



**SKRIPSI - ME 141501**

# **DESAIN LAMBUNG PONTOON PADA PEMBANGKIT LISTRIK ENERGI ARUS LAUT**

Danny Rahmanda  
*NRP. 4213 105 016*

*Dosen Pembimbing*  
*Ir. Toni Bambang M., PGD*  
*Irfan Syarif Arief, ST. MT*

*JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN*  
*Fakultas Teknologi Kelautan*  
*Institut Teknologi Sepuluh Nopember*  
*Surabaya 2016*



*FINAL PROJECT - ME09 141501*

# **DESIGN OF PONTOON HULL IN OCEAN CURRENT ENERGY GENERATOR**

*Danny Rahmanda  
NRP. 4212 105 018*

*Supervisor  
Ir. Toni Bambang M., PGD  
Irfan Syarif Arief, ST. MT*

*DEPARTMENT OF MARINE ENGINEERING  
Faculty of Marine Technology  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2016*

## LEMBAR PENGESAHAN

### DESAIN LAMBUNG PONTOON PADA PEMBANGKIT LISTRIK ENERGI ARUS LAUT

## SKRIPSI

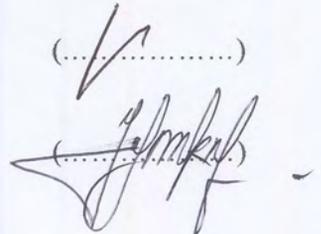
Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Pada  
Bidang Studi Marine Manufacture and Design (MMD)  
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya

Oleh :  
**DANNY RAHMANDA**  
NRP. 4213 105 016

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Skripsi :

1. Ir. Tony Bambang Mursiyadi PGD. (.....)
2. Irfan Syarif, ST. MT. (.....)



**SURABAYA**  
**JANUARI 2016**

# LEMBAR PENGESAHAN

## DESAIN LAMBUNG PONTOON PADA PEMBANGKIT LISTRIK ENERGI ARUS LAUT

### SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Pada  
Bidang Studi Marine Manufacture and Design (MMD)  
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya

Oleh :  
**DANNY RAHMANDA**  
NRP. 4213 105 016

Disetujui oleh Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan :

1. Dr.Eng M. Badrus Zaman, ST, MT



**SURABAYA**  
**JANUARI 2016**

## **DESAIN LAMBUNG PONTOON PADA PEMBANGKIT ENERGI ARUS LAUT**

Nama Mahasiswa : Danny Rahmanda  
NRP : 4213 105 016  
Jurusan : Teknik Sistem Perkapalan  
Dosen Pembimbing : 1. Ir. Toni Bambang M., PGD  
2. Irfan Syarif Arief, ST. MT

### **ABSTRAK**

Perencanaan PLTAL yang berfokus pada desain bentuk lambung dengan meninjau kekuatan dari lambung ponton tersebut apakah dapat menahan tegangan mooring terhadap arus laut, gaya angin dan gelombang tersebut, Selain itu dalam mendesain lambung ponton akan menghitung kekuatan tension mooring yang terdapat pada lambung dengan ukuran utama panjang 8 m, lebar 0.8 m per lambung, sarat 0.8 m dan tinggi 1.1 m. lambung dapat menahan arus laut. Sehingga dapat diketahui karakteristik kekuatan lambung terhadap tension mooring. Berdasarkan data beban muatan dari komponen konstruksi dan komponen turbin, dihitung nilai beban akibat faktor lingkungan dengan metode pendekatan rumus gaya angin sebesar 33 kN, gaya arus 29 kN, gaya gelombang 29.33kN. Jenis mooring adalah sphread dengan heading depan, samping dan belakang. Dari faktor pembebanan dapat di dapatkan nilai tension per arah hambatan depan 2.6 kN, samping 2.7 kN dan belakang 2.7 kN. Data tension diinput untuk simulasi karakteristik kekuatan lambung yang terjadi pada *pontoon* berkisar antara  $0 - 26.229 \times 10^3 \text{ N/m}^2$ .

Kata Kunci : Lambung Ponton, Faktor Lingkungan, Tegangan Tension, Tegangan

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## ***DESIGN OF PONTOON HULL IN OCEAN CURRENT ENERGY GENERATOR***

Name : Danny Rahmanda  
NRP : 4213 105 016  
Departement : *Marine Engineering*  
Supervisor : 1. Ir. Toni Bambang M., PGD  
2. Irfan Syarif Arief, ST. MT

### ***ABSTRACT***

*Planning Hydropower which focuses on the design of hull form with reviewing the strength of the ponton hull that is able to withstand voltage mooring on ocean currents, the forces of wind and waves, addition in the design of the ponton hull will calculate the power voltage / tension mooring contained in the Hull to the size of the main 8 m length, 0.8 m beam per hull, Draft 0.8 m and 1.1 m high. hull can withstand ocean currents. Thus characterizing the hull strength to resist tension mooring. Based on the data payload of construction components and turbine components, calculated load values due to environmental factors with the formulation wind force of 33 kN, 29 kN current style, style 29.33kN wave. Type of mooring is heading sphread with front, side and rear. loading factor in getting a tension value per heading / direction of resistant 2.6 kN front, side and rear 2.7 kN 2.7 kN. Data inputted tension to simulated gastric strength characteristics that occur in pontoon range between 0 - 26.229x10<sup>3</sup> N / m<sup>2</sup>.*

*Keyword : Ponton Hull, Environmental Factors, Tension, Stress*

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## KATA PENGANTAR

Bismillahirrohmanirrohim, Rasa syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kepada Allah SWT atas kemudahan yang diberikan sehingga penyusunan skripsi dengan judul : **“Desain Lambung Pontoon pada Energi Arus Laut”** ini dapat diselesaikan dengan baik sebagai persyaratan akademik pada Bidang Studi Marine Manufacture and Design (MMD) Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis banyak menerima masukan dan sumbangan pemikiran dari berbagai pihak. Sehingga pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Allah SWT yang telah memberi ridha-Nya dalam menyelesaikan Skripsi dan memberi sebuah anugerah yang tak ternilai.
2. Ayah, Ibu dan semua anggota keluarga penulis yang telah memberikan motivasi dan doa dalam penyelesaian skripsi ini.
3. Bapak Irfan Syarief Arief ST.MT, selaku Dosen Pembimbing dan Kepala Lab MMD yang telah membantu menentukan judul dan membimbing Tugas Akhir
4. Bapak Ir. Toni Bambang Mursiyadi, PGD selaku Dosen Pembimbing yang telah membimbing tugas akhir.
5. Bapak Dr.Eng Badrus Zaman, MT selaku Kepala Jurusan Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan.
6. Teman – teman Lintas Jalur khususnya angkatan 2013 terima kasih atas dukungan dan motivasinya
7. Teman – teman dan segenap pengurus Laboratorium Design and 3D Model Jurusan Teknik Sistem Perkapalan

8. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu hingga penyusunan skripsi ini dapat diselesaikan.

Dalam penyusunan skripsi ini penulis merasakan bahwa laporan ini masih kurang dari kesempurnaan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun akan sangat diharapkan oleh penulis. Akhir kata, semoga semua ini mendapat berkah dan rahmat dari Allah SWT dan dapat bermanfaat bagi para pembaca maupun penulis untuk bahan studi dan review selanjutnya di masa mendatang.

Surabaya, Januari 2016

**Penulis**

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	<b>v</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>ix</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xv</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xxi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang Masalah .....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Manfaat .....	4
1.5 Tujuan.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>5</b>
2.1 Dasar Teori .....	5
2.1 Definisi Energi Laut.....	5
2.1.1 Energi Ombak .....	5
2.1.2 Energi Pasang Surut.....	7
2.2 Dasar Teori Analisis Struktur dan Tahanan arus Laut.....	11
2.3 Sistem tambat (Mooring Sistem).....	14
2.3.1 <i>Spread Mooring</i> .....	15
2.3.1 <i>Turret Mooring</i> .....	15
2.3.3 <i>Catenary Anchor Leg Mooring</i> .....	17
2.3.4 <i>Single Anchor Leg Mooring</i> .....	18
2.3.5 <i>Dynamic Positioning</i> .....	19
2.4 Bangunan Apung.....	20
2.4.1 Gaya Pada Mooring Sistem.....	23
2.4.2 Klasifikasi Desain Lambung.....	31

2.5	Mooring Component.....	37
2.5.1	Mooring Lines.....	37
2.6	Tegangan (Stress).....	40
2.6.1	Output Gaya-gaya pada Konstruksi.....	42
2.6.2	Tegangan(stress) pada Struktur.....	42
2.7	Software Geometri Desain.....	44
<b>BAB III METODOLOGI.....</b>		<b>48</b>
3.1	Introduction Metodology .....	48
3.2	Diagram Alir .....	49
3.3	Penjelasan tentang Diagram Alir .....	50
3.3.1	Studi Literatur.....	50
3.3.2	Pengumpulan Data .....	50
3.3.3	Tahap Mendesain.....	51
3.3.4	Tahap Kesimpulan dan Saran.....	51
<b>BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>52</b>
4.1	Karakteristik Penentuan Jenis Lambung.....	53
4.2	Data Ukuran desain dan muatan.....	54
4.2.1	Desain Lambung Pontoon dan ukuran.....	56
4.2.2	Perhitungan Faktor Beban Lambung Pontoon.....	57
4.2.3	Perhitungan Kontruksi Lambung .....	74
4.3	Pembuatan Model Geometri.....	76
4.4	Proses Simulasi Model Pada <i>Software</i> .....	78
4.3.1	Proses Analisa Beban.....	80
4.3.2	Pembahasan Hasil Simulasi.....	82
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>		<b>89</b>
5.1	Kesimpulan .....	83
5.2	Saran.....	83
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>		<b>84</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>		<b>86</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Klasifikasi gelombang berdasarkan periode. ....	22
Tabel 2.2.	koefisien bentuk benda diatas garis air. ....	24
Tabel 2.3.	koefisien tinggi benda diatas garis air. ....	25
Tabel 2.4.	Konfigurasi Mooring Line. ....	39
Tabel 4.1.1	Parameter Penentuan Lambung. ....	53
Tabel 4.1.2	Berat Muatan. ....	55
Tabel 4.1.3	Nilai x dan y pada grafik gaya gelombang untuk <i>bow seas</i> . ....	66
Tabel 4.1.4	Nilai x dan y pada grafik gaya gelombang untuk <i>quartering seas</i> . ....	66
Tabel 4.1.5	Nilai x dan y pada grafik gaya gelombang untuk <i>beam seas</i> . ....	66
Tabel 4.1.6	Mooring line untuk Load case 0 (arus depan). ....	<u>71</u>
Tabel 4.1.7	Mooring line untuk Load case (arus samping). ....	<u>71</u>
Tabel 4.1.8	Mooring line untuk Load case (arus belakang) ....	<u>72</u>
Tabel 4.1.9	Mooring line Average Tension ....	73
Tabel 4.2.1	Mooring line Average Value. ....	<u>73</u>
Tabel 4.2.2	Pembagian Force pada hook lambung ....	80
Tabel 4.2.3	Hasil Simulasi Keseluruhan pada hook lambung. ....	87
Tabel 4.2.4	Hasil simulasi keseluruhan pada lambung. ....	88

“ Halaman ini sengaja dikosongkan ”

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.1 Skema OWC .....	7
Gambar 2.1.2 Skema Kerja Tidal Energi.....	8
Gambar 2.1.3 Prototype Desain.....	10
Gambar 2.3.1 Spread Mooring.....	15
Gambar 2.3.2 External Turret Mooring.....	16
Gambar 2.3.3 Internal Turret Mooring.....	17
Gambar 2.3.4 CALM.....	18
Gambar 2.3.5 SALM.....	18
Gambar 2.3.6 Dynamic Positioning.....	19
Gambar 2.4.1 Grafik Koefisien drag.....	27
Gambar 2.4.2 Grafik Gaya Gelombang.....	29
Gambar 2.4.3 Grafik Gaya Gelombang Quating Seas.....	30
Gambar 2.4.4 Grafik Gaya Gelombang Beam Seas.....	30
Gambar 2.4.5 Gambar lambung Simple box .....	32
Gambar 2.4.6 Gambar bangunan apung vertical cylinder.....	33
Gambar 2.4.7 Gambar lambung Ship form.....	34
Gambar 2.4.8 Gambar TLP.....	34
Gambar 2.4.8 Gambar semisubmersible.....	35
Gambar 2.4.8 Gambar lambung cylinder.....	36
Gambar 2.7.1 Contoh Pemodelan.....	47
Gambar 4.1.1 Tampak atas desain pontoon.....	56
Gambar 4.1.2 Tampak depan desain pontoon.....	56
Gambar 4.1.3 Ilustrasi Sphread Mooring.....	58
Gambar 4.1.4 Penampang Samping pontoon yang terkena angin.....	60
Gambar 4.1.5 Penampang depan pontoon yang terkena angin.....	60
Gambar 4.1.6 Ilustrasi Bagian permukaan basah depan pontoon.....	60
Gambar 4.1.7 Ilustrasi Bagian permukaan basah samping pontoon.....	61
Gambar 4.1.8 Ilustrasi gaya arus terhadap pontoon.....	62
Gambar 4.1.9 Gaya-gaya yang terjadi pada pontoon.....	68
Gambar 4.2.1 Letak antara End Link A dan B pada mooring.....	69

Gambar 4.2.2 Tampak penyebaran sphread mooring layout.....	70
Gambar 4.2.3 Penamaan Ujung Mooring.....	70
Gambar 4.3.1 Gambar model isometri yang akan disimulasikan..	76
Gambar 4.3.2 Gambar model lambung tampak samping yang akan disimulasikan. ....	76
Gambar 4.3.3 Gambar model tampak atas lambung solid hook yang disimulasikan.....	77
Gambar 4.3.1 Gambar model hook mooring yang akan disimulasikan.....	77
Gambar 4.3.4 Spesifikasi material yang akan dipakai dalam simulasi.....	78
Gambar 4.3.6 Proses Meshing pada model solid .....	82
Gambar 4.3.7 Simulasi Stress terhadap hook lambung.....	83
Gambar 4.3.8 Simulasi displasement terhadap hook lambung.....	84
Gambar 4.3.9 Simulasi strain terhadap hook lambung .....	85
Gambar 4.4.1 Simulasi FOS pada hook lambung .....	86

“ Halaman ini sengaja dikosongkan “

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Pada saat dekade ini sudah banyak muncul produksi bangunan lepas pantai yang digunakan untuk kepentingan riset, inovasi dan bahkan sudah menjadi bisnis alternatif di negara-negara besar di eropa dan amerika untuk desain dan produksinya.

