

## STUDI KEKUATAN *EYEBOLT* PADA PROSES PENGANGKATAN *WELLHEAD*

Sandhy Purnomo Putra<sup>1</sup>, Mufti Fathonah Muvariz<sup>1\*</sup>, dan Naufal Abdurrahman Prasetyo<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Teknik Perencanaan dan Konstruksi Kapal, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Batam

\*Corresponding author: [mufti@polibatam.ac.id](mailto:mufti@polibatam.ac.id)

### Article history

#### Received:

13-12-2019

#### Accepted:

30-06-2020

#### Published:

30-06-2020

Copyright © 2020

Jurnal Teknologi dan Riset Terapan

Open Access

### Abstrak

*Wellhead* merupakan sebuah komponen yang digunakan dalam proses pengeboran minyak dan gas. Dalam proses pemindahan *wellhead* dari satu tempat ke tempat lain, sering digunakan alat bantu berupa *eyebolt*. Penggunaan peralatan bantu pengangkatan berfungsi untuk membantu proses pengangkatan agar lebih mudah dilakukan dan lebih aman. *Eyebolt* merupakan sebuah pengait berulir yang berfungsi sebagai alat bantu angkat. Untuk mengetahui keamanan *eyebolt* saat digunakan, perlu dilakukan sebuah studi mengenai perilaku mekanis dari *eyebolt* tersebut. Selain itu apakah perbedaan sudut pengangkatan akan mempengaruhi besaran tegangan, regangan, peralihan, serta nilai *Factor of Safety* (FOS) secara signifikan. Untuk mengetahui perbandingan perbedaan sudut tersebut dilakukan simulasi pada *software* Solidwork dengan nilai pembebanan 575.604 N. Proses simulasi dilakukan dengan sudut 35°, 45°, 60°. Tegangan maksimum terjadi pada sudut 35° yaitu 195.765 Mpa, dan FOS paling aman pada sudut 60° yaitu 2.7, artinya semakin besar sudut pengangkatan *eyebolt* yang digunakan semakin aman.

**Kata Kunci:** *Eyebolt*, *Wellhead*, Bahasa Indonesia, Pengangkatan, Solidwork

### Abstract

*Wellhead* is one of equipment used in oil and gas drilling process. In the process of moving *wellhead* from one place to another, often used lifting equipment such as *eyebolt*. The use of lifting equipment to assist the lifting process and to make it easier and safer. *Eyebolt* is a threaded hook that serves as a lifting tool. To know the safety of *eyebolt* when used, an analysis of the mechanical behavior of the *eyebolt* is required. In addition, the different angle of lift will affect the maximum stress, strain, displacement, and *Factor of Safety* (FOS) values significantly. To know the comparison of angle difference is done simulation on *software* Solidwork with value of 575.604 N. The simulation process is done with angle 35°, 45°, 60°. The maximum stress occurs at an angle 35° that is 195.765 and safest FOS occurs at an angle 60° that is 2.7, it means if angle of lifting larger are used safer.

**Keywords:** Abstract, english, Indonesia, JATRA, Journal Paper

## 1.0 PENDAHULUAN

Seiring perkembangan teknologi di zaman globalisasi, industri *oil and gas* juga mendapatkan dampak positifnya. Salah satu dampak tersebut adalah permintaan jumlah konsumsi bahan bakar berbasis fosil sangat tinggi. Dengan adanya fenomena tersebut permintaan akan peralatan untuk eksplorasi juga tinggi. Peralatan tersebut seperti *X – Mas tree*, *wellhead*, *Pumping unit*, *Jacket* dll. Akan tetapi kemajuan tersebut juga harus disertai dengan keamanan dan keselamatan kerja yang baik. Salah satu faktor keamanan dan keselamatan tersebut adalah proses pengangkatan (*Lifting Operation*). Ada beberapa aspek yang harus diperhatikan saat melakukan proses pengangkatan yang melibatkan peralatan yaitu, perencanaan yang baik,

menggunakan orang yang mempunyai kompetensi, melakukan pengawasan, dan memastikan melakukan pengangkatan secara aman [1].

