

## Studi Perbandingan Desain Geometri *Padeye* Simetri dan Tidak Simetri

Achmad Ducha Juli Ardianto\*, Sapto Wiratno S\* ,dan Mufti Fathonah M\*.

Politeknik Negeri Batam

Jurusan Teknik Mesin

Batam Center, Jl. Ahmad Yani, Kepulauan Riau 29461, Indonesia

E-mail: sapto@polibatam.ac.id

### Abstrak

Salah satu metode pemindahan yang digunakan dalam pembuatan *structure / module* adalah pengangkatan. Prioritas utama dalam melakukan pengangkatan adalah keamanan dari struktur tersebut. Maka hal utama yang perlu diperhatikan dalam proses pengangkatan adalah perhitungan dari pengangkatan harus sesuai dengan batasan perancangan dan kapasitas dari seluruh alat angkat serta kekuatan dari struktur tersebut. Untuk mempermudah proses pengangkatan dapat menggunakan *padeye* sebagai alat bantu pengangkatan. Untuk membuat desain yang aman bagi semua jenis *structure* kita harus mengetahui perilaku mekanis dari benda tersebut. Selain perilaku mekanis apakah geometri *padeye* juga berpengaruh dalam perencanaan FOS (*Factor of Safety*) dari *padeye* atau tidak. Untuk mengetahui perbandingan antara geometri *padeye*, dilakukan proses simulasi dengan memberikan gaya pada arah yang sama, yaitu massa 1 ton (1000 Kg) asumsi sudut *design load* 60° dengan material S355J0. Proses simulasi dilakukan dengan menggunakan *software* solidwork 2013, dengan lubang pin berada tepat ditengah atau simetri (Geometri 1), *quadrant* lingkaran sejajar dengan sisi *padeye* (Geometri 2), dan lubang berada sesuai mengikuti sudut dari *sling* 60° (Geometri 3). Hasil simulasi menunjukkan Geometri dari *padeye* mempengaruhi semua aspek dari segi tegangan, regangan, peralihan, dan FOS pada saat melakukan pengangkatan. Geometri 1 memiliki FOS sebesar 4,08, geometri 2 memiliki FOS sebesar 5,94 dan geometri 3 mempunyai FOS 6,02. Jadi geometri 3 lebih aman 47,55 % dan 1,35 % dibandingkan geometri 1 dan 2.

**Kata kunci:** Analisa, Factor Keselamatan, Geometri, *Padeye*, Peralihan, Regangan, Simulasi, Solidworks 2013, Tegangan

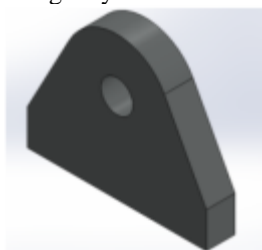
### Abstract

One method of removal in the manufacture of *structure / module* is lifting. The main priority in making the lifting is the security of the structure. So the main things that need to be considered in the lifting process is the calculation of the lifting must be within the limit of the design and the capacity of all lifting equipment as well as the strength of the structure. To facilitate the lifting process can use *padeye* as a tool of lifting. To create a design that is safe for all kind of structure we need to know the mechanical behavior of these objects. Beside mechanical behavior whether geometry *padeye* also influential in the design of FOS from *padeye* or not. To determine the ratio between geometry *padeye*, simulation process is done by applying a force in the same direction, ie the weight of 1 ton (1000 kg) load assumptions design angle of 60 ° with S355J0 material. The simulation process is done by using *software* solidwork2013, with location the hole of the pin in the middle geometry or symmetry (Geometry 1), quadrant circle parallel to the sides *padeye* (Geometry 2), and the hole was appropriate sling follow the angle of 60 ° (Geometry 3). The simulation results show the geometry of *padeye* affects all aspects in terms of stress, strain, Displacement and FOS at the time of lifting. Geometry 1 has FOS of 4,08, geometry 2 has FOS of 5,94 and geometry 3 has FOS 6,02. Geometry 3 safer 47.55% and 1.35% to geometry 1 and 2.

