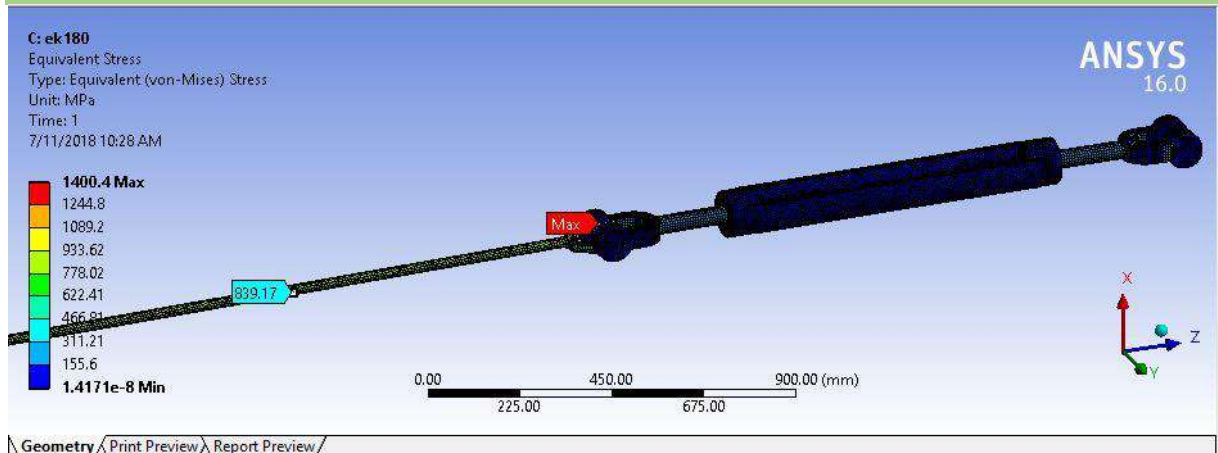
## Putaran 60



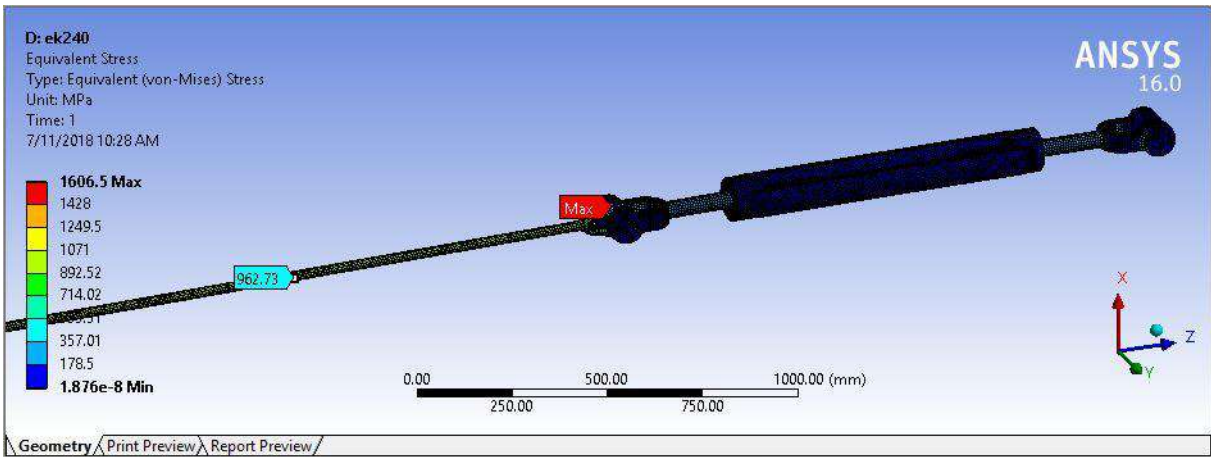
## Putaran 120



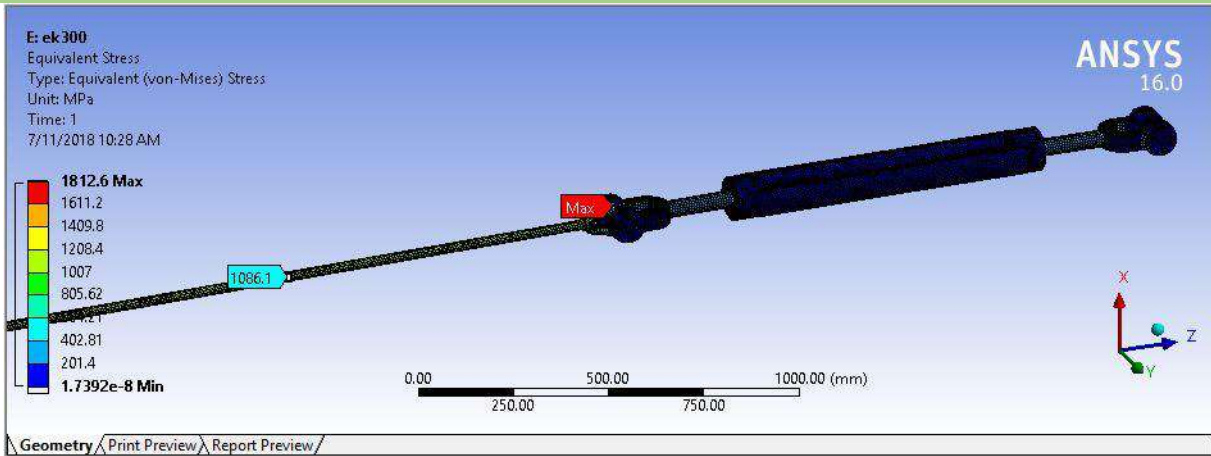
## Putaran 180



## Putaran 240

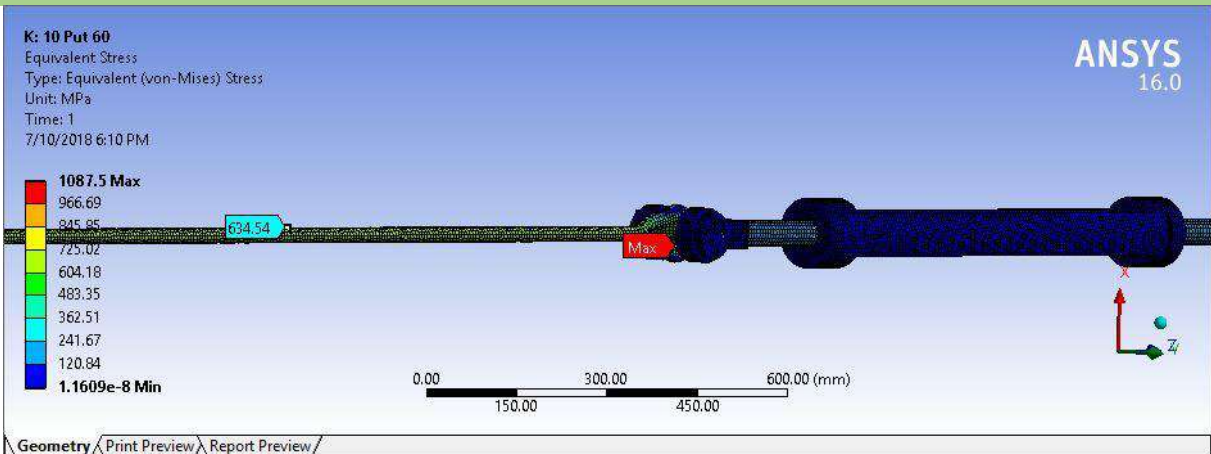


### Putaran 300

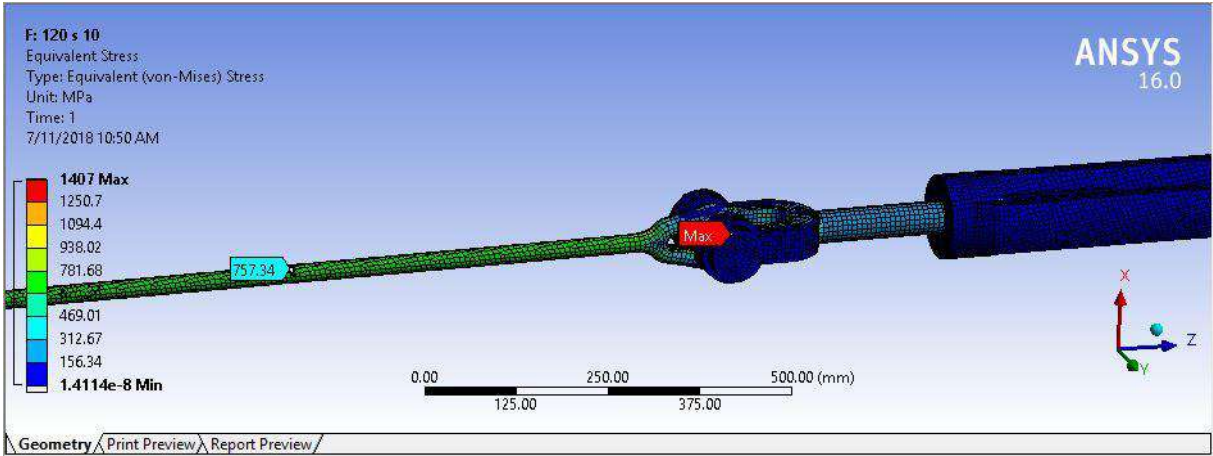


### Turnbuckle Besar Pada Kondisi Kapal Miring 10°

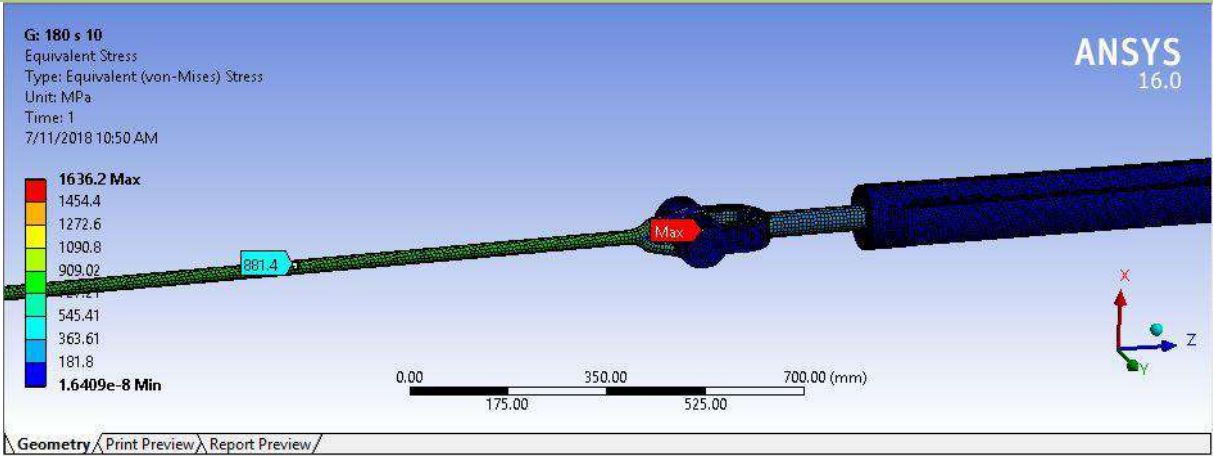