Pembangkit yang menggunakan energi pasang-surut air laut sudah banyak dikembangkan di negara-negara benua eropa, amerika dan australia dengan kapasitas lebih dari 1 MW. Setelah, itu bermunculan inovasi dan pengembangan desain berbagai pembangkit listrik yang ditawarkan mulai dari jenis apung maupun ditanam di dasar laut.

Listrik merupakan kebutuhan pokok masyarakat dan menjadi penunjang disegala aspek kehidupan dan pembangunan nasional, termasuk peningkatan taraf hidup bangsa Indonesia. Dari tahun ke tahun kebutuhan energi listrik juga semakin meningkat pesat. Namun ketersediaan energi listrik untuk kebutuhan nasional belum mencukupi seperti dengan adanya pemadaman bergilir di beberapa daerah di Indonesia. Pembangkit energi listrik yang menggunakan BBM (Bahan Bakar Minyak) sudah tidak ekonomis lagi dikarenakan persediaan bahan bakar fosil sudah menipis disertai dengan fluktuasi harga yang cenderung meningkat serta transportasi yang jauh ke tempat pembangkitan, sehingga dibutuhkan alternatif lain sebagai tenaga pembangkitan listrik. Seperti arus laut yang memiliki potensi besar di Indonesia karena memiliki

banyak pulau dengan potensi arus laut yang besar seperti di Selat Alas, Kabupaten Lombok Timur NTB.

Saya berencana membuat tugas akhir untuk perencanaan PLTAL yang berfokus pada desain bentuk lambung platform dengan meninjau kekuatan dari lambung platform tersebut apakah dapat menahan tegangan mooring terhadap arus laut, gaya angin dan gelombang tersebut, Selain itu dalam mendesain lambung platform akan menghitung tahanan – tahanan yang terdapat pada lambung apakah dapat menahan arus laut yang telah diketahui arus, gaya angin dan ketinggian gelombang

## **I.2 Perumusan Masalah**

### **Permasalahan:**

Berdasar uraian diatas disampaikan beberapa hipotesa yang antara lain:

1. Bagaimana menentukan besar nilai gaya dan arah gaya yang harus ditahan oleh mooring sistem pada pembangkit energi laut
2. Bagaimana desain dan Karakteristik Kekuatan lambung terhadap beban muatan dan beban tension mooring

### **Batasan Masalah:**

1. Desain pontoon menggunakan Software geometri
2. Tidak memperhitungkan energi yang dihasilkan oleh Turbin PLTAL.
3. Perhitungan Sistem turbin, Support konstruksi dan factor fatigue tidak masuk dalam permasalahan
4. Bahan material konstruksi lambung sudah ditetapkan
5. Pontoon yang di Desain ukuran Panjang 8000mm x Span 6000mm menyesuaikan dengan ukuran utama turbin 2000mm x 100mm x 4mm,
6. Perencanaan Pontoon ini menggunakan standar API dan BKI
7. Kekuatan dan Spesifikasi Mooring dan perlengkapannya tidak dibahas.

### **I.3 Tujuan Penulisan**

Penulisan tugas akhir ini bertujuan untuk :

1. Mengetahui besar nilai gaya dan arah gaya yang harus ditahan oleh lambung terhadap faktor lingkungan
2. Mengetahui desain dan karakteristik kekuatan Lambung Pontoon terhadap beban saat operasional

### **I.4 Manfaat**

Manfaat yang dapat diperoleh dari penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Dapat dijadikan referensi dalam mendesain platform ocean current untuk kedepannya
2. Dapat membantu dalam urusan desain PLTAL (Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut)
3. Menjadi referensi dalam desain Lambung Pontoon dan deck Platform Ocean Current Energy/PLTAL

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Energi Laut**

Berbagai macam riset dan teknologi telah diterapkan oleh beberapa lembaga dan perusahaan untuk mengembangkan model baru bagi sistem konversi energi yang berasal dari laut (ocean energy) dapat dikategorikan menjadi tiga macam :

1. Energi Ombak (Wave Energy),
2. Energi Pasang Surut (Tidal Energy),
3. Hasil konversi energi panas laut (ocean thermal energy conversion).

##### **2.1.1 Energi Ombak (Wave Energy)**

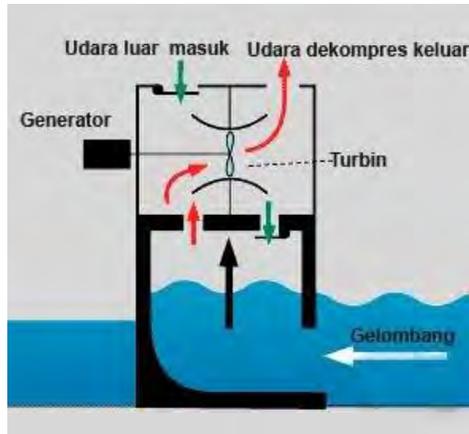
Ombak dihasilkan oleh angin yang bertiup di permukaan laut. Sesungguhnya ombak merupakan sumber energi yang cukup besar, namun, untuk memanfaatkan energi yang terkandungnya tidaklah mudah; terlebih lagi mengubahnya menjadi listrik dalam jumlah yang memadai. Inilah sebabnya jumlah pembangkit listrik tenaga ombak yang ada di dunia sangat sedikit.

Salah satu metode yang efektif untuk memanfaatkan energi ombak adalah dengan membalik cara kerja alat pembuat ombak yang biasa terdapat di kolam renang. Pada kolam renang dengan ombak buatan, udara ditiupkan keluar masuk sebuah ruang di tepi kolam yang mendorong air sehingga bergoyang naik turun menjadi ombak.

Pada sebuah pembangkit listrik bertenaga ombak (PLTO), aliran masuk dan keluarnya ombak ke

dalam ruangan khusus menyebabkan terdorongnya udara keluar dan masuk melalui sebuah saluran di atas ruang tersebut. Jika di ujung saluran diletakkan sebuah turbin, maka aliran udara yang keluar masuk tersebut akan memutar turbin yang menggerakkan generator. Masalah dengan desain ini ialah aliran keluar masuk udara dapat menimbulkan kebisingan, akan tetapi, karena aliran ombak pun sudah cukup bising umumnya ini tidak menjadi masalah besar.

Setelah selesai dibangun, energi ombak dapat diperoleh secara gratis, tidak butuh bahan bakar, dan tidak pula menghasilkan limbah ataupun polusi. Namun tantangannya adalah bagaimana membangun alat yang mampu bertahan dalam kondisi cuaca buruk di laut yang terkadang sangat ganas, tetapi pada saat bersamaan mampu menghasilkan listrik dalam jumlah yang memadai dari ombak-ombak kecil (jika hanya dapat menghasilkan listrik ketika terjadi badai besar maka suplai listriknya kurang dapat diandalkan). Beberapa perusahaan yang mengembangkan PLTO versi komersial sesuai dengan metode yang dijelaskan di atas antara lain: Wavegen dari Inggris, dengan prototipnya yang bernama LIMPET dengan kapasitas 500 kW di pantai barat Skotlandia, dan Energetech dari Australia yang sedang mengusahakan proposal proyek PLTO berkapasitas 2 MW di Rhode Island.



Gambar 2.1.1 Skema kerja OWC [9]

### 2.1.2 Energi Pasang Surut (Tidal Energy)

Pasang surut menggerakkan air dalam jumlah besar setiap harinya dan pemanfaatannya dapat menghasilkan energi dalam jumlah yang cukup besar. Dalam sehari bisa terjadi hingga dua kali siklus pasang surut. Oleh karena waktu siklus bisa diperkirakan (kurang lebih setiap 12,5 jam sekali), suplai listriknya pun relatif lebih dapat diandalkan daripada pembangkit listrik bertenaga ombak. hanya terdapat sekitar 20 tempat di dunia yang telah diidentifikasi sebagai tempat yang cocok untuk pembangunan pembangkit listrik bertenaga pasang surut ombak. Pada dasarnya ada dua metodologi untuk memanfaatkan energi pasang surut:



Gambar 2.1.2 Skema Kerja Tidal Energy [10]

- **Turbin lepas pantai (offshore turbines)**

Pilihan lainnya ialah menggunakan turbin lepas pantai yang lebih menyerupai pembangkit listrik tenaga angin versi bawah laut. Keunggulannya dibandingkan metode pertama yaitu: lebih murah biaya instalasinya, dampak lingkungan yang relatif lebih kecil daripada pembangunan dam, dan persyaratan lokasinya pun lebih mudah sehingga dapat dipasang di lebih banyak tempat. Beberapa perusahaan yang mengembangkan teknologi turbin lepas pantai adalah: Blue Energy dari Kanada, Swan Turbines (ST) dari Inggris, dan Marine Current Turbines (MCT) dari Inggris.

Teknologi MCT bekerja seperti pembangkit listrik tenaga angin yang ditanamkan di bawah laut. Dua buah baling dengan diameter 15-20 meter memutar rotor yang menggerakkan generator yang terhubung kepada sebuah kotak gir (gearbox). Kedua baling tersebut dipasangkan pada sebuah sayap yang membentang horizontal dari sebuah batang silinder yang diborkan ke dasar laut. Turbin tersebut akan mampu menghasilkan 750-1500 kW per

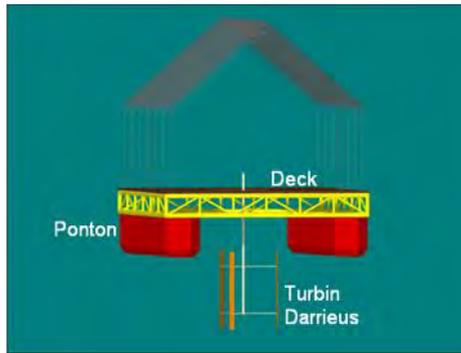
unitnya, dan dapat disusun dalam barisan-barisan sehingga menjadi ladang pembangkit listrik. Demi menjaga agar ikan dan makhluk lainnya tidak terluka oleh alat ini, kecepatan rotor diatur antara 10-20 rpm (sebagai perbandingan saja, kecepatan baling-baling kapal laut bisa berkisar hingga sepuluh kalinya).

✓ **Kelebihan:**

Setelah dibangun, energi pasang surut dapat diperoleh secara gratis. Tidak menghasilkan gas rumah kaca ataupun limbah lainnya. Tidak membutuhkan bahan bakar. Biaya operasi rendah. Produksi listrik stabil. Pasang surut air laut dapat diprediksi. Turbin lepas pantai memiliki biaya instalasi rendah dan tidak menimbulkan dampak lingkungan yang besar.

– **Kekurangan:**

Sebuah dam yang menutupi muara sungai memiliki biaya pembangunan yang sangat mahal, dan meliputi area yang sangat luas sehingga merubah ekosistem lingkungan baik ke arah hulu maupun hilir hingga berkilo-kilometer. Hanya dapat mensuplai energi kurang lebih 10 jam setiap harinya, ketika ombak bergerak masuk ataupun keluar.



Gambar 2.1.3 Prototype Desain Lambung Ponton dan deck Platform OCE/PLTAL Mr.Erwandi [11]

- **Dam pasang surut (tidal barrages)**

Cara ini serupa seperti pembangkitan listrik secara hidro-elektrik yang terdapat di dam/waduk penampungan air sungai. Hanya saja, dam yang dibangun untuk memanfaatkan siklus pasang surut jauh lebih besar daripada dam air sungai pada umumnya. Dam ini biasanya dibangun di muara sungai dimana terjadi pertemuan antara air sungai dengan air laut. Ketika ombak masuk atau keluar (terjadi pasang atau surut), air mengalir melalui terowongan yang terdapat di dam. Aliran masuk atau keluarnya ombak dapat dimanfaatkan untuk memutar turbin.