**Keywords :** Analysis, Displacement, Factor of Safety, Geometry, *Padeye*, Simulation, Solidwork 2013, Strain, Stress.

## 1 Pendahuluan

Seiring dengan berjalannya waktu, perusahaan dibidang *oil and gas* berkembang dengan pesatnya. Dalam contoh pruduk dari perusahaan *oil and gas* ini adalah *Jacket, Module, FPSO*, dll. Dalam fabrikasitersebut banyak sekali proses yang dilakukan, dari pemotongan material, *fit-up*, pengangkatan, *welding* dst. Pengangkatan adalah metode yang sangat penting dalam proses fabrikasi, karena akan sulit jika memindahkan *equipment* atau struktur tanpa menggunakan metode pengangkatan. Untuk mempermudah proses pengangkatan kita dapat menggunakan *padeye*. *Padeye* adalah sebuah bendaberbentuk setengah lingkaran yang terbuat dari logam dan dilas pada sebuah plat.<sup>[1]</sup> Prioritas utama dalam proses pengangkatan adalah keamanan dari struktur yang akan diangkat. *Structure* atau *equipment* tersebut tidak boleh mengalami kerusakan atau *overstress* selama proses pengangkatan. Agar struktur tidak mengalami kerusakan dan *overstress*, desain *padeyes* harus direncanakan dengan teliti agar tidak terjadi kesalahan dan kecelakaan selama proses pengangkatan.<sup>[2]</sup> Hal utama yang perlu diperhatikan dalam proses pengangkatan yaitu perhitungan *lifting weight* harus sesuai dengan batasan perancangan, kapasitas dari seluruh alat angkat serta kekuatan dari struktur (APIRP-2A,1991)<sup>[2]</sup>. Untuk membuat desain yang aman bagi semua jenis struktur kita harus mengetahui perilaku mekanis dari benda tersebut, yaitu dengan menentukan tegangan (*stress*), regangan (*strain*) dan peralihan (*displacement*) pada struktur dan komponen-komponennya akibat beban yang bekerja padanya. Apabila telah memperoleh besaran – besaran ini untuk semua harga beban hingga mencapai beban yang menyebabkan kegagalan, maka kita akan mempunyai gambaran lengkap mengenai perilaku mekanis benda tersebut.<sup>[3]</sup> Kemajuan teknologi sangat membantu untuk proses perancangan *padeye* agar lebih cepat dan tepat sesuai dengan batasan perancangan itu sendiri, yaitu dengan membuat simulasi menggunakan *software* pendukung. Dari hasil simulasi tersebut dapat menentukan apakah rancangan tersebut dapat di aplikasikan atau tidak sebelum rancangan tersebut dibuat dan melakukan pengangkatan dengannya.



Gambar 1: Padeye

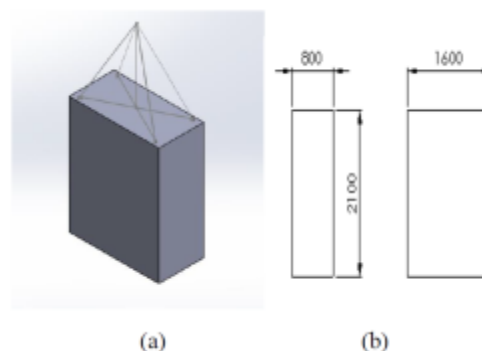
Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah geometri padeye mempengaruhi aspek kekuatan *stress, strain, displacement* dan *factor ofsafety*, mengetahui pengaruh geometri terhadap persentasi keamanan dan mengetahui geometri teraman dari ketiga geometri. Dengan menggunakan *software* solidwork 2013, akan dapat menentukan pemilihan yang sesuai dan lebih efektif pada saat membuat desain.

## 2 Metodologi Penelitian

Metode yang dipakai dalam analisa *lifting* pada penelitian ini dengan menggunakan analisis statis. Adapun langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

### A. Pengumpulan data *equipment*

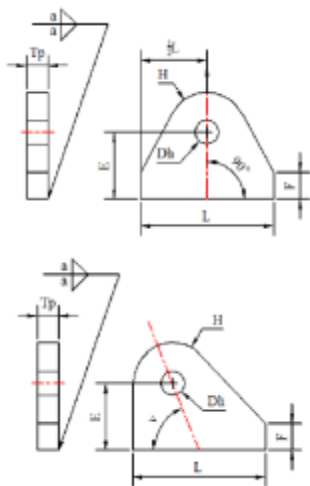
Pengangkatan yang dilakukan disimulasikan pada sebuah *equipment* dengan dimensi 1600mm x 800mm dan massa 1 ton (1000Kg) data yang diambil adalah berdasarkan dimensi kebanyakan *equipment* yang ada di lokasi magang. (lihat Gambar 2).



Gambar 2: (a) Ilustrasi model pegangkatan, (b) Dimensi Equipment

### B. Pengumpulan data *padeye*

Ukuran pembuatan *padeyes* ini menggunakan catalog referensi dimensi dan ketebalan dari <http://www.stemar.com/tools-en/publications/tata-padeyes-en>. Dimensi ini hanya sebagai acuan referensi karena biasanya dalam pembuatannya *padeye* di desain oleh *engineer*, referensi ini menggunakan sudut 45° yang apabila digunakan dengan 60° akan lebih aman. Pembuatan desain *padeye* dalam bentuk 3D menggunakan *software* solidwork 2013. Desainer tersebut disimulasikan untuk mengetahui distribusitegangan, perubahan bentuk dan faktor keamanan yang terjadi pada *padeye*. Material yang dipakai adalah S355J0.