### Putaran 60



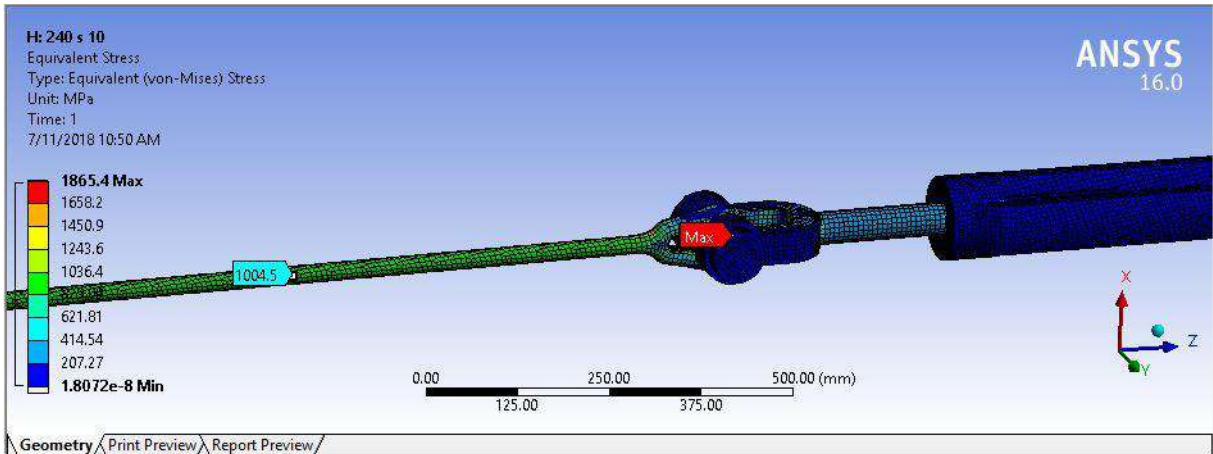
### Putaran 120



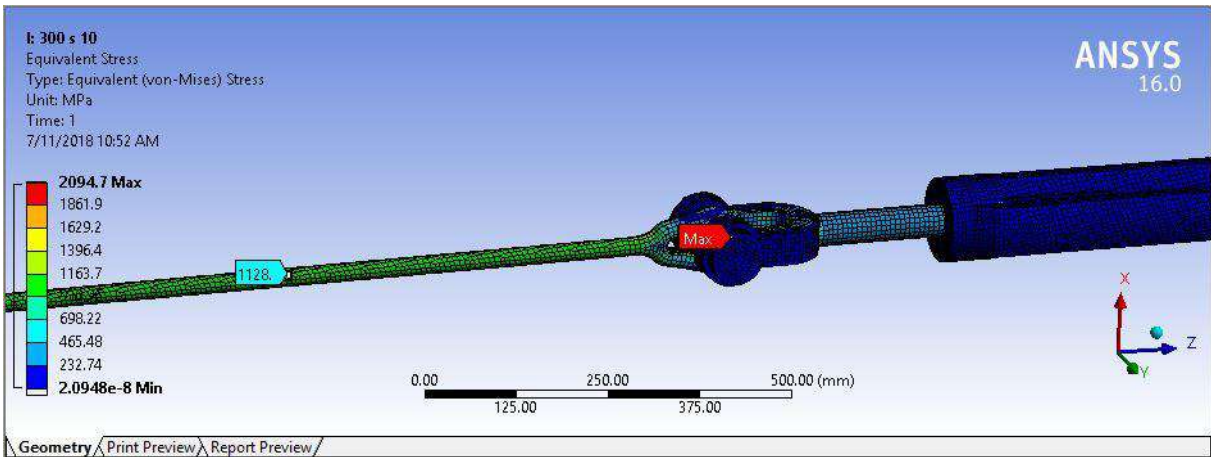
**Putaran 180**



**Putaran 240**

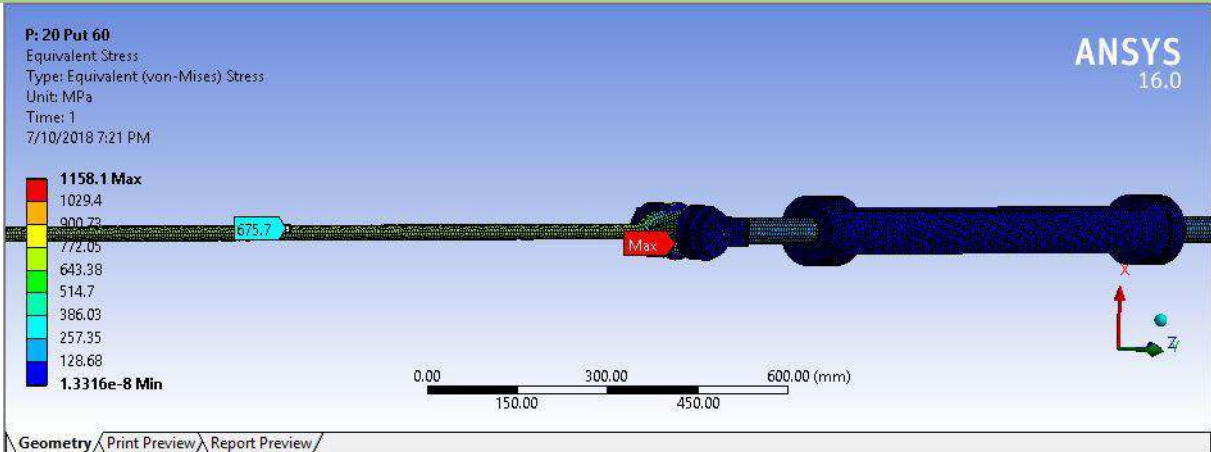


**Putaran 300**

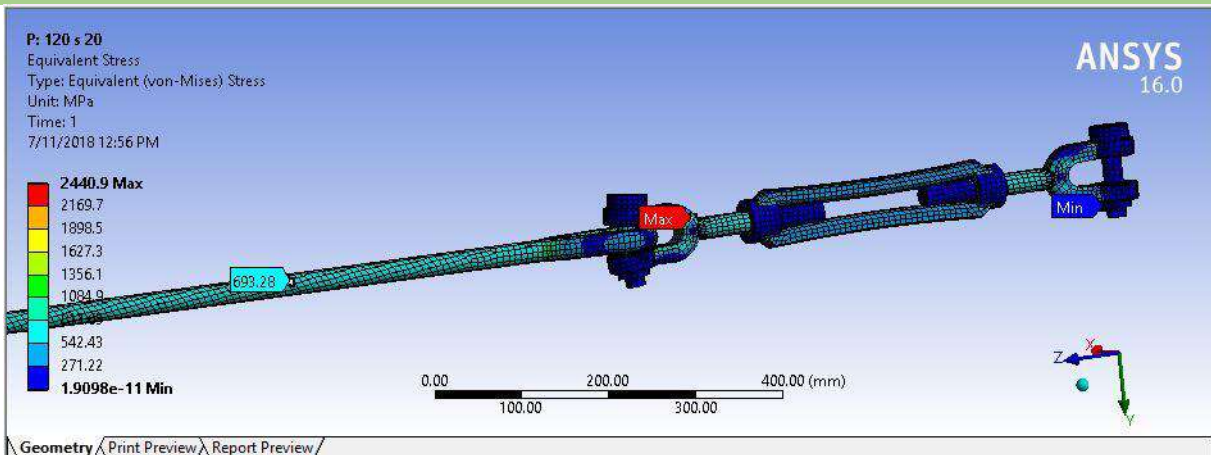


**Turnbuckle Besar**  
 Pada Kondisi Kapal Miring 20°

**Putaran 60**

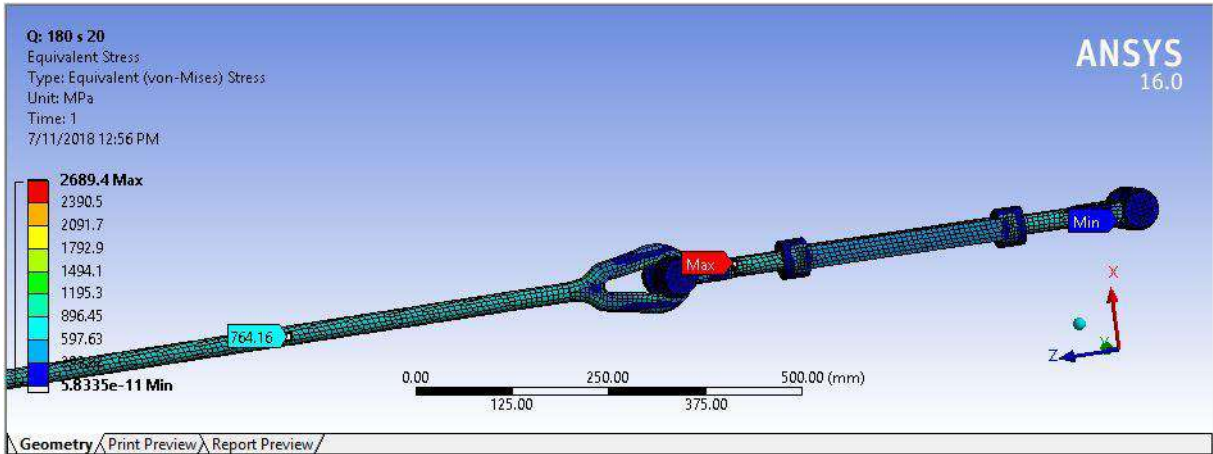