Kekurangan terbesar dari pembangkit listrik tenaga pasang surut adalah mereka hanya dapat menghasilkan listrik selama ombak mengalir masuk (pasang) ataupun mengalir keluar (surut), yang terjadi hanya selama kurang lebih 10 jam per harinya. Namun, karena waktu operasinya

dapat diperkirakan, maka ketika PLTPs tidak aktif, dapat digunakan pembangkit listrik lainnya untuk sementara waktu hingga terjadi pasang surut lagi.

## 2.2 Analisis Struktur dan Tahanan terhadap arus laut

### • Estimasi Berat

Sebelum menghitung estimasi berat berupa LWT dan DWT, terlebih dahulu menghitung beberapa nilai coefisien yang dibutuhkan untuk menghitung LWT dan DWT. Dalam hal ini teori yang digunakan mengacu pada Harvald SV Coefisian tersebut diantaranya :

$$\begin{aligned}
 C_b &= \text{block coefficient} \\
 &= 0.70 + 0.125 \tan^{-1} ((23 - 100 F_n)/4) \\
 C_m &= \text{midship coefficient} \\
 &= (1 + ((1 - C_b) 3.5)) - 1 \\
 C_{wp} &= \text{waterplane coefficient} \\
 &= 0.180 + 0.860 C_p \text{ Series 60} \\
 LCB &= \text{longitudinal center of buoyancy} \\
 &= -13.5 + 19.4 C_p \quad \%L \text{ plus amidship} \\
 C_p &= \text{prismatic coefficient} \\
 &= C_b / C_m \\
 &= \text{volume displacement} \\
 &= L \cdot B \cdot T \cdot C_b \quad [ m^3 ] \\
 &= \text{displacement} \\
 &= \quad \quad [ \text{ton} ] \\
 &= 1.025 \quad [ \text{ton} / m^3 ]
 \end{aligned}$$

- **Volume Displacement ( $\nabla$ )**

Volume displacement adalah volume air yang dipindahkan oleh badan yang tercelup air. Dan dari data yang sudah direncanakan sebelumnya dari Tugas Rencana Garis maka dapat diketahui besarnya nilai volume displacement dengan mengalikan panjang *Length of Water Line* (LWL) dengan *Lebar* (B), *Sarat* (T) dan Coefisien Block Water Line ( $U_{wl}$ ) Sehingga dapat diketahui dengan rumus:

$$\nabla = Lwl \times B \times T \times U \quad (m^3)$$

- **Displacement (U)**

Berat displacement adalah berat yang dipindahkan oleh badan yang tercelup air. Dan berat displacement dapat diketahui jika kita terlebih dahulu menghitung besar volume displacement dan dikalikan dengan *massa jenis air laut* (...). Jadi setelah itu dapat dicari dengan rumus :

$$\begin{aligned} U &= Lwl \times B \times T \times U \times \dots \text{ (Ton)} \\ &= \nabla \times \dots \text{ (Ton)} \end{aligned}$$

- **Perhitungan Coefisien Prismatic (Untuk mencari nilai**

$10^3 C_R$  pada grafik Length Displacement Ratio ( $L/\nabla^{1/3}$ ) sehingga dapat diketahui nilai *koefisien tahanan sisa* ( $C_R$ ). Sebelum kita menghitung Coefisien Prismatic terlebih dahulu kita mencari nilai Coefisien Middle dengan membagi antara Luas Area pada Middle ( $A_m$ ) dengan *Lebar* (B) dikalikan *Sarat* (T) sesuai dengan data dari Tugas Rencana Garis yaitu dari rumus:

$$(A_m) = B \times T$$

$$C_m = \text{Luas } (A_m) / B \times T$$

Koefisien Prismatic  $C_p ( )$

$$C_p ( ) = C_b / C_m$$

- **Luas Permukaan Basah (S)**

Luas permukaan basah suatu kapal juga mempengaruhi nilai koefisien tahanan gesek karena badan yang tercelup air jika bergerak akan terdapat gesekan maka dari itu harus dicari nilai luas permukaan basah. Banyak sekali metode yang digunakan tapi dianjurkan memakai dua metode yaitu:

[1] Permukaan basah semua bentuk memakai koefisien :

$$S = \frac{S}{L(B + 2,5T)}$$

[2] Permukaan basah untuk kapal niaga yang normal dapat dihitung dengan memakai rumus berikut ini (versi rumus Mumford):

$$S = 1,025 \times L_{pp} [ (u_{pp} \times B) + (1,7 \times T) ] (m^2)$$

Dari dua metode diatas maka digunakan versi rumus Mumford dimana Luas permukaan basah badan dapat dicari dengan :

$$S = 1,025 \times L [ (u_{pp} \times B) + (1,7 \times T) ] (m^2)$$

## 2.3 Sistem Tambat (Mooring System)

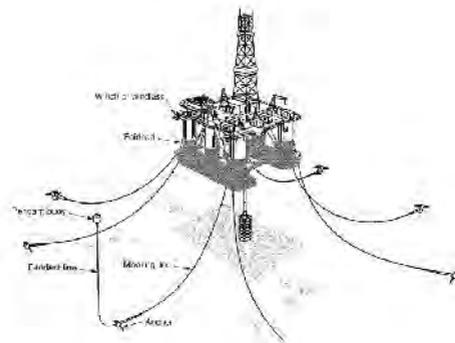
*Mooring System* adalah sistem penambatan benda apung yang ada di permukaan laut agar tetap terjaga di posisinya saat terkena gelombang, arus serta angin yang mengenai benda apung tersebut. Pada kapal saat berada di pelabuhan dan menunggu untuk bersandar, *mooring system* menggunakan jangkar yang ditenggelamkan di dasar laut agar kapal tidak mengalami pergerakan dan pergeseran yang bebas. Dalam laporan kali ini, benda apung yang harus dijaga agar tidak mengalami pergerakan bebas adalah pontoon yang digunakan sebagai tumpuan turbin pada pembangkit listrik dengan memanfaatkan gelombang laut. Sistem yang digunakan untuk mengubah dari gerakan pontoon yang terkena gelombang adalah dengan sebuah turbin yang terpasang pada pontoon tersebut. Sehingga dibutuhkan *mooring system* yang mampu menjaga pontoon agar tidak mengalami pergeseran dari posisinya, namun masih bisa mengalami beberapa pergerakan bebas untuk menggerakkan turbin tersebut.

Ada beberapa jenis *mooring system* yang digunakan pada bangunan lepas pantai. Jenis *mooring system* yang digunakan sangat bergantung pada jenis bangunan lepas pantai yang dirancang, kondisi lingkungan, serta fungsi dari bangunan lepas pantai itu sendiri. Jenis *mooring system* yang digunakan pada bangunan lepas pantai antara lain adalah :

- *Spread Mooring*
- *Turret Mooring*
- *Catenary Anchor Leg Mooring (CALM)*
- *Single Anchor Leg Mooring (SALM)*
- *Thruster Assited Mooring*
- *Dynamic Positioning*

### 2.3.1 Spread Mooring

Sistem tambat jenis ini terdiri dari beberapa mooring line yang menambat ke dasar laut. *Spread mooring* ini tidak memungkinkan bagi kapal atau bangunan apung untuk bergerak/berputar akibat dari efek lingkungan yang terjadi semisal angin, arus dan gelombang. Walaupun beban yang ditimbulkan relatif kecil, namun pergerakan bebas akan mengakibatkan beban akibat lingkungan terhadap bangunan apung semakin besar. Sehingga dapat berakibat pada bertambahnya jumlah *mooring lines* dan atau bertambahnya nilai dari *line tension*-nya. Pada sistem ini digunakan satu set *anchor legs* dan *mooring lines* pada setiap sistem tambat yang digunakan.



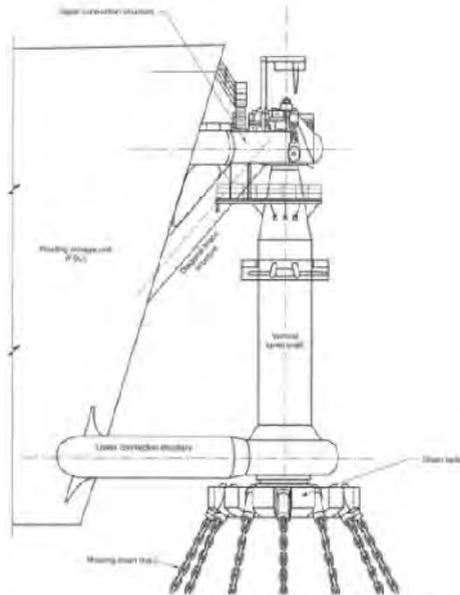
Gambar 2.3.1 Spread Mooring [12]

### 2.3.2 Turret Mooring

Pada sistem ini bangunan apung dihubungkan dengan turret dimana turret tersebut terhubung dengan *catenary mooring lines*. Pada turret yang terpasang *bearing* memungkinkan bangunan apung untuk dapat berputar. Dibandingkan dengan *spread mooring*, pada sistem ini *riser* jumlahnya dapat lebih banyak lagi. *Turret mooring* dapat berupa *external turret* atau *internal turret*.

- **External Turret**

*External turret* dapat diletakkan pada posisi depan kapal atau *stern ship*, yang berada di luar lambung kapal. Sehingga memungkinkan kapal untuk dapat berputar 360 derajat dan beroperasi pada kondisi cuaca normal maupun ekstrem. Selain posisi turret, perbedaan lain dibandingkan dengan *Internal turret* adalah posisi *chain table*-nya. Pada *external turret*, *chain table* terletak di atas garis air sedangkan pada *internal turret*, *chain table* terendam di bawah garis air.

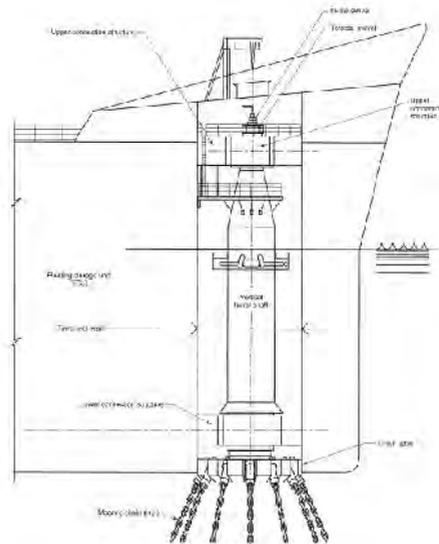


Gambar 2.3.2 External Turret Mooring System

- **Internal Turret**

Keunggulan sistem ini adalah dapat terpasang secara permanen maupun tidak (*disconnectable*). Dapat diaplikasikan pada lapangan dengan kondisi lingkungan

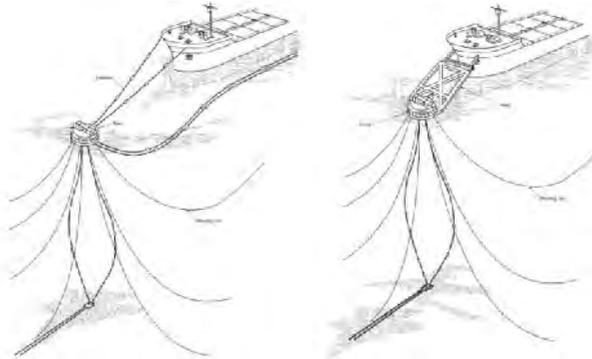
yang normal sampai ekstrim, dan sesuai untuk kedalaman air.



Gambar 2.3.3 Internal Turret Mooring System [12]

### 2.3.3 Catenary Anchor Leg Mooring (CALM)

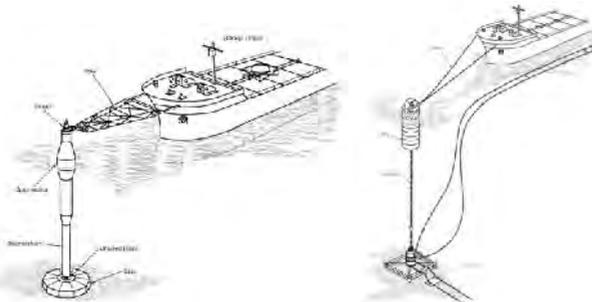
Sistem tambat ini terdapat pelampung dengan ukuran yang cukup besar dan terhubung dengan *mooring line* ke dasar laut. *Catenary anchor leg mooring* sering digunakan sebagai *mooring point* kapal dan untuk *offloading* fluida dari bangunan lepas pantai ke kapal. Terdapat beberapa cara untuk menambatkan kapal ke pelampung besar dalam sistem ini. Misalnya penambatan kapal ke pelampung dengan structural kaku, atau bisa dengan tali.



Gambar 2.3.4 CALM menggunakan *hawser* (kiri) dan CALM menggunakan *fixed yoke* (kanan) [12]

### 2.3.4 Single Anchor Leg Mooring (SALM)

*Single anchor leg mooring* ini mirip dengan sistem tambat *catenary anchor leg mooring*. Namun pada SALM menggunakan *riser* vertikal yang terhubung langsung ke dasar laut. Terdapat *riser* vertikal pada SALM yang menggunakan structural kaku berbentuk turbular yang langsung terhubung ke dasar laut. Jenis lain riser pada SALM menggunakan rantai, untuk jenis ini, penghubung kapal ke pelampung menggunakan tali.