Gambar 3: Dimensi Padeye(9)

TABEL I

SDIMENSI PADEYE 4 SLINGS PADA 45°WLL 0 – 1,4 MT<sup>(9)</sup>

WLL (mtons)		shackle (mton)	Dh	H	F	E	L	Tp	a weld
4-slings at 45									
from	to								
-	1,4	0,5	9	15	10	25	50	8	4
1,4	2,1	0,75	11	20	10	30	65	8	4
2,1	2,8	1	12	25	10	35	80	10	4
2,8	4,2	1,5	14	25	10	35	80	12	4

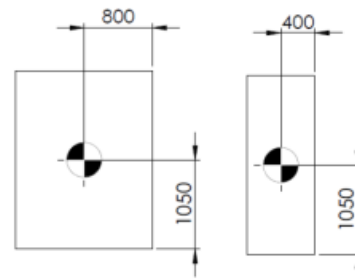
WLL (*Working Load Limit*) adalah gaya maksimum yang diizinkan untuk mempertahankan *rigging* atau *connection arrangement* sesuai dengan desain<sup>[4]</sup>. *Shackle* merupakan alat penghubung antara tali *sling* dan *padeye*, dan *Sling* adalah tali kawat atau kabel yang digunakan untuk mengikatkan *shackle* pada "Hook" yang terdapat pada *Crane*.<sup>[1]</sup>

Untuk memenuhi kriteria pengangkatan dengan menggunakan sudut 60° dan *padeyes* sesuai pada gambar 5, maka panjang *sling* yang digunakan adalah  $750/\cos 60^\circ = 1500$  mm atau 1,5 meter.

Pada welding yang dilakukan dianggap tidak memiliki cacat, *sling* serta *shackle* yang digunakan dianggap telah memenuhi batas minimum pengangkatan yang telah direncanakan yaitu 1 T(1000Kg). Sehingga dalam perencanaannya hanya menghitung tegangan (*stress*), regangan (*strain*) dan peralihan (*displacement*) dan FOS (*Factor of Safety*) dari *padeye*.

### C. Perhitungan titik berat struktur

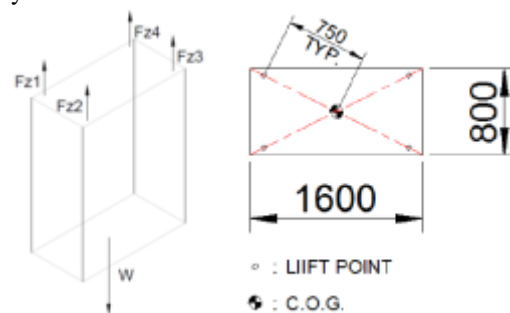
Karena dari pembuatan model tidak mencakup dari isi *equipment* jadi titik berat *equipment* diasumsikan berada ditengah *equipment* (lihat gambar 4).



Gambar 4. Letak Centre of Gravity

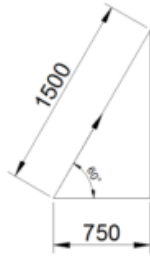
### D. Beban pada lift point

Dengan mengetahui massa dari benda maka sesuai dengan sifat gaya Hukum Newton III yang berbunyi "Untuk setiap aksi selalu terdapat reaksi yang samabesar dan berlawanan arah; atau, aksi timbal – balik satu terhadap yang lain antara dua benda selalu samabesar, dan berarah kebagian yang berlawanan"<sup>[8]</sup>. Berat benda adalah massa x gravitasi. Kita mengetahui massa benda adalah 1 ton maka berat benda adalah  $1000 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 = 9810 \text{ N}$  (Newton). Dengan adanya gaya berat benda 9810 N akan ada gaya ke atas nantinya sebesar 9810 N. Karena pada *equipment* terpasang 4 buah *padeye* yang simetris dipasang pada *equipment* maka gaya akan dibagi 4 oleh masing-masing *padeye* (lihat gambar 5 ). Maka masing-masing akan menahan berat  $9810/4 = 2452,5 \text{ N}$  gaya ini adalah dalam kondisi 90°.



Gambar 5: (a) Ilustrasi Gaya yang Terjadi (b) Dimensi Lift Point

Namun kondisi *sling* yang nantinya digunakan mempunyai sudut 60° maka harus menghitung tegangan dari masing – masing *sling*.