**Putaran 120**

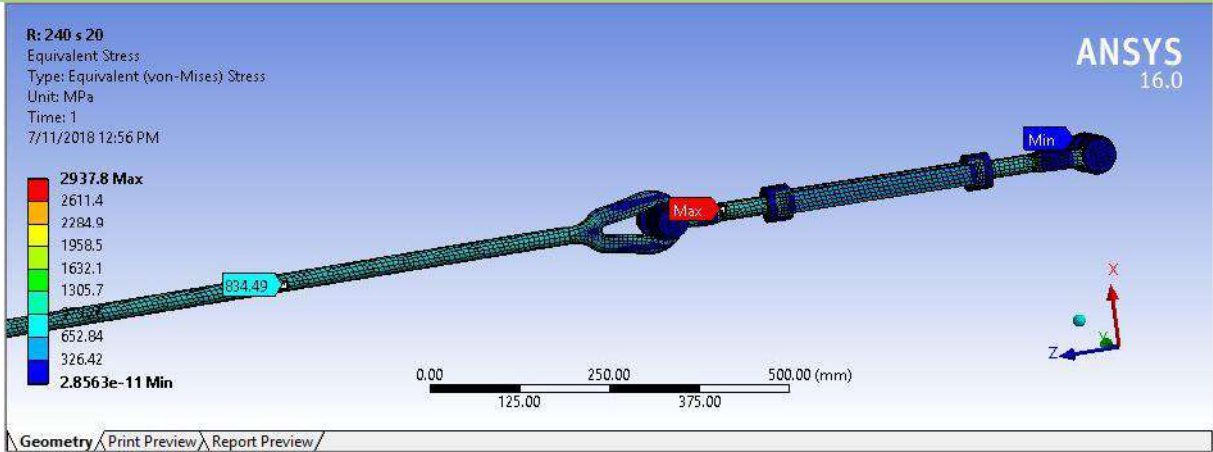


**Putaran 180**

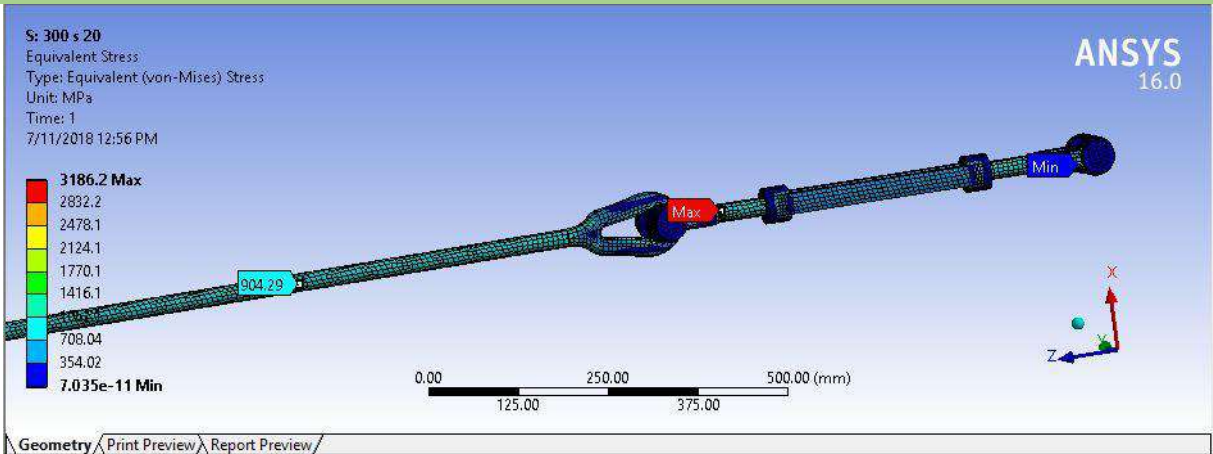




### Putaran 240

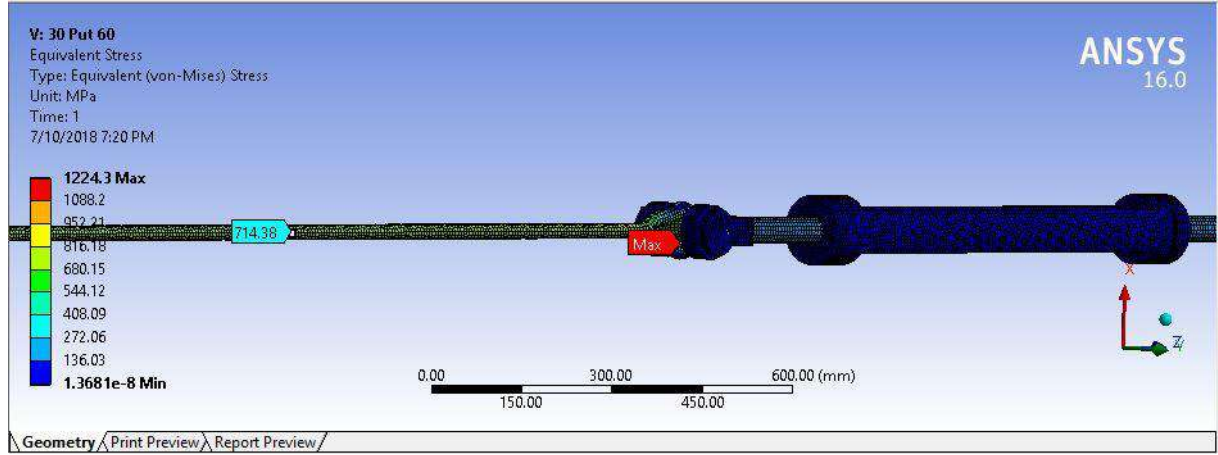


### Putaran 300

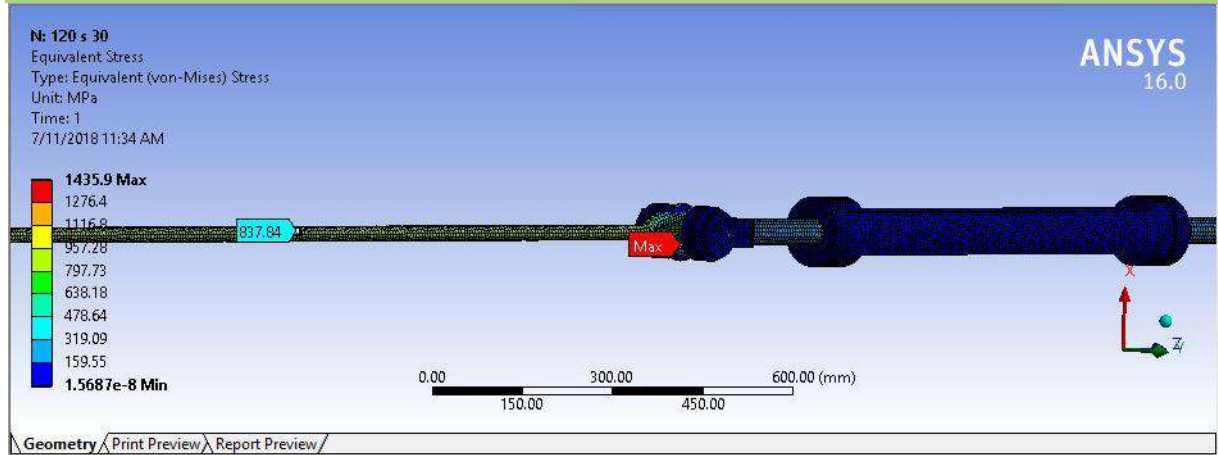


# Turnbuckle Besar Pada Kondisi Kapal Miring 30°

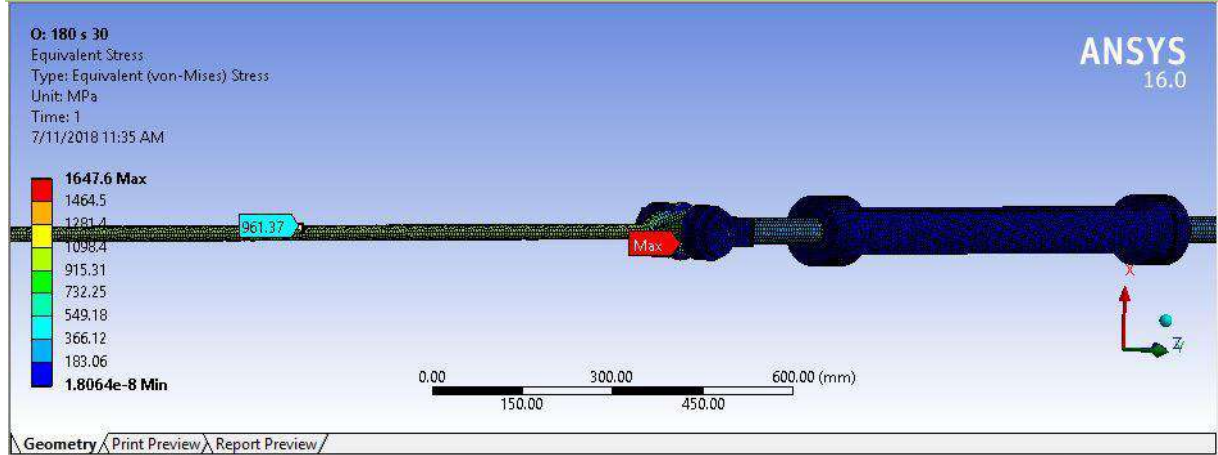