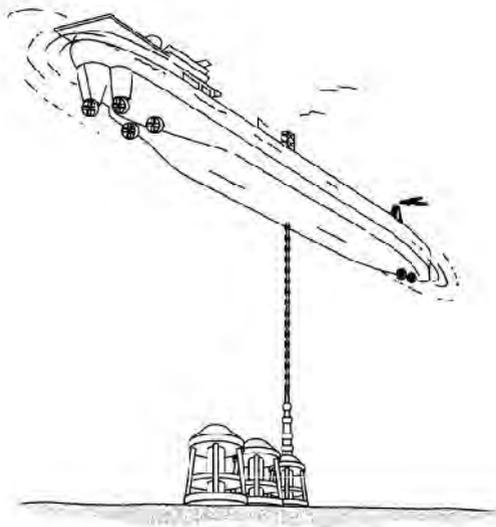
Gambar 2.3.5 SALM menggunakan *Turbular Riser* (kiri) dan SALM menggunakan *Chain Riser* (kanan) [12]

## ***Dynamic Positioning***

*Dynamic positioning* adalah sistem yang secara otomatis mempertahankan posisi kapal atau bangunan terapung dalam toleransi yang ditetapkan dengan mengendalikan pendorong kapal yang menghasilkan arah gaya dorong untuk melawan gaya akibat angin, gelombang dan arus. Sistem ini termasuk sistem yang paling fleksibel untuk mendapatkan posisi paling aman dalam proses operasi. Tetapi sistem ini sangat mahal sehingga menjadi sebuah pilihan yang belum realistis secara ekonomi dalam penambatan kapal.

Tipe Pengaturan Posisi Penambatan :

- a. *Stern line* (bagian belakang/after).
- b. *Bow line* (bagian depan/fore).
- c. *Spring line* (tengah).
- d. *Breast line* (antara depan dan spring line).



Gambar 2.3.6 Dynamic Positioning [12]

## **2.4 Bangunan Apung**

Pengertian dari bangunan apung adalah suatu konstruksi yang mengapung di atas air yang digunakan untuk tujuan tertentu. Contoh dari bangunan apung yang banyak dikenal adalah kapal yang biasa digunakan sebagai sarana angkutan. Ponton juga merupakan salah satu jenis bangunan apung, tidak memiliki sistem penggerak sehingga gerakannya sangat dipengaruhi oleh gerakan gelombang laut.

Pada bangunan apung, benda mendapat gaya berat dari bumi yang arahnya ke bawah, supaya terapung maka benda harus mendapat gaya apung atau gaya angkat ke atas. Gaya apung harus sama besar dengan gaya berat supaya benda tidak naik atau terbenam di air, sebagaimana hukum archimides yaitu gaya apung sama dengan gaya berat air yang dipindahkan. Gaya berat air yang dipindahkan merupakan perkalian antara volume, massa jenis air, dan percepatan gravitasi. Sehingga apabila kita mengetahui gaya berat suatu bangunan apung, maka bisa dihitung volume benda yang terbenam di air supaya benda bisa mengapung. [5]

- **Gelombang Laut**

Deskripsi tentang sebuah gelombang hingga kini masih belum jelas dan akurat, oleh karena permukaan laut merupakan suatu bidang yang kompleks dengan pola yang selalu berubah dan tidak stabil. Gelombang merupakan fenomena alam penaikan dan penurunan air secara periodik dan dapat dijumpai di semua tempat di seluruh dunia. Gelombang ada;ah sesuatu yang terjadi secara periodik terutama gelombang yang disebabkan oleh adanya peristiwa pasang surut.

Permukaan air selalu dalam keadaan bergerak, gerakan ini terutama ditimbulkan oleh kekuatan angin yang bertiup melintasi permukaan air dan menghasilkan energi gelombang dan arus. Bentuk gelombang yang dihasilkan cenderung tidak menentu dan tergantung pada beberapa sifat gelombang, periode dan tinggi dimana gelombang dibentuk, gelombang jenis ini disebut “*Sea*”. Gelombang yang terbentuk akan bergerak ke luar menjauhi pusat asal gelombang dan merambat ke segala arah, serta melepaskan energinya ke pantai dalam bentuk empasan gelombang. Rambatan gelombang ini dapat menempuh jarak ribuan kilometer sebelum mencapai suatu pantai, jenis gelombang ini disebut “*Swell*”.

Gelombang mempunyai ukuran yang bervariasi mulai dari riak dengan ketinggian beberapa centimeter sampai pada gelombang badai yang dapat mencapai ketinggian 30 m. Selain oleh angin, gelombang dapat juga ditimbulkan oleh adanya gempa bumi, letusan gunung berapi, dan longsor bawah air yang menimbulkan gelombang yang bersifat merusak (Tsunami) serta oleh daya tarik bulan dan bumi yang menghasilkan gelombang tetap yang dikenal sebagai gelombang pasang surut.

Sebuah gelombang terdiri dari beberapa bagian antara lain :

- Puncak gelombang (*Crest*) adalah titik tertinggi dari sebuah gelombang.
- Lembah gelombang (*Trough*) adalah titik terendah gelombang, diantara dua puncak gelombang.
- Panjang gelombang (*Wave length*) adalah jarak mendatar antara dua puncak gelombang atau antara dua lembah gelombang.

- Tinggi gelombang (*Wave height*) adalah jarak tegak antara puncak dan lembah gelombang.
- Periode gelombang (*Wave period*) adalah waktu yang diperlukan oleh dua puncak gelombang yang berurutan untuk melalui satu titik.

Antara panjang dan tinggi gelombang tidak ada satu hubungan yang pasti akan tetapi gelombang mempunyai jarak antar dua puncak gelombang yang makin jauh akan mempunyai kemungkinan mencapai gelombang yang semakin tinggi. Klasifikasi gelombang berdasarkan periodenya, seperti yang disajikan pada Tabel 1. berikut ini.

Tabel 2.1. Klasifikasi gelombang berdasarkan periode [\[12\]](#)

<b>Periode</b>	<b>Panjang Gelombang</b>	<b>Jenis Gelombang</b>
0 – 0,2 Detik 0,2 – 0,9 Detik	Beberapa centimeter Mencapai 130 meter	Riak ( <i>Ripples</i> ) Gelombang angina
0,9 -15 Detik	Beberapa ratus meter	Gelombang besar ( <i>Swell</i> )
15 – 30 Detik 0,5 menit – 1 jam	Ribuan meter Ribuan kilometer	Long Swell Gelombang dengan periode yang panjang (termasuk Tsunami)
5, 12, 25 jam	Beberapa kilometer	Pasang surut

### 2.4.1 Gaya Pada Mooring System

Keadaan lingkungan pada peletakan sistem tambat akan berpengaruh terhadap gaya yang bekerja pada sistem tambat. Kondisi lingkungan akan mempengaruhi besar dan kecilnya nilai dari gaya yang bekerja pada sistem tambat itu sendiri. Gaya yang terjadi pada *mooring system* antara lain adalah :

- Gaya angin
- Gaya arus
- Gaya gelombang
- *Oblique Environment*

#### • Gaya Angin (*Wind Force*)

Gaya anging terjadi karena adanya bagian lambung yang berada di atas permukaan air terkena angin. Kecepatan angin akan memberikan gaya pada pontoon atau benda apung, sehingga akan memberikan tekanan dan pembebanan pada *mooring system*. Besar dari gaya akibat angin ini sangat bergantung pula pada arah datang angin terhadap penampang benda. Misalnya sudut antara arah datang angin dengan penampang benda yang terkena angin mempunyai nilai sebesar  $90^\circ$ , maka akan menghasilkan nilai gaya yang besar. Untuk mendapatkan nilai dari gaya yang diakibatkan oleh angin dapat digunakan rumus berikut : [7]

$$F_w = C_w (C_s C_h A) V_w^2$$

Dimana:

- $F_w$  = Gaya angin (N)
- $C_w$  = Koefisien angin  
=  $0,615 \text{ N s}^2/\text{m}^4$
- $C_s$  = Koefisien bentuk benda
- $C_h$  = Koefisien tinggi benda dari



(exposed beams and girders)	
Rig derrick	1,25

Tabel 2.3. Koefisien tinggi benda di atas garis air.

Height of area centroid above water level (meter)	$C_h$
0 – 15,3	1,00
15,3 – 30,5	1,18
30,5 – 46,0	1,31
46,0 – 61,1	1,40
61,1 – 76	1,47

- **Gaya Arus (*Current Force*)**

Gaya arus timbul akibat adanya penampang benda yang terkena arus air, sehingga akan memberikan beban terhadap *mooring system*. Besarnya nilai gaya ini dapat bergantung pada kecepatan arus yang mengenai penampang benda dan luas permukaan basah. Pada gaya arus, terdapat beberapa arah gaya yang mungkin terjadi. Arah gaya dari depan benda apung dan dari samping benda apung. Untuk mendapatkan besarnya nilai gaya yang diakibatkan arus dapat digunakan rumus sebagai berikut :

- Gaya arus pada bagian depan benda.

$$F_{cx} = C_{cx} S V_c^2$$

Dimana :

- $F_{cx}$  = Gaya arus dari depan benda (N)
- $C_{cx}$  = Koefisien arus air dari depan benda  
=  $2,89 \text{ N s}^2/\text{m}^4$
- $S$  = Luas permukaan basah ( $\text{m}^2$ )
- $V_c$  = Kecepatan arus air (m/s)

- Gaya arus pada bagian samping benda.

$$F_{cy} = C_{cy} S V_c^2$$

Dimana :

- $F_{cy}$  = Gaya arus dari samping benda (N)
- $C_{cy}$  = Koefisien arus air dari samping benda  
=  $72,37 \text{ N s}^2/\text{m}^4$

- Gaya arus pada *semisubmersible*.

$$F_{cs} = C_{SS}(C_{d1}A_c + C_{d2}A_f)V_c^2$$

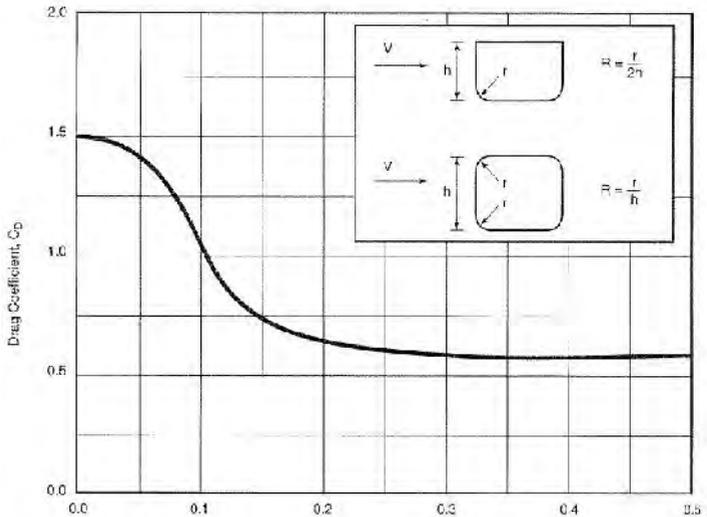
Dimana :

- $F_{cs}$  = Gaya arus *semisubmersible* (N)
- $C_{SS}$  = Koefisien arus air pada *semisubmersible*  
=  $515,62 \text{ N s}^2/\text{m}^4$
- $C_{d1}$  = Koefisien *drag* luas potongan benda di bawah garis air.
- $C_{d2}$  = Koefisien *drag* luas bidang datar benda di bawah garis air.
- $A_c$  = Total luas potongan benda di bawah garis air. ( $\text{m}^2$ )
- $A_f$  = Total luas bidang datar benda di bawah garis air. ( $\text{m}^2$ )

Untuk nilai dari koefisien *drag* dapat dilihat pada gambar 2.5.1 dengan nilai R. Dimana nilai R berada pada *axis x* dan nilai dari koefisien *drag* ada pada *axis y*.

- Untuk nilai  $C_{d1}$  dapat digunakan rumus berikut :  
 $R = r/2h$
- Untuk nilai  $C_{d2}$  dapat digunakan rumus berikut :  
 $R = r/h$

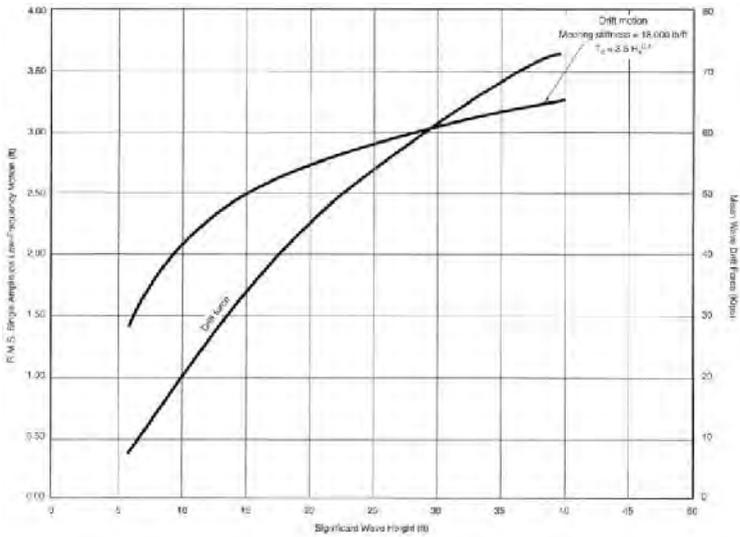
Dimana nilai “h” pada  $C_{d1}$  adalah tinggi dari potongan benda apung atau pontoon yang terkena arus, sedangkan “h” pada  $C_{d2}$  adalah lebar dari permukaan benda apung atau pontoon yang terkena arus. Untuk nilai “r” adalah nilai dari jari – jari *rounded* pada potongan melintang pontoon yang terkena arus (untuk  $C_{d1}$ ) dan permukaan apung ayng terkena arus (untuk  $C_{d2}$ ).