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan oleh beberapa orang mengenai proses pengangkatan dengan peralatan bantu yang mayoritas meneliti padeye [2][3], maka berdasarkan latar belakang tersebut dilakukan penelitian mengenai alat bantu angkat yaitu *eyebolt*. Pada umumnya *eyebolt* merupakan sebuah pengait berulir yang berfungsi untuk membantu proses pengangkatan. *Eyebolt* memiliki berbagai spesifikasi yang berbeda - beda sesuai dengan kebutuhan pengangkatan.

Untuk membuat desain yang aman bagi semua jenis struktur harus diketahui perilaku mekanis dari benda tersebut, yaitu dengan menentukan tegangan (*stress*),

regangan (*strain*), peralihan (*displacement*), serta nilai Faktor keamanan pada struktur dan komponen – komponennya akibat beban yang bekerja padanya [4]. Dengan nilai dari besaran – besaran tersebut bisa ditentukan desain yang sesuai dengan perencanaan.

Dengan *software* Solidwork bisa direncanakan desain kekuatan *eyebolt* beserta dengan simulasinya yang akhirnya bisa ditentukan apakah *eyebolt* yang di desain sudah aman untuk digunakan proses pengangkatan. Selain untuk mengetahui perilaku mekanis akibat pembebanan, tujuan dari penelitian ini juga untuk mengetahui apakah variasi sudut yang diterapkan dalam proses pengangkatan mempengaruhi besaran nilai tegangan, regangan dan *displacement*nya. Selain itu juga untuk mengetahui pada sudut berapa batas aman pengangkatan tersebut.

## 2.0 METODE

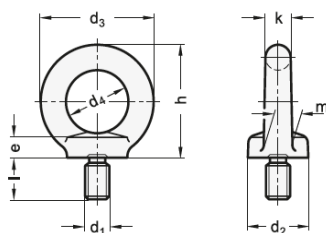
Metodologi penelitian ini digunakan untuk mengetahui analisa kekuatan *eyebolt* dengan beban yang telah ditentukan. Metode yang digunakan adalah menganalisa dengan simulasi pada *software* solidwork. Dari simulasi tersebut nantinya akan diketahui bagian dari *eyebolt* yang mempunyai beban tegangan paling tinggi serta perubahan bentuk dari *eyebolt* akibat adanya pembebanan yang diangkat.

### 2.1. Pengumpulan Data

Pengumpulan data ini berupa pengumpulan data dimensi *eyebolt*, jenis material *eyebolt*, dan sifat material *eyebolt* yang digunakan. Dalam Penelitian ini digunakan standar DIN 580 [5]. Material yang digunakan pada *eyebolt* menggunakan *steel* C 15 E. Material tersebut mempunyai spesifikasi pada Tabel 1 berikut :

Tabel 1. Sifat Material *Steel* C 15 E [6]

| No | Quantity         | Value         |
|----|------------------|---------------|
| 1  | Young Modulus    | 200000 MPa    |
| 2  | Tensile Strength | 650 – 880 MPa |
| 3  | Elongation       | 8 – 25 %      |
| 4  | Fatigue          | 275 MPa       |
| 5  | Yield Strength   | 350 – 550 MPa |



(a)



(b)

Gambar 2. (a) Dimensi *eyebolt* (b) Penggunaan *eyebolt*

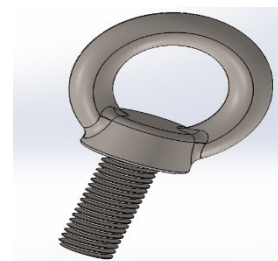
Tabel 1. Dimensi *Eyebolt*

| No | Quantity | Value |
|----|----------|-------|
| 1  | d1       | M 20  |
| 2  | d2       | 40 mm |
| 3  | d3       | 72 mm |
| 4  | d4       | 40 mm |
| 5  | e        | 14 mm |
| 6  | h        | 71 mm |
| 7  | k        | 16 mm |
| 8  | Length l | 30 mm |
| 9  | m        | 19 mm |

Pengumpulan data *wellhead* ini berupa data Dimensi *wellhead*, dan berat *wellhead*. Dengan data yang sudah diperoleh tersebut ,nilai pembebanan pada *eyebolt* dapat diketahui. Berat *wellhead* yang digunakan dalam penelitian ini sebesar 575.604 Kg [7].