## Putaran 60



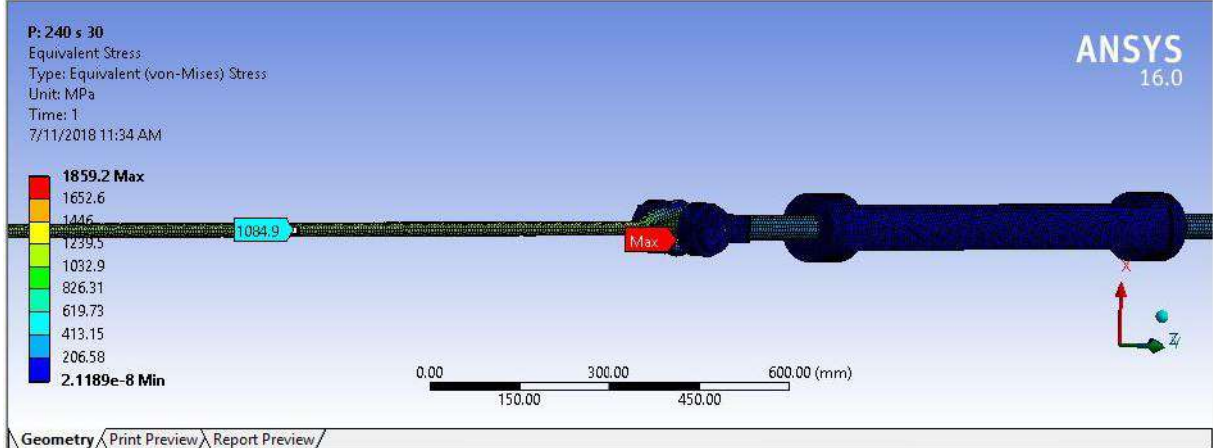
## Putaran 120



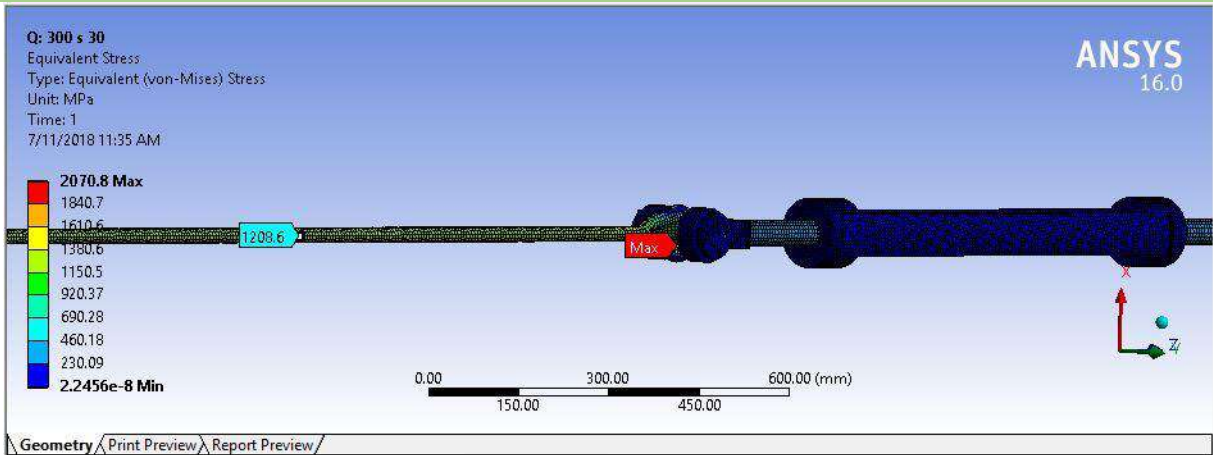
## Putaran 180



## Putaran 240

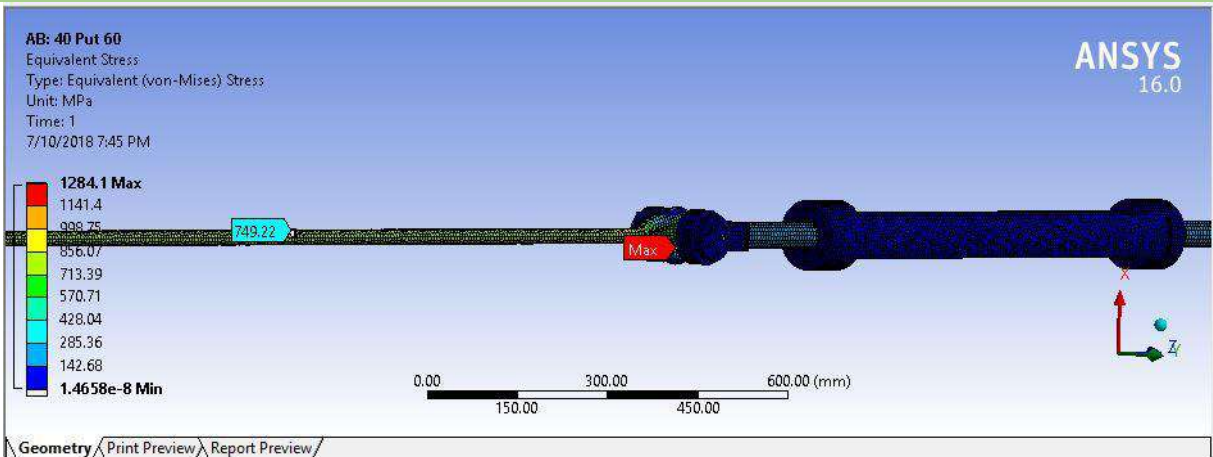


## Putaran 300

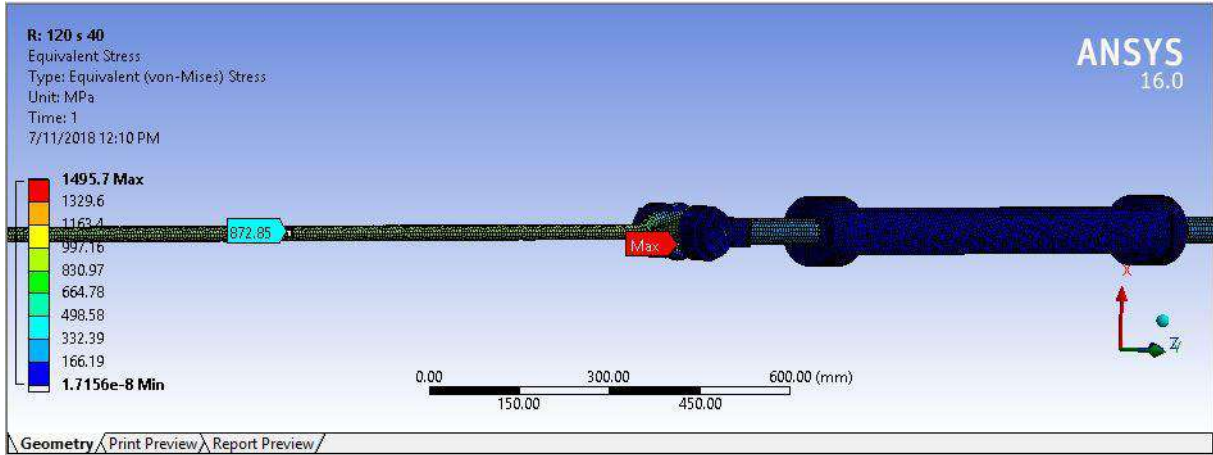


## Turnbuckle Besar Pada Kondisi Kapal Miring 40°

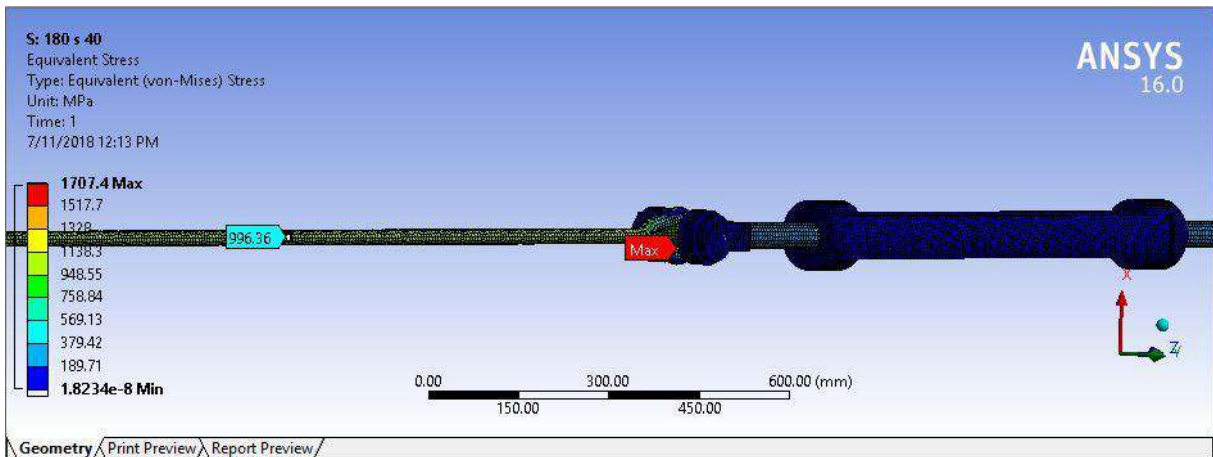
## Putaran 60



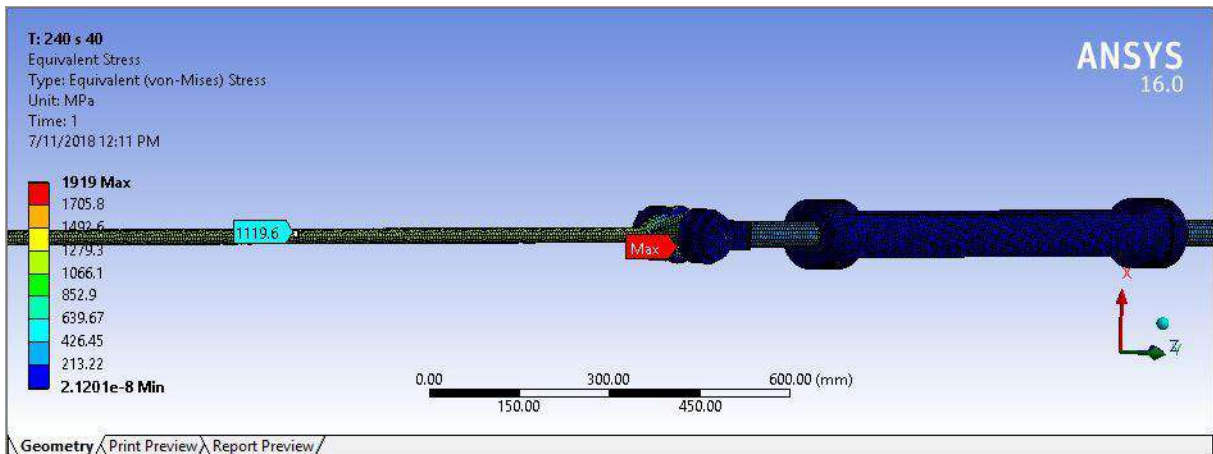