Gambar 2.4.1 Grafik koefisien *drag* [12]

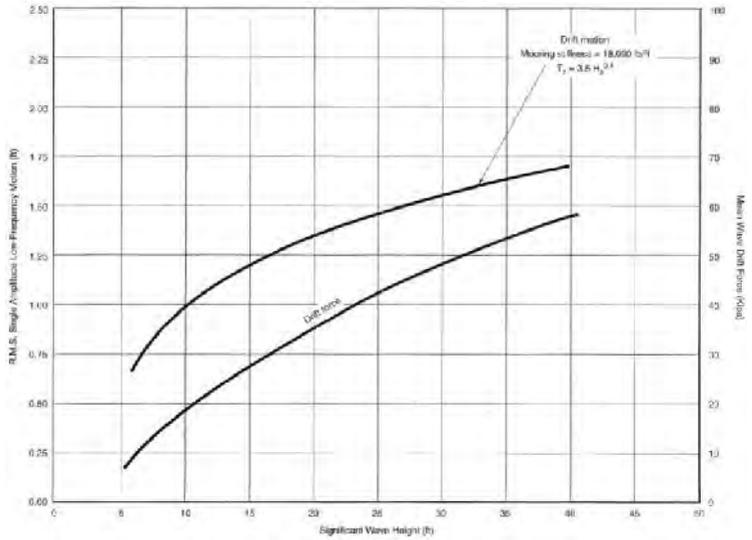
- **Gaya Gelombang (*Wave Force*)**

Gaya gelombang timbul karena adanya gelombang yang mengenai benda dan menimbulkan tarikan atau pembebanan terhadap *mooring system*. Periode gelombang yang terjadi akan mengakibatkan gerakan bebas kapal terhadap sumbu x, y dan z. Gerakan bebas kapal ini juga dapat menimbulkan tarikan atau pembebanan terhadap tali tambat. Frekuensi gerakan bebas sangat mempengaruhi berapa besar nilai gaya akibat adanya gelombang. Untuk mendapatkan nilai dari gaya gelombang dapat diprediksi dengan menggunakan model tes atau program yang mampu mensimulasikan pontoon terhadap tinggi gelombang dan periode gelombang, serta berapa besar frekuensi gerakan yang muncul akibat gelombang. Dari keseluruhan gaya yang terjadi akibat adanya gelombang, harus dicari nilai gaya rata-rata yang terjadi. Nilai gaya rata-rata tersebut yang nanti akan digunakan sebagai acuan merencanakan *mooring system*.

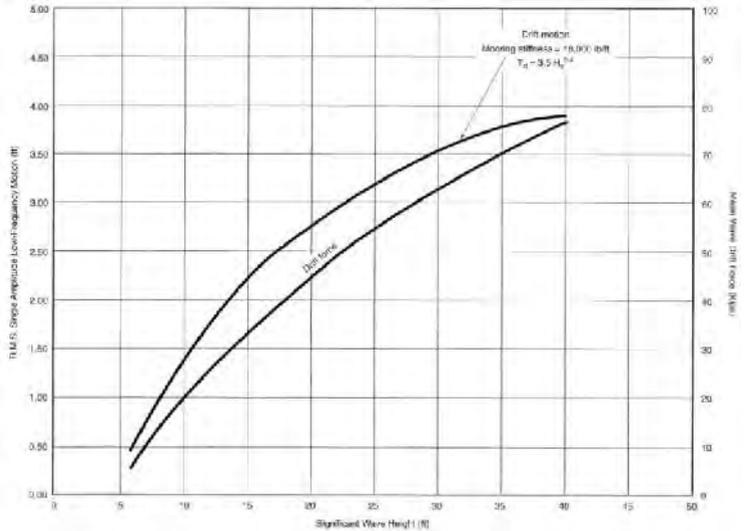


Gambar 2.4.2 Grafik gaya gelombang untuk *bow sea* [12]

Namun untuk mendapatkan nilai rata-rata dari gaya gelombang, dapat digunakan diagram pada Gambar 2.5.2, Gambar 2.5.3, dan Gambar 2.5.4 Dimana parameter yang digunakan pada sumbu x adalah tinggi gelombang yang terjadi. Pada gambar-gambar tersebut terdapat dua kurva, kurva pertama menggambarkan gaya tarik akibat gelombang. Sedangkan kurva kedua menggambarkan seberapa besar amplitude gerakan bebas yang timbul karena gaya tarik dari gelombang.



Gambar 2.4.3 Grafik gaya gelombang untuk *quartering seas* [12]



Gambar 2.4.4 Grafik gaya gelombang untuk *beam seas* [12]

- ***Oblique Environment (Kemiringan Lingkungan)***

*Oblique environment* timbul karena kemiringan sudut datangnya arus atau angin terhadap sumbu x dan y pada pontoon. Kemiringan pada gaya harus dievaluasi, untuk mengecek besarnya nilai dari gaya yang ditimbulkan akibat dari kemiringan tersebut. Pendekatan nilai gaya yang timbul karena kemiringan sudut dari arah gaya ini dapat diperoleh melalui rumus berikut : [7]

$$F_{\theta} = F_x \left[ \frac{2\cos^2\theta}{1+\cos^2\theta} \right] + F_y \left[ \frac{2\sin^2\theta}{1+\sin^2\theta} \right]$$

Dimana :

- F = Gaya akibat dari kemiringan sudut arah datangnya arus atau angin terhadap sumbu x dan y pada pontoon. (N)
- $F_x$  = Gaya yang terjadi pada bagian depan pontoon. (N)
- $F_y$  = Gaya yang terjadi pada bagian samping pontoon. (N)
- = Sudut kemiringan datangnya gaya pada pontoon terhadap sumbu x dan y.

#### **2.4.2 Desain Lambung ponton pada Pembangkit Energi Arus Laut**

Konsep perancangan lambung ponton tidak lepas dari konsep desain spiral, umumnya suatu lambung kapal untuk dapat dibuat harus memenuhi segala aspek yang tercantum dalam spiral desain, karena peninjauan kembali desain menjadi hal penting karena kapal atau bangunan lepas pantai tidak dapat dibuat dalam quantities banyak dalam waktu yang sama maka pentingnya faktor kebutuhan material,

kondisi operasional lingkungan dan kondisi ekstrim lingkungan menjadi sangat krusial dalam perancangannya. Berikut ini ada beberapa jenis-jenis alternatif lambung ponton yang bisa diaplikasikan untuk pembangkit energi arus laut dari sumber teknologi bangunan lepas pantai (Offshore Vessel).

- Simple Box (Conventional Barge)

Platform dengan tipe *simple box* memiliki beberapa karakter, antara lain:

1. *Remotely operated units*
2. Pemasangan topsides dalam satu operasi, menghilangkan angkat berat, dan mengurangi *offshore hook-ups*
3. Cocok untuk mengembangkan *deposit* yang besar pada perairan dalam atau sangat dalam.
4. Memiliki kapasitas yang besar hingga 350 m<sup>3</sup>
5. Mampu berada di kedalaman hingga 2000 meter



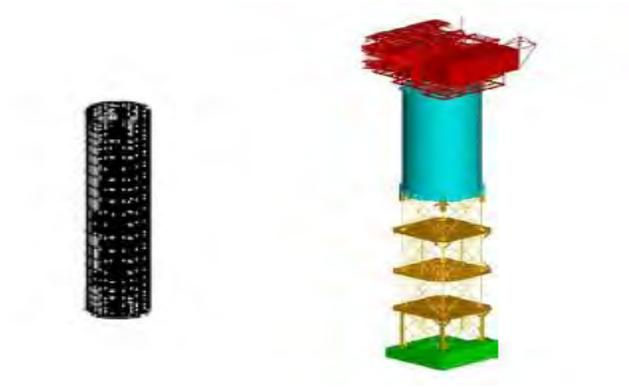
Gambar 2.4.5 *Simple Box* (Conventional Barge)

- Vertical Cylinder (Spar)

Platform dengan tipe *simple box* memiliki beberapa karakter, antara lain:

1. *Remotely operated units*
2. Pemasangan topsides dalam satu operasi, mengurangi *offshore hook-ups*

3. Cocok untuk mengembangkan deposit yang besar pada perairan dalam atau sangat dalam.
4. *Ultra harsh environment*
5. Mampu berada di kedalaman di antara 600 – 3000 meter



Gambar 2.4.6 Vertical Cylinder (Spar)

- Ship Form (Cargo Ship)

Platform dengan tipe *simpel box* memiliki beberapa karakter, antara lain:

1. *Remotely operated units*
2. Pemasangan topsides dalam satu operasi, menghilangkan angkat berat, dan mengurangi *offshore hook-ups*
3. Cocok untuk mengembangkan deposit yang besar pada perairan dalam atau sangat dalam
4. Memiliki kapasitas yang besar hingga 350000 m<sup>3</sup>
5. Mampu berada di kedalaman hingga 2000 meter

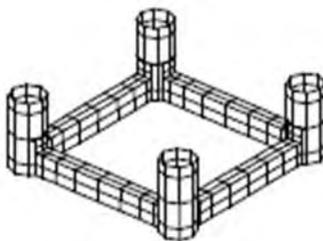


Gambar 2.4.7 Ship Form (Cargo Ship)

- TLP (Tension Leg Platform)

Platform dengan tipe *simpel box* memiliki beberapa karakter, antara lain:

1. *Remotely operated units*
2. Pemasangan topsides dalam satu operation, mengurangi *offshore hook-ups*
3. Cocok untuk mengembangkan deposit yang besar pada perairan dalam atau sangat dalam
4. Memiliki wilayah pergerakan yang rendah
5. Mampu berada di kedalaman hingga 2000 meter

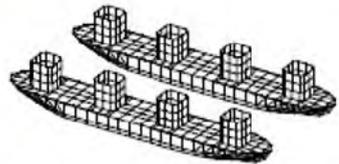


Gambar 2.4.8 TLP

- Semisubmersible

Platform dengan tipe *simpel box* memiliki beberapa karakter, antara lain:

1. *Remotely operated units*
2. Pemasangan topsides dalam satu operatiaoan, menghilangkan angkat berat, dan mengurangi *offshore hook-ups*
3. Cocok untuk mengembangkan deposit yang besar pada perairan dalam atau sangat dalam
4. Pergerakannya baik
5. Mampu berada di kedalaman 60 – 3000 meter



Gambar 2.4.9 *Semisubmersible*

- Cylinder

Platform dengan tipe *simpel box* memiliki beberapa karakter, antara lain:

1. *Remotely operated units*
2. Pemasangan topsides dalam satu operatiaoan, menghilangkan angkat berat, dan mengurangi *offshore hook-ups*
3. Cocok untuk mengembangkan deposit yang besar pada perairan dalam atau sangat dalam

4. Memiliki kemampuan operasi yang tinggi karena minim pergerakan *rol/pitch*
5. Mampu berada di kedalaman 1000 meter



Gambar 2.5.1 Cylinder

- ***Jack-Up Barger (Spud)***

Platform dengan tipe *simpel box* memiliki beberapa karakter, antara lain:

1. Remotely operated units
2. Pemasangan topsides dalam satu operation, menghilangkan angkat berat, dan mengurangi offshore hook-ups
3. Cocok untuk perairan dangkal
4. Tidak terdapat pergerakan selama waktu pengoperasian
5. Mampu berada di kedalaman hingga 120 meter



Gambar 2.5.2 Cylinder

## 2.5 Mooring Components

Perlengkapan atau peralatan yang digunakan pada setiap *mooring system* dapat berbeda. Perbedaan komponen peralatan yang digunakan dalam *mooring system* tergantung dari tujuan *mooring system* tersebut. Komponen penyusun *mooring system* pada bangunan offshore akan berbeda dengan komponen *mooring system* yang digunakan pada kapal. Selain itu, pemilihan komponen *mooring system* juga bergantung pada keadaan lingkungan perairan. Kedalaman laut dan cuaca juga mempengaruhi komponen apa saja yang digunakan dalam sistem tambat. Berikut adalah beberapa komponen dari *mooring system*.

### 2.5.1 Mooring Lines

*Mooring lines* untuk sistem tambat kapal maupun bangunan apung dapat menggunakan rantai (*chain*), tali baja (*wire rope*), tali sintetis (*synthetic rope*) atau kombinasi dari itu. Dalam pemilihan dari *mooring lines* yang digunakan, harus memperhatikan jenis bangunan apung yang akan ditambatkan, keadaan lingkungan serta permanen atau tidak *mooring system* yang akan dirancang.