### 2.2. Permodelan pada Solidwork

Langkah ini membuat model *eyebolt* dengan dimensi yang sudah didapatkan dari standar DIN 580. Modeling dilakukan dengan menggunakan *software* Solidwork. Permodelan inilah yang nantinya dijadikan sebagai bahan analisa desain kekuatan *eyebolt* dengan beban *wellhead*.



Gambar 2. Permodelan *Eyebolt*

### 2.3. Pembebanan

Pembebanan dalam penelitian ini berupa beban statis, proses pengangkatan dilakukan dalam sebuah gedung workshop sehingga beban akibat angin dianggap tidak ada. Beban yang diberikan merupakan sebuah gaya.

Tegangan (*Stress*) didefinisikan sebagai sebagai gaya yang terdistribusi secara kontinu yang bekerja pada seluruh penampang (yaitu gaya per satuan luas) [8]. Tegangan diberi simbol  $\sigma$  (dibaca sigma). Tegangan dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (1)$$

Keterangan :

- $\sigma$  : Tegangan (N/m<sup>2</sup>)  
 P : Besar gaya tekan/tarik (N)  
 A : Luas penampang (m<sup>2</sup>)

Regangan (*Strain*) didefinisikan sebagai perbandingan antara penambahan panjang benda  $\Delta X$  terhadap panjang mula-mula X (perpanjangan per satuan panjang). Regangan dapat dirumuskan sebagai berikut : [8]

$$\varepsilon = \frac{\delta}{L} \quad (2)$$

Keterangan :

- $\varepsilon$  : Regangan (tanpa satuan)  
 $\delta$  : Pertambahan panjang (m)  
 L : Panjang mula-mula (m)

Peralihan (*Displacement*) adalah perubahan bentuk pada benda yang dikenai gaya. [8]

Faktor keamanan (*Factor of Safety*) adalah rasio perbandingan antara kekuatan aktual terhadap kekuatan yang dibutuhkan [8]. Berdasarkan perhitungan, Faktor keamanan dirumuskan sebagai berikut :

$$\text{Faktor Keamanan} = \frac{\text{Kekuatan aktual}}{\text{Kekuatan yang dibutuhkan}} \quad [8]$$

- Beban statis : 1,25 – 2
- Beban dinamis : 2 – 3
- Beban kejut : 3 – 5

## 2.4. Simulasi

Langkah – langkah analisa ini sebagai berikut ;

- Menyiapkan desain dalam bentuk 3D yang telah di buat sebelumnya.
- Menentukan titik tumpu (*Fixture*) dari model *eyebolt* tersebut .
- Memberikan gaya dengan arah dan nilai, sesuai dengan data yang diperoleh.
- Pembuatan jaring – jaring elemen hingga atau *mesh* pada model *eyebolt* untuk mengetahui detail pembebanannya, langkah ini dilakukan otomatis oleh perangkat lunak.
- Melakukan perhitungan secara otomatis menggunakan software solidwork.
- Menganalisa hasil perhitungan dari simulasi perangkat lunak software solidworks.

## 2.5. Variasi Sudut Pengangkatan

Analisa ini dilakukan untuk mengetahui perubahan pembebanan pada *eyebolt* dengan sudut yang berbeda.

Variasi sudut yang dilakukan pada proses pengangkatan ini yaitu 35°, 45°, 60°.

## 3.0 HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada *eyebolt* ini digunakan untuk mengangkat wellhead dengan massa 575.604 kg. Jadi beban yang diterima adalah  $575.604 \text{ m} \times 9.81 \text{ m/s}^2 = 5646.675 \text{ N}$ . Beban ini merupakan beban ketika *eyebolt* digunakan untuk mengangkat pada sudut 90°. Untuk pengangkatan pada sudut 35°, 45°, dan 60° digunakan teori Trigonometri untuk mendapatkan nilai bebannya.