## Putaran 120



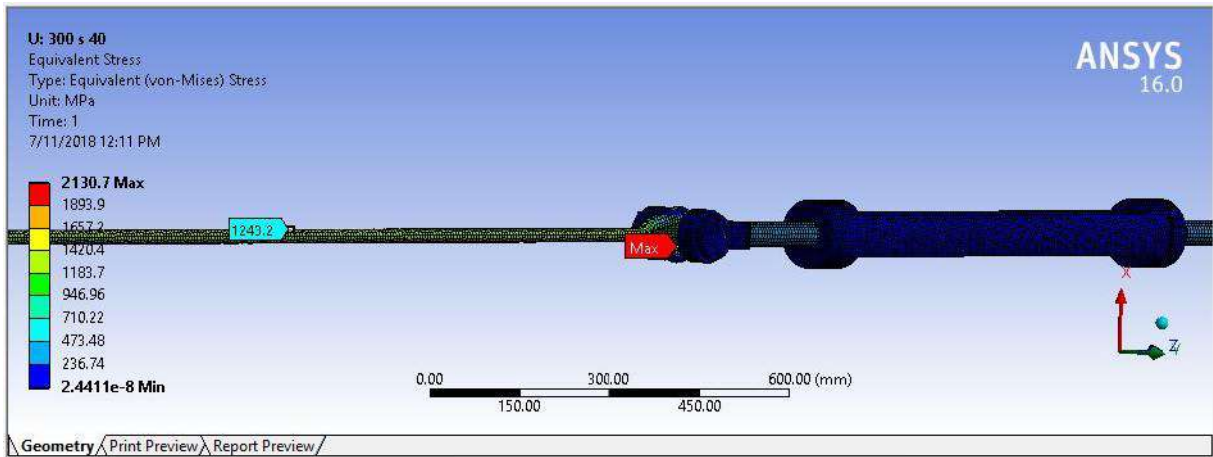
## Putaran 180



## Putaran 240



# Putaran 300



## BIODATA PENULIS



Muhammad Rifqi AUFAR, itulah nama lengkap penulis. Dilahirkan di Lhokseumawe Provinsi Aceh pada 10 Januari 1997 silam, Penulis merupakan anak kedua dari empat saudara dalam keluarga. Penulis menempuh pendidikan formal tingkat