Pada *mooring system* yang secara keseluruhan menggunakan tali baja (*wire rope*) maupun tali sintetis (*synthetic rope*) mempunyai kelebihan yaitu dapat mengurangi gaya yang didapat selama pretension. Hal ini disebabkan pada karena berat dari *wire rope* atau *synthetic rope* lebih ringan dari rantai. Namun pada *mooring system* yang menggunakan *wire rope*, lebih mudah terkena abrasi. *Mooring lines* dengan tali baja dapat digunakan untuk *mooring system* permanen atau *mobile*.

Kombinasi penggunaan *mooring lines*, rantai dan tali baja atau tali sintetis, biasanya didesain dengan menghubungkan rantai ke jangkar. Ini dilakukan karena berat rantai akan membantu jangkar dalam menahan gaya tarik yang terjadi pada *mooring system*. Rantai juga mempunyai kelebihan tidak mudah mengalami abrasi saat mengalami kontak langsung dengan dasar laut. Dari jangkar, rantai akan terhubung dengan *bridle connector* atau bisa menggunakan *link connector*. Dimana dari connector ini, akan terhubung dengan *mooring lines* yang menggunakan tali baja atau tali sintetis. Tali baja digunakan untuk menghubungkan dengan bangunan apung. Hal ini bertujuan untuk mengurangi gaya tarik yang terjadi selama pretension.

Dalam penggunaan *mooring lines*, terdapat beberapa konfigurasi dari *mooring system*. Masing-masing dari konfigurasi *mooring lines* mempunyai karakteristik dan fungsi. Karakteristik dan fungsi dari konfigurasi *mooring lines* harus diperhatikan agar dalam perancangan *mooring system* dapat seefektif mungkin. Karakteristik dari konfigurasi *mooring lines* dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Untuk dapat menggunakan *mooring line* pada pembangkit listrik ini terdapat syarat yang harus dipenuhi yakni :

- Mooring Line system memiliki tujuan untuk dapat mempertahankan struktur terapung pada posisi awal dengan toleransi yang ditentukan dalam kondisi normal maupun ekstrim
- Mooring system harus cukup memenuhi persyaratan beban lingkungan untuk mengurangi gaya yang bekerja pada jangkar
- Seluruh komponen harus memiliki kekuatan yang memadai, masalah umur, kelelahan dan lingkungan marine serta korosi juga harus diperhitungkan
- Keseluruhan sistem harus dapat beroperasi selama 30 tahun atau lebih dengan penggantian komponen tertentu tidak kurang dari 5 tahun
- Mooring Line harus cukup untuk mengakomodasi rentang pasang surut di lokasi instalasi

Tabel 2.4. Konfigurasi mooring lines

Konfigurasi Mooring	Karakteristik	Kesesuaian untuk OWC
<i>Catenary Mooring</i>	<i>Mooring line</i> merupakan <i>catenary mooring</i> yang bebabs menggantung horizontal ke <i>seabed</i> sehingga titik jangkar hanya mengakibatkan gaya	<i>High</i>

	horizontal. <i>Restoring force</i> dihasilkan oleh berat dari <i>mooring line</i> .	
<i>Multi-Catenary Mooring</i>	<i>Catenary mooring line</i> menggabungkan berat dengan pelampung <i>touchdown point</i> yang mungkin terjadi.	<i>High</i>
<i>Taut Spread Mooring (Tetherd Mooring)</i>	<i>Mooring line</i> jenis <i>taut spread mooring</i> biasanya membentuk sudut terhadap dasar laut sehingga <i>anchor</i> mampu menahan gaya vertikal dan horizontal.	<i>High</i>

## 2.6 Tegangan

Tegangan menunjukkan kekuatan gaya yang menyebabkan perubahan bentuk benda. Tegangan (stress) didefinisikan sebagai perbandingan antara gaya yang bekerja pada benda dengan luas penampang benda, ada beberapa jenis tegangan yang diklasifikasikan berdasarkan etak dan jenis pembebanannya. Jenis-jenis tegangan tersebut antara lain adalah sebagai berikut :

- Tegangan Normal

Tegangan normal terjadi akibat adanya reaksi yang diberikan pada benda.

- Tegangan Tarik

Tegangan tarik pada umumnya terjadi pada rantai, tali, paku keling, dan lain-lain. Rantai yang diberi beban  $W$  akan mengalami tegangan tarik yang besarnya tergantung pada beratnya.

- Tegangan Tekan

Tegangan tekan terjadi bila suatu batang diberi gaya  $F$  yang saling berlawanan dan terletak dalam satu garis gaya

- Tegangan Geser

Tegangan geser terjadi jika suatu benda bekerja dengan dua gaya yang berlawanan arah, tegak lurus sumbu batang, tidak segaris gaya namun pada penampangnya tidak terjadi momen. Tegangan ini banyak terjadi pada konstruksi. Misalnya: sambungan keling, gunting, dan sambungan baut. Tegangan geser terjadi karena adanya gaya radial  $F$  yang bekerja pada penampang normal dengan jarak yang relatif kecil, maka pelengkungan benda diabaikan.

- Tegangan Lengkung

Misalnya, pada poros-poros mesin dan poros roda yang dalam keadaan ditumpu. Jadi, merupakan tegangan tangensial.

- Tegangan Puntir

Tegangan puntir sering terjadi pada poros roda gigi dan batang-batang torsi pada mobil, juga saat melakukan pengeboran. Jadi, merupakan tegangan tangensial.

### 2.6.1 Output Gaya-gaya yang terjadi pada konstruksi Platform

Gaya-gaya dalam pada elemen *frame* merupakan gaya dan momen yang dihasilkan dari penjumlahan tegangan pada potongan penampang elemen. Gaya-gaya dalam tersebut antara lain;

1. P, gaya aksial
2. V2, gaya geser pada bidang 1-2
3. V3, gaya geser pada bidang 1-3
4. T, momen torsi aksial
5. M2, momen pada bidang 1-3 (momen terhadap sumbu -2)
6. M3, momen pada bidang 1-2 (momen terhadap sumbu -3)

### 2.6.2 Tegangan Pada Struktur

- **Tegangan Kerja pada Struktur**

1. Tegangan Aksial

$$\sigma a = \frac{P_{max}}{A}$$

2. Tegangan Geser

$$\tau a = \frac{F}{A}$$

3. Tegangan Lentur

$$\sigma b = \frac{Mc}{I}$$

- **Tegangan Izin**

1. Tegangan izin aksial (*allowable axial compressive stress*)

$$F_t = 0,6 F_y$$

2. Tegangan izin lentur (*allowable bending stress*)

$$F_v = 0,4 F_y$$

3. Tegangan izin geser (*allowable shear stress*)

$$F_v = 0,4 F_y$$

- **Perhitungan ukuran konstruksi pelat kulit**

Perhitungan pelat kapal untuk Panjang lambung  
 $L < 90$  m,:

Untuk ukuran  $0,1 L$  panjang pada bagian depan  
 dan belakang lambung

$$t_{B1} = 1,9 \cdot n_f \cdot a \sqrt{p_B \cdot k} + t_K \text{ [mm]}$$

Untuk ukuran  $0,05 L$  panjang pada bagian  
 belakang dari depan ujung lambung :

$$t_{B2} = 1,21 \cdot a \sqrt{p_B \cdot k} + t_K \text{ [mm]}$$

$$n_f = 0.83$$

$$k = 0.91 \text{ (faktor bahan)}$$

$$t_k = 1.5 \text{ mm (untuk } t' < 10 \text{ mm)}$$

$$a_o = 1.2$$

$$\text{perm} = (0.8 + L/450) 230/k$$

$$p = 6.03 \text{ kN/m}^2$$

untuk ukuran panjang lambung  $L < 90$  m  
(Ketebalan ukuran pelat sisi 0,4 L bagian tengah lambung) :

$$t_{s1} = 1,9 \cdot n_f \cdot a \sqrt{p_s \cdot k} + t_K \text{ [mm]}$$

Untuk ukuran 0,1 L panjang pada bagian depan dan belakang lambung

$$t_{s2} = 1,21 \cdot a \sqrt{p \cdot k} + t_K \text{ [mm]}$$

## 2.7 Desain Geometri menggunakan Software

*Software 3D geometri* yang dikembangkan oleh *Dassault team* merupakan salah satu 3D CAD yang sangat populer saat ini. di Indonesia sudah banyak sekali perusahaan manufacturing yang mengimplementasikan software. dalam penggambaran / pembuatan model 3D menyediakan feature-based, parametric solid modeling. Feature based dan parametric ini yang akan sangat mempermudah bagi usernya dalam membuat model 3D. Karena hal ini akan membuat kita sebagai pengguna bisa membuat model sesuai dengan keinginan kita.

- **Simulasi Finite Element Method**

Metode Elemen Hingga (Finite Element Method) adalah salah satu metode numerik untuk menyelesaikan berbagai problem rekayasa, seperti mekanika struktur, mekanika tanah, mekanika batuan, mekanika fluida, hidrodinamik, aerodinamik, medan magnet, perpindahan panas, dinamika struktur, mekanika nuklir, aeronautika, akustik, mekanika kedokteran dan sebagainya.

Kontinum dibagi-bagi menjadi beberapa bagian yang lebih kecil, maka elemen kecil ini disebut elemen hingga. Proses pembagian kontinum menjadi elemen hingga disebut proses “diskretisasi” (pembagian). Dinamakan elemen hingga karena ukuran elemen kecil ini berhingga (bukannya kecil tak berhingga) dan umumnya mempunyai bentuk geometri yang lebih sederhana dibanding dengan kontinumnya.

Dengan metode elemen hingga kita dapat mengubah suatu masalah dengan jumlah derajat kebebasan tertentu sehingga proses pemecahannya akan lebih sederhana. Misalnya suatu batang panjang yang bentuk fisiknya tidak lurus, dipotong-potong sependek mungkin sehingga terbentuk batang-batang pendek yang relatif lurus. Maka pada batang yang panjang tadi disebut kontinum dan batang yang pendek disebut elemen hingga.

Suatu bidang yang luas dengan dimensi yang tidak teratur, dipotong-potong berbentuk segi tiga atau bentuk segi empat yang beraturan. Bidang yang dengan dimensi tidak beraturan tadi disebut kontinum, bidang segitiga atau segi empat beraturan disebut elemen hingga. Dan banyak lagi persoalan yang identik dengan hal diatas. Maka dari sini dapat dikatakan bahwa elemen hingga merupakan elemen diskrit dari suatu kontinum yang mana perilaku

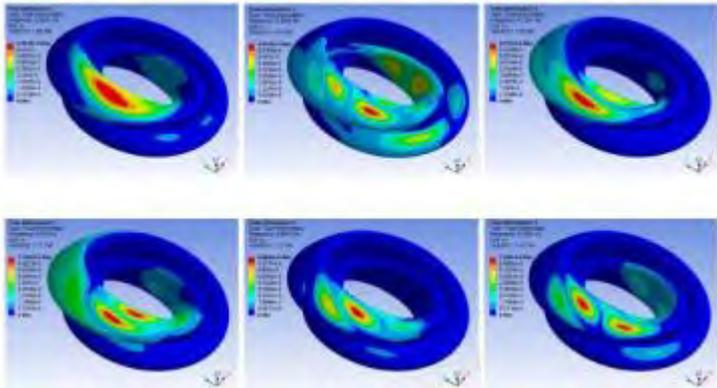
strukturnya masih dapat mewakili perilaku struktur kontinumnya secara keseluruhan.

Tujuan utama analisis dengan menggunakan metode elemen hingga adalah untuk memperoleh pendekatan tegangan dan peralihan (displacement) yang terjadi pada suatu struktur.

Konsep dasar metode elemen hingga adalah apabila suatu sistem dikenai gaya luar, maka gaya luar tersebut diserap oleh sistem tersebut dan akan menimbulkan gaya dalam dan perpindahan. Untuk mengetahui besarnya gaya dalam dan perpindahan akibat gaya luar tersebut, perlu dibentuk suatu persamaan yang mewakili sistem tersebut. Dalam metode elemen hingga keseluruhan sistem dibagi kedalam elemen elemen dengan jumlah tertentu. Selanjutnya dibentuk persamaan : Proses pembentukan persamaan diatas harus memenuhi kondisi berikut :

1. Kesetimbangan, yaitu kesetimbangan gaya gaya yang bekerja pada setiap elemen dan keseluruhan material.
2. Kompatibilitas, berkaitan dengan geometri dari material yaitu hubungan perpindahan dengan dan regangan.
3. Persamaan konstitutif dari material, mengenai hubungan tegangan regangan yang merupakan kareakteristik dari material.