### 1. Sudut 35°

$$\begin{aligned} &= \frac{5646.675}{\sin 35} \\ &= \frac{5646.675}{0.573} \\ &= 9854.581 \text{ N} \end{aligned}$$

### 2. Sudut 45°

$$\begin{aligned} &= \frac{5646.675}{\sin 45} \\ &= \frac{5646.675}{0.707} \\ &= 7986.810 \text{ N} \end{aligned}$$

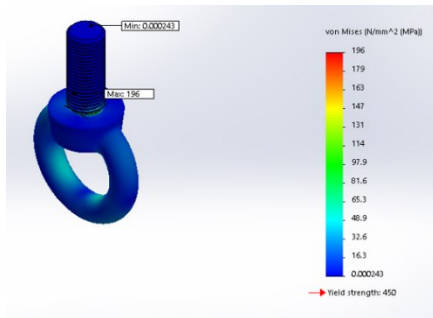
### 3. Sudut 60°

$$\begin{aligned} &= \frac{5646.675}{\sin 60} \\ &= \frac{5646.675}{0.866} \\ &= 6520.409 \text{ N} \end{aligned}$$

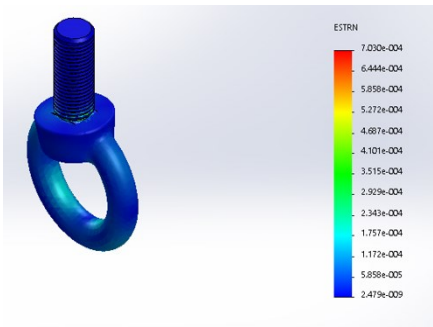
Dikarenakan *eyebolt* yang digunakan dalam pengangkatan ini berjumlah 4, maka nilai dari perhitungan diatas dibagi 4 yang selanjutnya hasil dari pembagian tersebut dimasukkan pada simulasi Solidwork. Tabel 3 merupakan rangkuman perhitungan pembebanan.

Tabel 3. Nilai beban tiap *eyebolt*

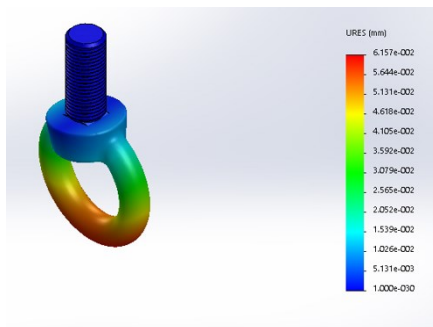
| No | Sudut | Beban (N) | Hasil (N) |
|----|-------|-----------|-----------|
| 1  | 35°   | 9854.581  | 2463.645  |
| 2  | 45°   | 7986.810  | 1996.7025 |
| 3  | 60°   | 6520.409  | 1630.476  |



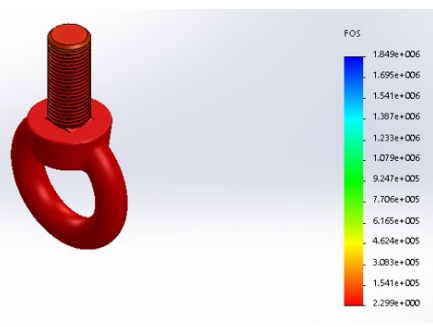
(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 3 : Hasil Simulasi Sudut 35 ° (a) Stress Geometri (b) Strain Geometri (c) Displacement Geometri (d) FOS Geometri

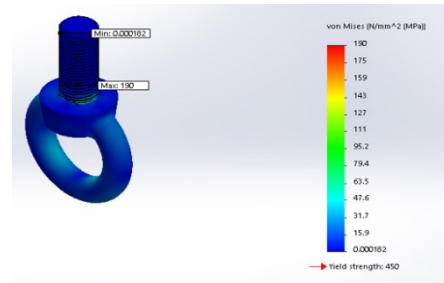
Dari Gambar 3 menunjukkan bahwa tegangan maksimum 195.765 Mpa dan tegangan minimumnya  $2.4 \times 10^{-4}$  Mpa. Regangan max  $7.02 \times 10^{-4}$  dan regangan minimumnya  $2.47 \times 10^{-9}$ . Peralihan (*Displacement*) max 0.061 mm dan Peralihan (*Displacement*) min 0 mm. FOS max  $1.84 \times 10^6$  dan FOS min 2.29.