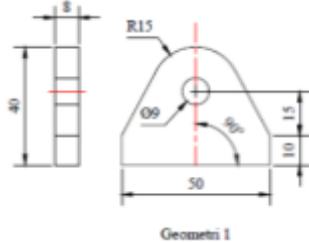


Gambar 6: Arah Gaya yang Terjadi

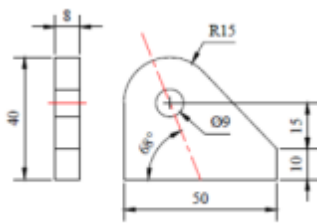
Maka gaya yang akan diterima dari masing – masing *padeye* adalah  $F = 2452,5 \text{ N} / \sin 60^\circ = 2831,9 \text{ N.E}$ .

#### E. Penentuan geometri *padeye*

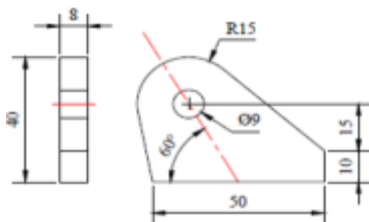
Dalam simulasi ini menggunakan 3 bentuk geometri pada *padeye*, yaitu lubang berada tepat ditengah atau simetri (Geometri 1), *quadrant* lingkaran sejajar dengan sisi *padeye* (Geometri 2), dan lubang beradasuai mengikuti sudut dari *sling*  $60^\circ$  (Geometri 3). Dalam simulasi ini semua dimensi dalam table dipertahankan hanya peletakan lubang dan geometri untuk pin saja yang berubah-ubah. (lihat gambar 7)



(a)



(b)



(c)

Gambar 7: (a) Geometri 1, (b) Geometri 2, dan (c) Geometri 3

#### F. Pengumpulan data *mechanical properties material*

Material yang digunakan adalah S355J0 dengan [5] S... : *Structural steel*.

.355...: *Minimum yield strenght in MPa @16mm*.

...J0 : *Longitudinal Charpy V-notch impacts 27 J@0°*.

TABEL II

CHEMICAL COMPOSITION S355J0<sup>(10)</sup>

C % max.	Si % max.	Mn % max.	P % max.	S % max.	N % max.	Cu % max.
0,20	0,55	1,60	0,030	0,030	0,012	0,40

Mechanical properties dari material S355J0 adalah sebagai berikut :

TABEL III

SPESIFIKASI MATERIAL S355J0(SOLIDWORK 2013)

No	Property	Value	Units
1	Elastic modulus	2,1 e+05	N/mm <sup>2</sup>
2	Shear modulus	7,9e+04	N/mm <sup>2</sup>
3	Tensile strenght	450	N/mm <sup>2</sup>
4	Yield strenght	275	N/mm <sup>2</sup>

Untuk ketebalan yang kurang dari 16 sesuai dengan S355J0 European Standard Steel maka :

TABEL IV

SPESIFIKASI MATERIAL S355J0<sup>(5,6)</sup>

No	Property	Value	Units
1	Tensile strenght	470	N/mm <sup>2</sup>
2	Yield strenght	355	N/mm <sup>2</sup>

### 3 Analisa dan Pembahasan

#### A. Spesifikasi komputer

Dalam simulasi ini menggunakan spesifikasi komputer sebagai berikut.

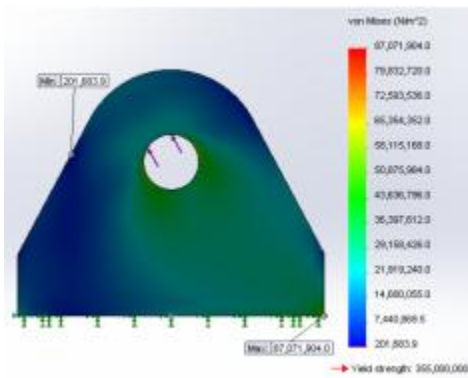
TABLE V  
SPESIFIKASI KOMPUTER

No	Spesifikasi Komputer	
1	Operating System	Windows 7 Ultimate 64-bit (6.1, Build 7601) Service Pack 1
2	Processor	Intel(R) Core(TM) i5 CPU M 480 @ 2.67GHz (4 CPUs), ~2.7GHz
3	Memory	6144MB RAM
4	Video Card	Radeon (TM) HD 6470M
5	Video Memory	3725 MB

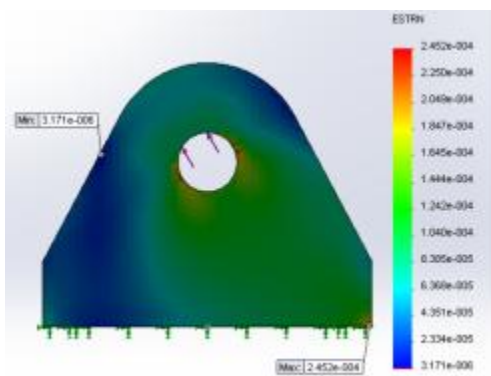
### B. Pemberian beban pada *padeye*

Beban yang diterima *padeye* adalah 2831,9 N, beban tersebut adalah beban dari *self-weight equipment*. Analisa yang akan dilakukan adalah dengan menggunakan beban statis. Analisa statis untuk *lifting* membutuhkan faktor dinamik sebesar dua untuk memberi beban pada model [2,4,7]. Maka beban yang akan disimulasikan adalah  $2831,9 \times 2 = 5663,8$  N.C. Hasil analisa lokal dengan beban statik. Dari analisa lokal ini kita dapat melihat penyebaran gaya pada *padeye*. Analisa ini menggunakan *meshingfine*.