Kondisi batas dan kondisi awal gaya-gaya dan perpindahan secara khusus harus memenuhi kondisi kesetimbangan dan kondisi kompatibilitas. Hubungan ketiga kondisi diatas tergambar dalam bagan berikut:



Gambar 2.7.1 Contoh Pemodelan Geometri Elemen Hingga

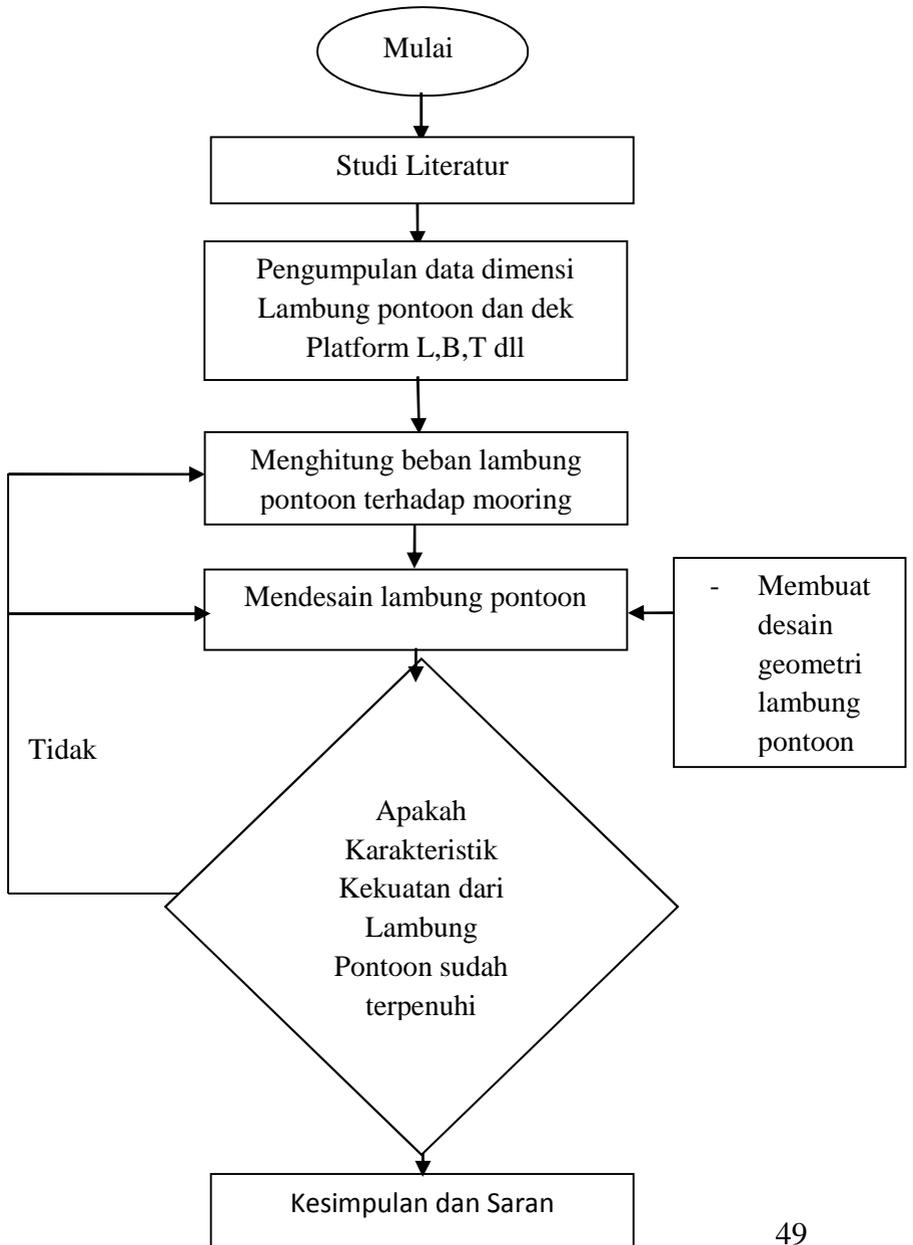
## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Pengenalan Metodologi**

Mendesain bentuk lambung pontoon dan deck platform pada alat pembangkit tersebut dengan meninjau kekuatan dari lambung platform tersebut apakah dapat menahan tahanan arus laut tersebut agar tidak terbawa arus dan dapat menahan tegangan dari konstruksinya, dalam hal ini saya akan mendesain dan menghitung kekuatan lambung platform menggunakan software. Selain itu dalam mendesain lambung pontoon akan menghitung beban-beban lingkungan yang terkena lambung tersebut lalu apakah lambung tersebut dapat menahan arus laut, beban angin dan beban gelombang tersebut.

### 3.2 Diagram Alir Pelaksanaan Tugas Akhir



### 3.3 Penjelasan Diagram Alir (Flowchart)

Tahap-tahap dalam pembuatan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

#### 3.3.1 Studi Literatur

Tahap ini bertujuan untuk mencari literatur dan referensi mengenai bentuk desain lambung pontoon.

#### 3.3.2 Pengumpulan data dimensi lambung ponton

Tahap ini adalah Merencanakan ukuran utama dari lambung ponton tersebut.

Perencanaan Muatan

Konstruksi : - Lambung  
- Dek Platform

Muatan : - Turbin  
- Komponen penunjang Turbin  
- Orang  
- Beban tension mooring terhadap arus laut dan gaya gelombang

Maka dapat di rancang ukuran utama dari Pontoon ini

<b>Dimensi</b>
LOA ( <i>Length Over All</i> )
LPP ( <i>Length between Perpendicular</i> )
B ( <i>Breadth</i> )
D ( <i>Depth</i> )
d ( <i>draught</i> )

### **3.3.3 Mendesain Lambung Platform**

Dalam mendesain lambung pontoon dan dek platform ada beberapa masalah yang harus dihitung antara lain :

- a) Bagaimana hasil bentuk desain Pontoon
- b) Menganalisa Kekuatan desain lambung
- c) Karakteristik kekuatan lambung pontoon terhadap gaya mooring

Dari masalah diatas kita dapat menghitung dengan menggunakan software maxsurf, Solid work, ansys dan lain-lain

### **3.3.4 Simulasi dan analisa Karakteristik Kekuatan Lambung**

Untuk mendapatkan hasil dari karakteristik kekuatan lambung pontoon ada beberapa masalah yang harus diinput dan disimulasikan menggunakan model yang telah dibuat antara lain :

- 1) Input data faktor lingkungan, ukuran lambung dan mooring line pada software geometri
- 2) Eksekusi percobaan dengan simulasi arus laut, arus angin dan gelombang ombak
- 3) Mendapatkan nilai tension dan disimulasikan lagi dalam bentuk software geometri kalkulasi stress terhadap bodi lambung

### **3.3.5 Kesimpulan dan Saran**

Setelah mendapatkan hasil desain yang terbaik maka dapat disimpulkan bagaimana hasil desain dan karakteristik lambung terhadap gaya mooring

## BAB IV

### ANALISA DAN PEMBAHAHASAN

#### 4.1 Karakteristik yang mempengaruhi penentuan Lambung Ponton energy arus laut

Desain lambung ponton pada pembangkit energy arus laut tidak lepas dari dasar teori dalam desain lambung pada kapal, yang kita tahu bahwa kapal tradisional (single-hull) sudah banyak digunakan atau diaplikasikan pada bangunan apung namun pada kebutuhan desain energy arus laut tidak lepas dari faktor pembebanan dan pengoprasian turbin.

Lambung (single-hull) memiliki kelemahan yaitu muatan terbatas, stabilitas melintang yang rentan dan motor penggerak atau propeller ditempatkan di bagian belakang lambung. Oleh sebab itu, untuk menyelesaikan problem tersebut mmaka perlu dikembangkan kapal dengan 2 badan lambung (twin-hull) yang mempunyai kapabilitas lebih dari satu badan lambung pada kasus energy arus laut.

#### 4.1.2 Potensial Lambung Ponton

Ulasan ini dibuat untuk identifikasi model platform terhadap karakter utama yang mempengaruhi kesesuaiannya. Hal tersebut ditunjukkan pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.1.1 Petunjuk Tabel (lebih jelasnya dapat dilihat pada bagian lampiran

✓	Suitable	○	Possible depending on severity	X	unsuitable
---	----------	---	-----------------------------------	---	------------



Berdasar pemilihan platform tersebut maka type platform yang paling memungkinkan untuk berbagai kondisi adalah tipe semi submersible. Oleh karenanya studi ini akan menggunakan type semi submersible platform sebagai wahana pembangkit listrik tenaga arus laut. Design semisubmersible yang akan digunakan dapat ditunjukkan oleh gambar (untuk kejelasan gambar tabel diatas dapat dilihat pada bab lampiran) .

## **4.2 Data ukuran dan muatan Lambung**

Diketahui komponen keseluruhan dari pontoon dengan membagi bagian-bagian penting dari bagian konstruksi dan bagian pendukung dari PLTAL. Umumnya bagian induk dari komponen dibagi menurut fungsi, yaitu :

- a) Konstruksi :
  - Lambung
  - Dek Platform
  
- b) Muatan :
  - Turbin
  - Komponen support turbin
  - Orang

Dari perencanaan beban diatas kita bisa hitung beratnya setelah itu kita cari ukuran utama lambung dan hitung ukuran geometri agar dapat membuktikan. Didapatkan ukuran Length : 8000 mm, Breadth : 800 mm, Draught (T) : 800 mm, Depth (H) : 1100 mm, Cb : 0.98 (Geometri model / Maxsurf) lalu dapat menghitung volume displacement dan displacement. Berikut ini adalah penjelasannya

Tabel 4.1.2 Berat Muatan

Load/Muatan	
Komponen (Jumlah unit)	Berat
Turbin (1)	150 kg
Generator (1)	105 kg
Inverter/Control Daya (3)	96 kg
Battery (6)	180 kg
Orang (5)	400 kg
Jumlah	931 kg
	1 T

Mencari Displasment = Load+Konstruksi

Load = (Berat Muatan)

Konstruksi = (Berat Konstruksi)

Diketahui Payload = 1 T

Vol Displasement =  $L \times B \times T \times C_b$  (m<sup>3</sup>)

Vol Displasement = 5.02 m<sup>3</sup>

Displasement =  $L \times B \times T \times C_b \times$

air laut = 1.025 ton/m<sup>3</sup>

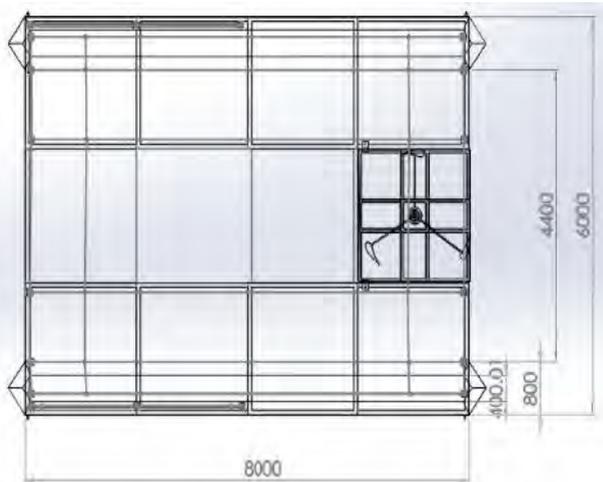
Displasmement = 5.14 ton (per Hull)

2 Hull =  $5.14 \times 2 = 10.28$  ton

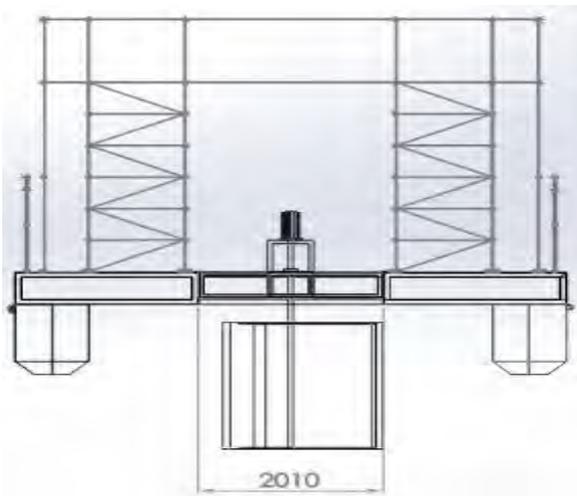
Konstruksi = Displasement – Muatan

Konstruksi = 9.28 ton

### 4.2.1 Desain lambung ponton dan Ukuran



Gambar 4.1.1 tampak atas desain pontoon



ar 4.1.2 Front view

Gambar 4.1.2 tampak depan desain pontoon

- Tinggi = 1.1 meter
- Sarat = 0.8 meter
- Panjang = 8.0 meter
- Lebar = 0.8 meter (per Lambung)
- Span = 6.0 meter  
(jarak bentang antar lambung)

#### 4.2.2 Perhitungan Faktor beban Lambung pontoon

Model pontoon yang akan digunakan dalam perancangan *mooring system* untuk bangunan pembangkit energi laut kali ini menggunakan model pontoon double hull, Ilustrasi pontoon yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4.1.1 dan Gambar 4.1.2 dengan bentuk dan ukuran pontoon sebagai berikut :

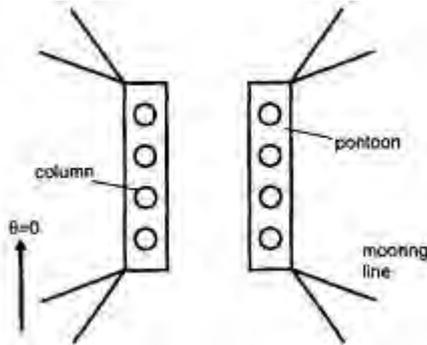
- ***Data Lingkungan***

Untuk menghitung nilai gaya yang bekerja pada *mooring system* dibutuhkan beberapa data lingkungan yang berpengaruh. Perencanaan letak dari pontoon ini di Perairan larantuka Flores. Data lingkungan dalam perancangan *mooring system* kali ini antara lain adalah :

- $V_w$  = Kecepatan angin  
= 10 Knot ( $1 \text{ Knot} = 0,5144 \text{ m/s}$ )  
= 5,144 m/s
- $V_c$  = Kecepatan arus  
= 200 - 400 cm/s  
= 2,0 - 4,0 m/s
- $H_s$  = Tinggi gelombang  
= 0.75 - 2 m

- **Perencanaan *Mooring System***

*Mooring system* yang direncanakan kali ini menggunakan sistem *Spread Mooring*. Dengan satu tali terhubung dengan plat yang menghubungkan pontoon. Sedangkan ujung tali yang satunya terhubung dengan pemberat *mooring* yang tertanam secara *fix* di dasar perairan tersebut. Dimana masing – masing ujung tali terhubung dengan jangkar yang berada di dasar laut.