Tabel 4. Hasil simulasi sudut 35 °

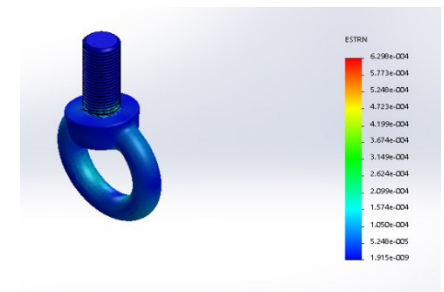
| Sudut 35 | Stress (Mpa)               | Strain                | Displacement (mm) | FOS                |
|----------|----------------------------|-----------------------|-------------------|--------------------|
| 1        | Max 195.765                | $7.02 \times 10^{-4}$ | 0.061             | $1.84 \times 10^6$ |
|          | Min 2.4 x 10 <sup>-4</sup> | $2.47 \times 10^{-9}$ | 0                 | 2.29               |

Tabel 5. Node dan element sudut 35 °

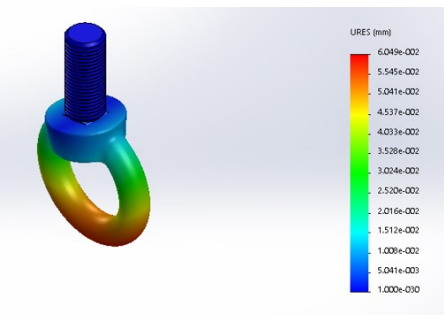
| Sudut 35° | Stress        | Strain        | Displacement | FOS        |
|-----------|---------------|---------------|--------------|------------|
| 1         | Node 94536    | Element 6832  | Node 2070    | Node 1993  |
|           | Min Node 1993 | Element 47622 | Node 4651    | Node 94536 |



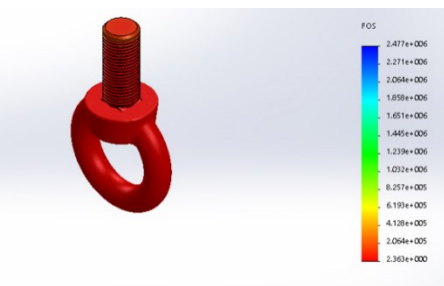
(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 4 : Hasil Simulasi sudut 45 ° (a) Stress Geometri (b) Strain Geometri (c) Displacement Geometri (d) FOS Geometri

Dari gambar nomor 3 menunjukkan bahwa tegangan maksimum 190.448 Mpa dan tegangan minimumnya  $1.8 \times 10^{-4}$  Mpa. Regangan max  $6.2 \times 10^{-4}$  dan regangan minimumnya  $1.91 \times 10^{-9}$ . Peralihan (*Displacement*) max

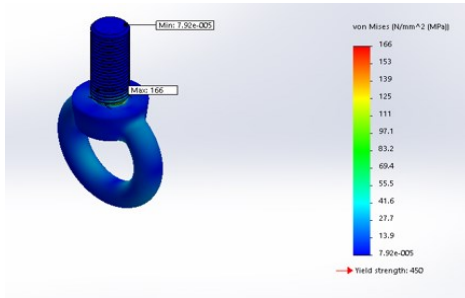
0.0604 mm dan Peralihan (*Displacement*) min 0 mm.  
FOS max  $2.4 \times 10^6$  dan FOS min 2.36