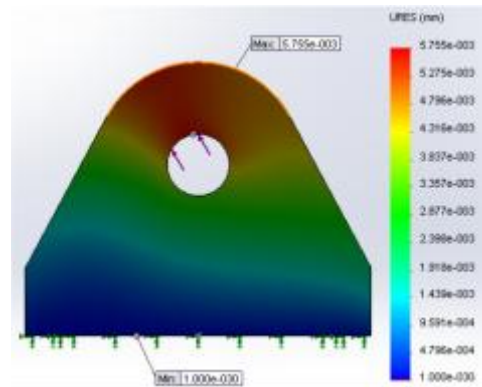
### 1. Geometri 1



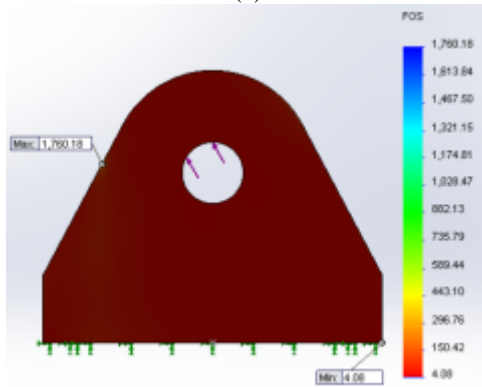
(a)



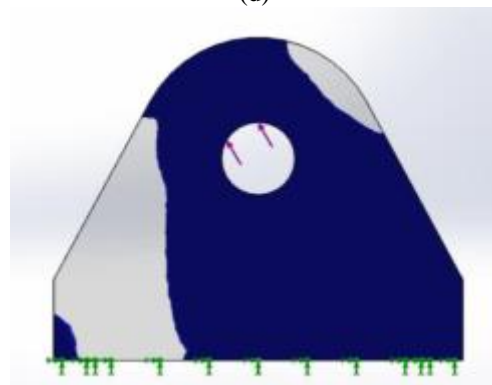
(b)



(c)



(d)



(e)

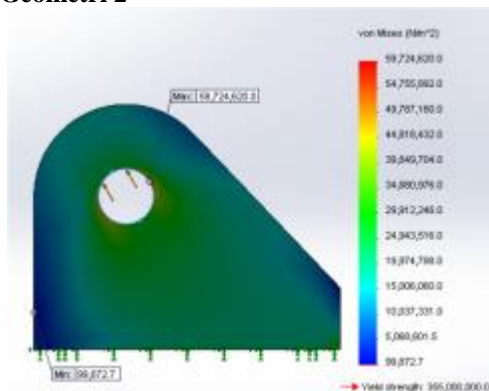
Gambar 8: (a) Stress Geometri 1 (b) Strain Geometri 1 (c) Displacement Geometri 1 (d) FOS Geometri 1 (e) Design Insight.

Untuk pembacaan *chart* warna teratas menandakan keadaan maksimum sedangkan warna terbawah menandakan dalam kondisi minimum. Untuk *designinsight* adalah *plot* yang menunjukkan daerah model yang menerima beban paling efisien (warna biru). *Design insight* dapat dijadikan acuan untuk mengurangi bahan yang akan dipakai.<sup>[11]</sup> Dalam gambar 8 menunjukkan tegangan max. 87,07MPa dan min. 0,20 Mpa. Regangan max. 2,45E-04 dan regangan min. 3,17E-06. Peralihan (displacement) max.5,76E-03 mm dan min. 1,00E-30. Factor of safety max.1760 dan min. 4,08.

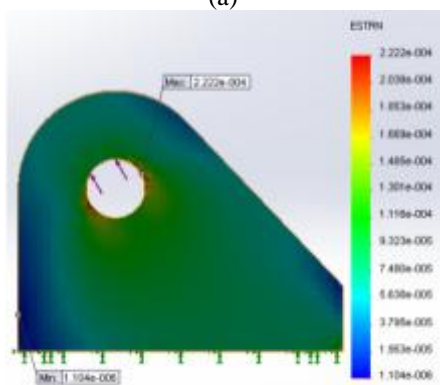
TABEL VI  
HASIL SIMULASI PADEYE GEOMETRI 1