dasar pada TK Muhammadiyah Lhokseumawe, kemudian melanjutkan ke SDN 2 Lhokseumawe, SMPN 1 Lhokseumawe satu tahun dan SMPN 2 Sigli selamada dua tahun dan menumpuh pendidikan SMAN 10 Fajar Harapan Banda Aceh.

Setelah lulus SMA, Penulis diterima di Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS pada tahun 2014 melalui jalur SNMPTN. Di Departemen Teknik Perkapalan Penulis mengambil Bidang Studi Rekayasa Perkapalan – Konstruksi dan Kekuatan Kapal. Selama masa studi di ITS, selain kuliah Penulis juga pernah menjadi sekretaris Departemen Pengembangan Daya Mahasiswa (PSDM) HIMATEKPAL ITS periode 2015/2016, Ketua Umum Pelajar Mahasiswa Kekeluargaan Tanah Rencong Surabaya periode 2016/2017 dan Kepala Divisi Pelatihan Pengembangan Daya Mahasiswa (PSDM) Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas Teknologi Kelautan ITS periode 2016/2017. Selan itu, Penulis juga pernah aktif menjadi tim tarian Rapai Geleng Sagoe dan tampil dibeberapa acara.

Email: [rifqi.aufar14@mhs.na.its.ac.id](mailto:rifqi.aufar14@mhs.na.its.ac.id)/[muhammadrifqiaufar@gmail.com](mailto:muhammadrifqiaufar@gmail.com)