Tabel 6. Hasil Simulasi sudut 45 °

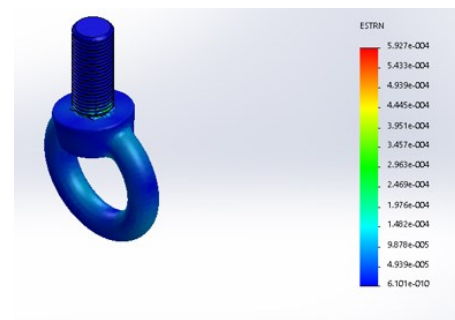
| Sudut 45 | Stress (Mpa)         | Strain                | Displacement (mm) | FOS               |
|----------|----------------------|-----------------------|-------------------|-------------------|
| 1 Max    | 190.448              | $6.2 \times 10^{-4}$  | 0.0604            | $2.4 \times 10^6$ |
| 1 Min    | $1.8 \times 10^{-4}$ | $1.91 \times 10^{-9}$ | 0                 | 2.36              |

Tabel 7. Node dan element sudut 45 °

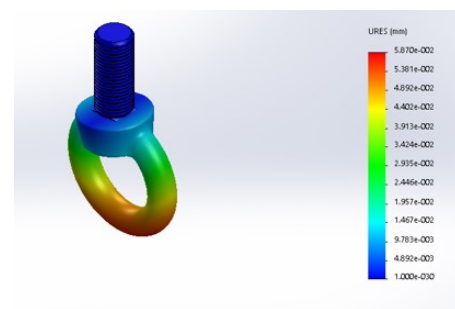
| Sudut 45° | Stress     | Strain        | Displacement | FOS        |
|-----------|------------|---------------|--------------|------------|
| 1 Max     | Node 60798 | Element 49678 | Node 2070    | Node 1828  |
| 1 Min     | Node 1828  | Element 20628 | Node 4650    | Node 60798 |



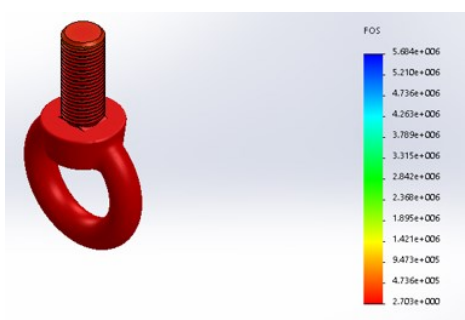
(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 4 : Hasil Simulasi sudut 60 ° (a) *Stress* Geometri (b) *Strain* Geometri (c) *Displacement* Geometri (d) FOS Geometri

Dari gambar nomor 4 menunjukkan bahwa tegangan maksimum 166.48 Mpa dan tegangan minimumnya  $7.91 \times 10^{-5}$  Mpa. Regangan max  $5.9 \times 10^{-4}$ . Regangan minimumnya  $6.1 \times 10^{-10}$ . Peralihan (*Displacement*) max 0.0586 mm dan Peralihan (*Displacement*) min 0 mm. FOS max  $5.6 \times 10^6$  dan FOS min 2.7.

Tabel 8. Hasil simulasi sudut 60°

| Sudut 45 | Stress (Mpa)          | Strain                | Displacement (mm) | FOS               |
|----------|-----------------------|-----------------------|-------------------|-------------------|
| 1 Max    | 166.48                | $5.9 \times 10^{-4}$  | 0.0586            | $5.6 \times 10^6$ |
| 1 Min    | $7.91 \times 10^{-5}$ | $6.1 \times 10^{-10}$ | 0                 | 2.7               |

Tabel 9. Node dan element sudut 60 °

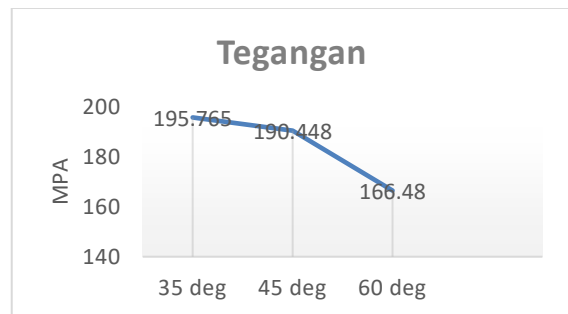
| Sudut 60° | Stress     | Strain        | Displacement | FOS        |
|-----------|------------|---------------|--------------|------------|
| 1 Max     | Node 60512 | Element 18994 | Node 66493   | Node 80435 |
| 1 Min     | Node 80435 | Element 32062 | Node 2070    | Node 60512 |