Geometri		Tegangan (N/mm <sup>2</sup> )	Regangan (ESTRN)	Peralihan URES (mm)	FOS
1	Max	87,07	2,45E-04	5,76E-03	1760
	Min	0,20	3,17E-06	1,00E-30	4,08

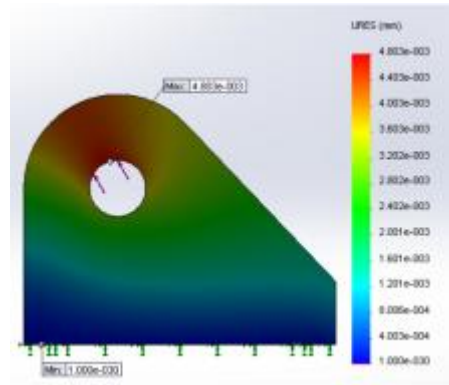
## 2. Geometri 2



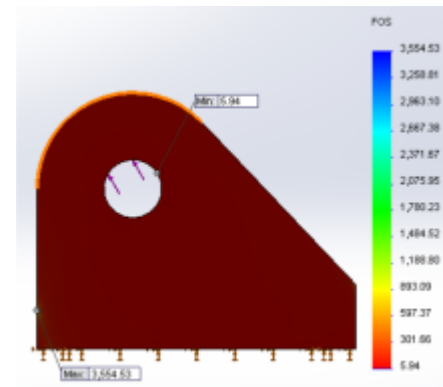
(a)



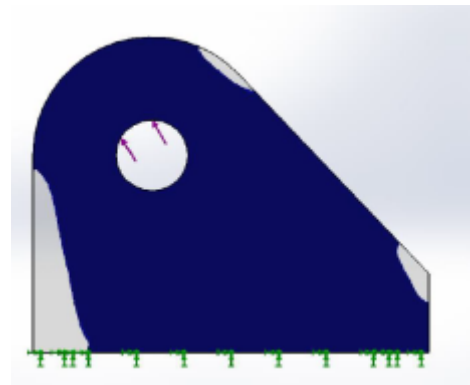
(b)



(c)



(d)



(e)

Gambar 9: (a) *Stress* Geometri 1 (b) *Strain* Geometri 1 (c) *Displacement* Geometri 1 (d) *FOS* Geometri 1 (e) *Design Insight*.

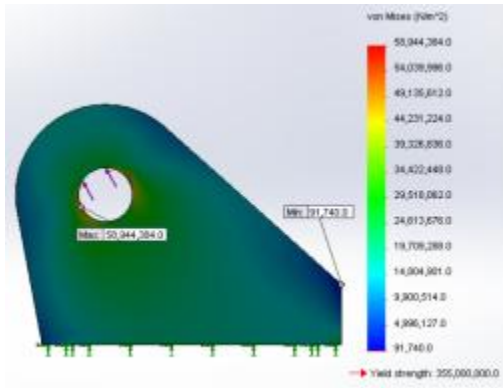
Dalam gambar 9 menunjukkan tegangan max. 59,72MPa dan min. 0,09 Mpa. Regangan max. 2,22E-04 dan regangan min. 1,1E-06. Peralihan (displacement) max.4,80E-03 mm dan min. 1,00E-30. Factor of safety max.3555 dan min. 5,94.



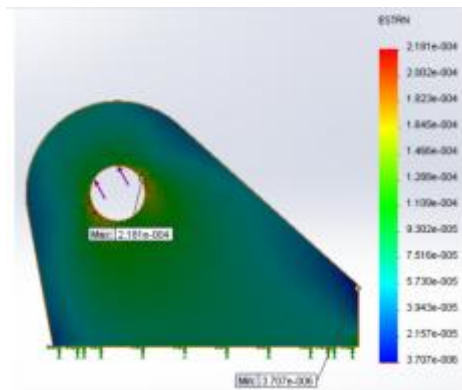
TABLE VII  
HASIL SIMULASI PADEYE GEOMETRI 2

Geometri	Tegangan (N/mm <sup>2</sup> )	Regangan (ESTRN)	Peralihan URES (mm)	FOS	
2	Max	59,72	2,22E-04	4,80E-03	3555
	Min	0,09	1,1E-06	1,00E-30	5,94