Setelah melakukan analisa diatas, maka didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 7. Hasil Simulasi tiap sudut

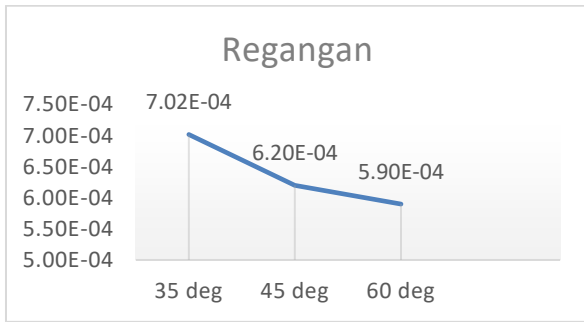
| Sudut | Stress (Mpa)              | Strain                | Displacement (mm) | FOS                |
|-------|---------------------------|-----------------------|-------------------|--------------------|
| 35°   | Max 195.765               | $7.02 \times 10^{-4}$ | 0.061             | $1.84 \times 10^6$ |
| 35°   | Min $2.4 \times 10^{-4}$  | $2.47 \times 10^{-9}$ | 0                 | 2.29               |
| 45°   | Max 190.448               | $6.2 \times 10^{-4}$  | 0.0604            | $2.4 \times 10^6$  |
| 45°   | Min $1.8 \times 10^{-4}$  | $1.91 \times 10^{-9}$ | 0                 | 2.36               |
| 60°   | Max 166.48                | $5.9 \times 10^{-4}$  | 0.0586            | $5.6 \times 10^6$  |
| 60°   | Min $7.91 \times 10^{-5}$ | $6.1 \times 10^{-10}$ | 0                 | 2.7                |

Berikut adalah grafik perbandingan dari ketiga sudut diatas :



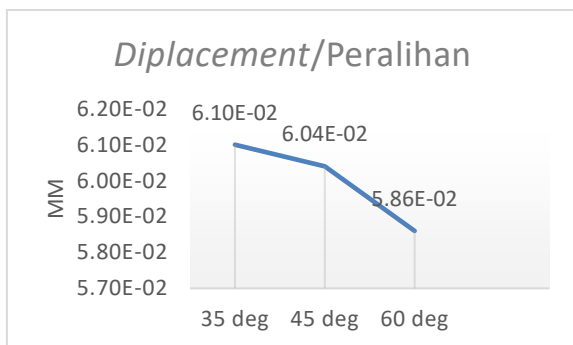
Gambar 5. Grafik perbandingan tegangan

Dari Gambar 5 menunjukkan bahwa tegangan terbesar terjadi pada sudut 35 ° yaitu 195.765 Mpa, kemudian pada sudut 45 ° tegangannya 190.448 Mpa, dan tegangan terendah terjadi pada sudut 60 ° yaitu 166.48 Mpa. Artinya, semakin besar sudut pengangkatan, tegangan yang terjadi semakin kecil.



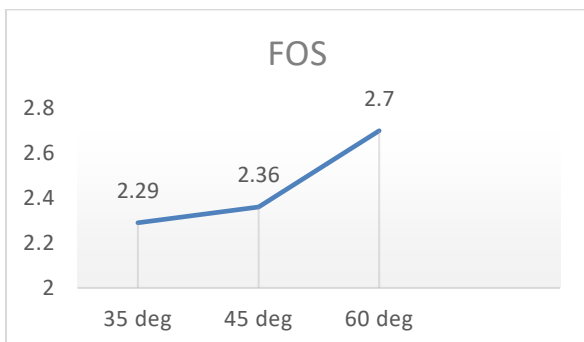
Gambar 6. Grafik perbandingan regangan

Dari Gambar 6 menunjukkan bahwa regangan terbesar terjadi pada sudut 35 ° yaitu  $7.02 \times 10^{-4}$ , kemudian pada sudut 45 ° regangannya  $6.2 \times 10^{-4}$ , dan regangan terendah terjadi pada sudut 60 ° yaitu  $5.90 \times 10^{-4}$ . Artinya, semakin besar sudut pengangkatan, regangan yang terjadi semakin kecil.