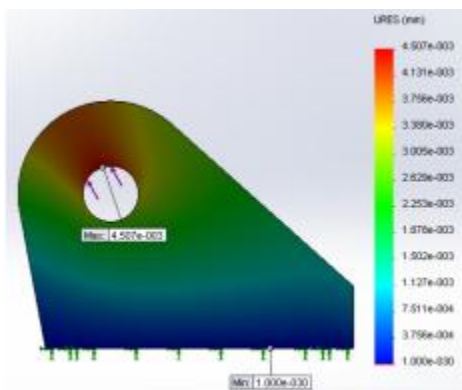
### 3. Geometri 3



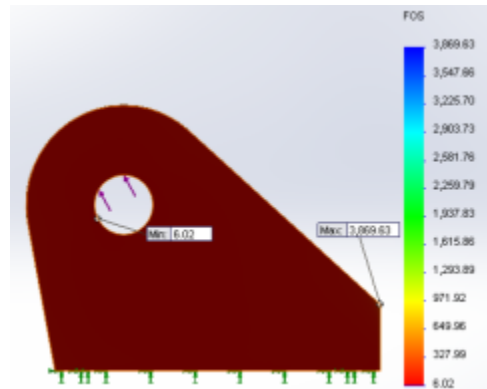
(a)



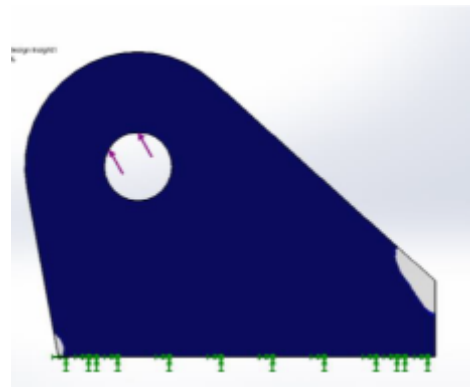
(b)



(c)



(d)



(e)

Gambar 10: (a) Stress Geometri 1 (b) Strain Geometri 1 (c) Displacement Geometri 1 (d) FOS Geometri 1 (e) Design Insight.

Dalam gambar 10 menunjukkan tegangan max. 58.94MPa dan min. 0,09 Mpa. Regangan max. 2.18E-04 dan regangan min. 3.71E-06. Peralihan (displacement) max. 4.51E-03 mm dan min. 1,00E-30. Factor of safety max. 3870 dan min. 6.02.

TABEL VIII  
HASIL SIMULASI PADEYE GEOMETRI 3

Geometri	Tegangan (N/mm <sup>2</sup> )	Regangan (ESTRN)	Peralihan URES (mm)	FOS	
3	Max	58,94	2,18E-04	4,51E-03	3870
	Min	0,09	3,71E-06	1,00E-30	6,02

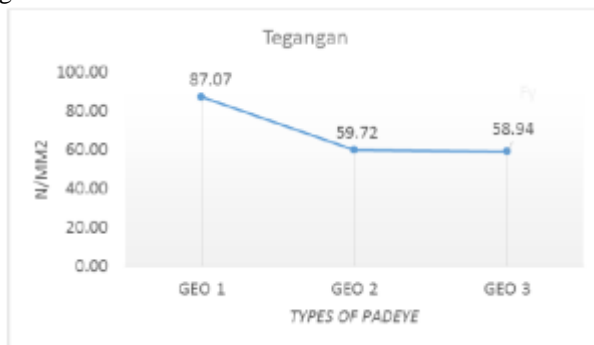
#### D. Grafik perbandingan stress strain, displacement, dan FOS

Setelah melakukan simulasi diatas maka hasil yang didapatkan seperti pada tabel IX

TABEL IX  
HASIL SIMULASI GEOMETRI

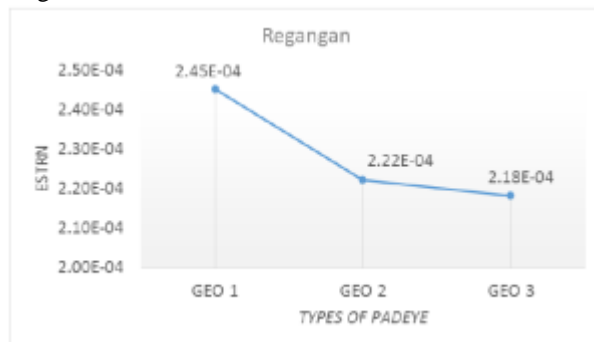
Geometri		Tegangan (N/mm <sup>2</sup> )	Regangan (ESTRN)	Peralihan URES (mm)	FOS
1	Max	87,07	2,45E-04	5,76E-03	1760
	Min	0,20	3,17E-06	1,00E-30	4,08
2	Max	59,72	2,22E-04	4,80E-03	3555
	Min	0,09	1,1E-06	1,00E-30	5,94
3	Max	58,94	2,18E-04	4,51E-03	3870
	Min	0,09	3,71E-06	1,00E-30	6,02

Berikut adalah *chart* perbandingan dari ketiga geometri diatas :



Gambar 11: Grafik Perbandingan Tegangan

Dalam gambar 11 menunjukkan bahwa tegangan yang terjadi pada geometri 1 merupakan tegangan tertinggi 87,07 N/mm<sup>2</sup>, geometri 2 dengan 59,72 N/mm<sup>2</sup> dan tegangan terendah terjadi pada geometri 3 dengan 58,94 N/mm<sup>2</sup>.



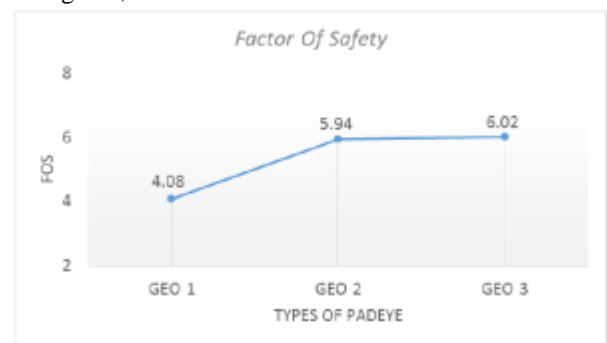
Gambar 12: Grafik Perbandingan Regangan

Dalam gambar 12 menunjukkan bahwa regangan yang terjadi pada geometri 1 merupakan regangan tertinggi 2,45E-04, geometri 2 dengan 2,22E-04 dan regangan terendah terjadi pada geometri 3 dengan 2,18E-04.



Gambar 13: Grafik Perbandingan Peralihan

Dalam gambar 13 menunjukkan bahwa peralihan yang terjadi pada geometri 1 merupakan peralihan tertinggi 5,76E-03mm, geometri 2 dengan 4,80E-03mm dan peralihan terendah terjadi pada geometri 3 dengan 4,51E-03mm.



Gambar 14: Grafik Perbandingan FOS

Dalam gambar 14 menunjukkan bahwa tingkat keamanan yang terjadi pada geometri 1 merupakan yang terendah 4,08, geometri 2 dengan 5,94 dan yang teraman terjadi pada geometri 3 dengan 6,02. Jadi geometri 3 lebih aman 47,55% dan 1,35% dibandingkan geometri 1 dan 2.

#### 4 Kesimpulan

Dari simulasi yang dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Geometri dari *padeye* mempengaruhi semua aspek kekuatan dari tegangan (*stress*), regangan (*strain*), peralihan (*displacement*) dan factor of safety (FOS).
2. Geometri *padeye* apabila semakin mendekati sudut pemberian beban maka akan menjadi lebih aman. (dalam hal ini sudut sling 60°).
3. Dari ketiga geometri, geometri 3 adalah geometri yang teraman dari ketiga percobaan geometri dengan 6,02 Factor of Safety. Jadi Geometri 3 lebih aman 47,55% dan 1,35% dibandingkan geometri 1 dan 2.
4. Penelitian tahap berikutnya akan disimulasikan kekuatan sambungan las pada *padeye* dikarenakan sambungan las tersebut merupakan bagian yang kritikal dalam proses pengangkatan (*lifting*)



## Referensi

- [1] Rizal, dkk. 2014. *Studi Analisis Lifting dan Design Padeye pada pengangkatan Deck Jacket Wellhead Tripod Platform menggunakan Floating Crane Barge*. Surabaya: ITS Library.
- [2] Pramita, Henny Gusti. 2014. *Analisis Struktur Padeye Pada Proses Lifting Jacket Empat kaki Dengan Pendekatan Dinamik*. Surabaya: ITS Library.
- [3] Gere, J.M., dan Timoshenko, S.P.. 2002. *Mekanika Bahan Edisi Keempat*. Jakarta : Erlangga.
- [4] GL Noble Denton 0027/ND REV9. 2010. *Guidelines For Marine Lifting Operation*. Technical Policy Board.
- [5] Continental Steel. 2006. *Product Handbook Structural Steel*. Continental Steel Pte Ltd
- [6] Corus. 2004. *European Structural Steel Standard EN 10025 : 2004*. Orchard Corporated Ltd
- [7] DNV NO.2.7-1. 2006. *Offshore Containers*. Det Norske Veritas. Norway.
- [8] Halliday, David dan Robert Resnick. 2005. *Fisika Edisi Ketiga*. Jakarta : Erlangga.
- [9] Stemar Engineering bv. 2007. *Standard Tata Padeyes* (<http://www.stemar.com/tools-en/publications/tata-pad-eyes-en>). Diakses tanggal 6 Maret 2016 jam 21.30 WIB)
- [10] Metallurgica Veneta. 2004. *S355J0*. Italy : Metallurgica Veneta spa.
- [11] Solidwork Help. 2012. *Design Insight*. [http://help.solidworks.com/2012/English/SolidWorks/cworks/IDH\\_HELP\\_LOADPATH\\_PLOT\\_TYPE.htm](http://help.solidworks.com/2012/English/SolidWorks/cworks/IDH_HELP_LOADPATH_PLOT_TYPE.htm). Diakses tanggal 20 Juni 2016 jam 12.00 WIB )