Gambar 7. Grafik perbandingan Displacement/Peralihan

Dari Gambar 7 menunjukkan bahwa Displacement/Peralihan terbesar terjadi pada sudut 35 ° yaitu  $6.1 \times 10^{-2}$ , kemudian pada sudut 45 ° Displacement/Peralihan  $6.04 \times 10^{-2}$ , dan Displacement/Peralihan terendah terjadi pada sudut 60 ° yaitu  $5.86 \times 10^{-2}$ . Artinya, semakin besar sudut pengangkatan, Displacement/Peralihan yang terjadi semakin kecil.



Gambar 8. Grafik perbandingan FOS

Dari Gambar 8 menunjukkan bahwa FOS terbesar terjadi pada sudut 60 ° yaitu 2.7, kemudian pada sudut 45 ° FOS 2.36, dan FOS terendah terjadi pada sudut 35 ° yaitu 2.29. Artinya, semakin besar sudut pengangkatan, FOS yang terjadi semakin besar (aman).

#### 4.0 KESIMPULAN

Dari simulasi yang dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- Tegangan maximum terjadi pada sudut 35 ° yaitu 195. 765 Mpa.
- Reganagn maximum terjadi pada sudut 35 ° yaitu  $7.02 \times 10^{-4}$
- Peralihan/*Displacement* maximum terjadi pada sudut 35 ° 0.061 mm.
- FOS (Factor of Safety) paling aman terjadi pada sudut 60 °
- Semakin kecil sudut pengangkatan, maka semakin besar tegangan, Regangan, peralihan yang terjadi.
- Semakin besar sudut pengangkatan, maka nilai FOS nya semakin besar.

#### UCAPAN TERIMA KASIH (JIKA ADA)

Penulis mengucapkan terima kasih atas kesempatan yang diberikan untuk melakukan penelitian di Laboratorium Komputer Jurusan Teknik Mesin dengan menggunakan *software* Solidworks.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Lifting Operation and Lifting Equipment Regulation. 1998 (<http://www.hse.gov.uk/work-equipment-machinery/loler.htm>) Diakses tanggal 07 Maret 2018 pukul 10.11 WIB.
- [2] R.M.S, Iqbal Gayuh., Yeyes M., dan Yoyok S.M. “Analisis keandlan Struktur Padeye Berdasarkan Konfigurasi Rigging pada Lifting Upper Deck Modul MODEC dengan Pendekatan Dinamik”, *Jurnal Teknik ITS*, Vol.5 No.2, 2016.
- [3] A.D.J. Ardianto, S.W. Satoto, dan M.F. Muvariz, “Studi Perbandingan Desain Geometri Padeye Simetri dan Tidak Simetri”, *Jurnal Integrasi* Vol. 9. No. 2, 2017.
- [4] D.R. Hakim, “Analisa Perbandingan Kekuatan Konstruksi Corrugated Watertight Bulkhead dengan Transverse Plane Watertight Bulkhead pada kapal Bulk Carrier 130m”. Batam: Politeknik Negeri Batam, 2017.
- [5] Ganter griff. 2018. *DIN 580 Lifting Eyebolt*. (<https://www.ganter-griff.com/en/products/3.4-Installing-lifting-dampening-with-levelling-feet-lifting-gear-and-rubber-elements/DIN-580-Lifting-eye-bolts-Steel>). Diakses tanggal 07 Maret 2018 Pukul 11:15 WIB
- [6] Steelgr. 2013. *Steel grade carbon steel*. (<http://www.steelgr.com/Steel-Grades/Carbon-Steel/c15e.html>). Diakses tanggal 07 Maret 2018 pukul 10:23
- [7] Gambar Wellhead Assembly No. SV534693-AA (Document of PT. XXX)
- [8] Gere, James M dan Stephen P. Timoshenko. *Mekanika Bahan*. Jakarta: Erlangga, 2000.