Gambar 4.1.3. Ilustrasi *Spread Mooring System*. [18]

- **Perhitungan Gaya Angin (*Wind Force*)**

Bagian pontoon yang berada di atas garis air akan mendapatkan gaya akibat dari adanya angin yang berhembus dan memukul bagian pontoon. Gaya yang diakibatkan angin ini sangat berpengaruh terhadap tinggi dari benda yang berada di atas garis air serta luasan bidang dari benda. Kecepatan angin juga sangat berpengaruh terhadap nilai gaya yang bekerja pada pontoon. Untuk mendapatkan nilai gaya angin yang terjadi, dapat digunakan Rujukan 2.1.2

$$\begin{aligned}
 F_w &= C_w (C_s C_h A) V_w^2 \\
 &= 0,615 \times (1 \times 1 \times 10,56) \times 5,144^2 \\
 &= 33408,5 \quad \text{N}
 \end{aligned}$$

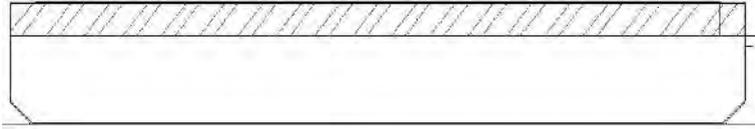
Dimana:

- $F_w$  = Gaya angin (N)
- $C_w$  = Koefisien angin, untuk dari nilai koefisien angin telah ditetapkan, yaitu sebesar  $0,615 \text{ N s}^2/\text{m}^4$
- $(C_s C_h A)$  = Hasil penjumlahan dari benda yang berada di atas garis air, yang mungkin terkena angin. Pada perencanaan kali ini hanya menghitung bagian pontoon yang berada di atas garis air, yang terkena gaya angin.
- $C_s$  = Koefisien bentuk benda, dapat dilihat pada Tabel 2.2. dengan parameter yang digunakan adalah bentuk benda yang berada diatas garis air dan terkena angin.  
= 1,00, dengan parameter yang digunakan *Hull (surface above waterline)*
- $C_h$  = Koefisien tinggi benda dari garis air, nilai dari koefisien dapat dilihat pada Tabel 2.3. dengan parameter tinggi benda yang berada di atas garis air.  
= 1,00 , diambil berdasarkan parameter pontoon yang berada di atas garis air yaitu setinggi 1 meter.
- $A$  = Luas penampang benda yang terkena angin ( $\text{m}^2$ )

$$= 10.56 \quad \text{m}^2$$

-  $V_w$  = Kecepatan angin (m/s), mengacu pada Rujukan data awal

$$= 5,144 \quad \text{m/s}$$



Gambar 4.1.4. Penampang pontoon yang terkena angin.



Gambar 4.1.5 Penampang pontoon yang terkena gaya arus angin

- **Perhitungan Gaya Arus (*Current Force*)**

Gaya arus pada bagian depan benda.



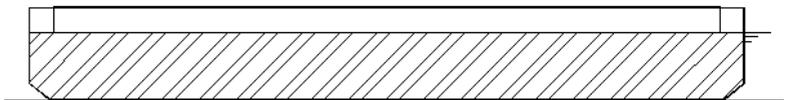
Gambar 4.1.6. Ilustrasi bagian permukaan basah pontoon.

$$\begin{aligned}
 F_{cx} &= C_{cx} S V_c^2 \\
 &= 2,89 \times 2,4 \times 4^2 \\
 &= 110.976 \quad \text{N}
 \end{aligned}$$

Dimana :

- $F_{cx}$  = Gaya arus pada bagian depan benda (N).
- $C_{cx}$  = Koefisien arus air pada bagian depan benda. Nilai koefisien telah ditetapkan, yaitu sebesar  $2,89 \text{ N s}^2/\text{m}^4$
- $S$  = Luas permukaan basah dari pontoon. ( $\text{m}^2$ )  
=  $2,4 \text{ m}^2$
- $V_c$  = Kecepatan arus air (m/s), mengacu pada rujukan data awal  
=  $2-4 \text{ m/s}$

Gaya arus pada bagian samping benda.



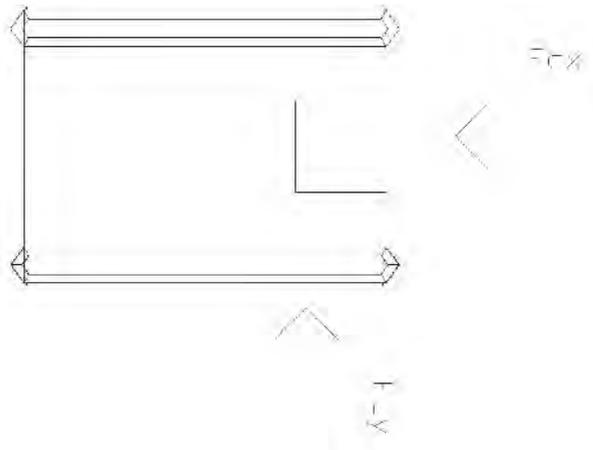
Gambar 4.1.7 Ilustrasi bagian permukaan basah pontoon.

$$\begin{aligned}
 F_{cy} &= C_{cy} S V_c^2 \\
 &= 72,37 \times 25,6 \times 4^2 \\
 &= 29643 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Dimana :

- $F_{cy}$  = Gaya arus pada bagian samping benda (N).
- $C_{cy}$  = Koefisien arus air pada bagian samping benda. Nilai koefisien telah ditetapkan, yaitu sebesar  $72,37 \text{ Ns}^2/\text{m}^4$
- $S$  = Luas permukaan basah dari pontoon. ( $\text{m}^2$ )  
=  $25.6 \text{ m}^2$
- $V_c$  = Kecepatan arus air (m/s)  
=  $2-4 \text{ m/s}$

Gaya arus pada *semi submersible*



Gambar 4.1.8 Ilustrasi gaya arus terhadap pontoon.

$$\begin{aligned}
 F_{cx} &= C_{Sy}(C_{d1}A_c + C_{d2}A_f)V_c^2 \\
 &= 515,62 \times (1 \times 25.6 + 1 \times 2.4) \times 4^2 \\
 &= 230997 \quad \text{N}
 \end{aligned}$$

Dimana :

- $F_{cs}$  = Gaya arus pada *semisubmersible* (N)
- $C_{SS}$  = Koefisien arus air pada *semisubmersible*, dimana untuk nilai dari koefisien ini telah ditetapkan yaitu sebesar  $515,62 \text{ N s}^2/\text{m}^4$ .
- $A_c$  = Total luas dari potongan melintang benda yang berada di bawah garis air. ( $\text{m}^2$ )  
=  $25.6 \text{ m}^2$
- $A_f$  = Total luas dari bidang datar benda yang berada di bawah garis air. ( $\text{m}^2$ )  
=  $2.4 \text{ m}^2$
- $C_{d1}$  = Koefisien *drag* untuk luas potongan melintang benda yang berada di bawah garis air.
- $C_{d2}$  = Koefisien *drag* untuk luas bidang datar benda yang berada di bawah garis air.

Nilai dari koefisien *drag* didapatkan dari grafik pada Gambar 2.5.1 *Axis x* pada grafik menggambar nilai  $R$  yang dapat dicari dengan menggunakan Rumus dibawah ini (untuk nilai dari  $C_{d1}$ ) dan (untuk nilai dari  $C_{d2}$ ).

- Untuk nilai  $C_{d1}$ :  

$$R = r/2h$$

$$= 0/(2 \times 0.8)$$

$$= 0$$

Dimana :

- $r$  = Jari – jari *rounded* pada potongan melintang pontoon yang terkena arus. Pontoon yang digunakan tidak terdapat *rounded*, sehingga nilai  $r$  adalah 0 meter.
- $h$  = Tinggi dari potongan melintang pontoon yang terkena arus. Tinggi dari potongan melintang pontoon yang digunakan adalah sebesar 0.8 meter.

-Untuk nilai  $C_{d2}$ :

$$\begin{aligned} R &= r/h \\ &= 0/1 \\ &= 0 \end{aligned}$$

Dimana :

- $r$  = Jari – jari *rounded* pada luas bidang datar pontoon yang berada di bawah garis air. Pada pontoon yang digunakan tidak terdapat *rounded* pada bidang datarnya, sehingga nilai  $r$  adalah 0 meter.
- $h$  = Lebar dari bidang datar pontoon yang berada di bawah garis air. Untuk pontoon yang digunakan mempunyai lebar 1 meter.

Dari nilai “R” diatas akan didapatkan nilai dari koefisien *drag* melalui Gambar 2.5.1 dengan nilai  $C_{d1}$  sebesar 1,5 dan  $C_{d2}$  sebesar 1,5.

- **Perhitungan Gaya Gelombang (*Wave Force*)**

Gelombang yang mengenai ke pontoon akan mengakibatkan gaya pada *mooring system*. Ketinggian pada perairan akan menyebabkan tarikan pada tali tambat yang digunakan. Saat pontoon terkena gelombang akan menyebabkan pergerakan bebas dari pontoon. Gerakan bebas pontoon baik secara vertical maupun horizontal akan menyebabkan beban tambahan pada tali tambat atau *mooring system*.

Pendekatan yang digunakan untuk mendapatkan nilai dari gaya gelombang adalah dengan menggunakan grafik yang ada pada Gambar 2.5.2, Gambar 2.5.3 dan Gambar 2.5.4 Dengan parameter yang digunakan adalah ketinggian gelombang. Pada perencanaan kali ini, ketinggian gelombang adalah sebesar 1,5-2 meter atau sekitar 4,921 feet. Namun pada grafik nilai terkecil pada sumbu x hanya sampai 5 feet. Sehingga untuk mendapatkan nilai gaya pada ketinggian gelombang 4,921 feet, digunakan Formula ekstrapolasi sebagai berikut. [10]

$$P(x) = \frac{(x-x_2)(x-x_3)\dots(x-x_N)}{(x_1-x_2)(x_1-x_3)\dots(x_1-x_N)}y_1 +$$

$$\frac{(x-x_1)(x-x_3)\dots(x-x_N)}{(x_2-x_1)(x_2-x_3)\dots(x_2-x_N)}y_2 + \dots +$$

$$\frac{(x-x_1)(x-x_2)\dots(x-x_{N-1})}{(x_N-x_1)(x_N-x_2)\dots(x_N-x_{N-1})}y_N$$

Dari formula di atas, nilai  $x$  adalah 4,921 feet, ketinggian gelombang. Sedangkan  $P_{(x)}$  adalah nilai dari gaya yang ada pada grafik berdasarkan ketinggian gelombang sebesar “ $x$ ”. Untuk dapat memprediksi kurva yang ada pada grafik maka diambil beberapa nilai dari sumbu  $x$  dan  $y$  yang telah ada pada grafik. Pada perhitungan kali ini, diambil masing - masing 6 titik koordinat untuk setiap grafik pada Gambar 2.5.2, Gambar 2.5.3 dan Gambar 2.5.4 Nilai koordinat dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.1.3 Nilai  $x$  dan  $y$  pada grafik gaya gelombang untuk *bow seas*

$x$	10	15	20	25	30	35
$y$	19,906	33,24	44,968	53,743	61,398	68,176

Tabel 4.1.4 Nilai  $x$  dan  $y$  pada grafik gaya gelombang untuk *quartering seas*

$x$	10	15	20	25	30	35
$y$	18,719	27,481	35,252	42,352	48,302	53,415

Tabel 4.1.5 Nilai  $x$  dan  $y$  pada grafik gaya gelombang untuk *beam seas*

$x$	10	15	20	25	30	35
$y$	20,062	33,125	44,807	54,697	62,816	70,193

Nilai dari  $x$  dan  $y$  pada tabel di atas, digunakan pada formula sebelumnya untuk mendapatkan nilai dari gaya

gelombang pada ketinggian 4,921 feet atau 1,5 meter.

Dari perhitungan didapatkan nilai sebagai berikut :

- Gaya gelombang pada grafik untuk *bow seas*.

$$\begin{aligned} F_{\text{wave1}} &= 8,402 && \text{Kips} \\ &= 37373,5 && \text{N} \end{aligned}$$

- Gaya gelombang pada grafik untuk *quartering seas*.

$$\begin{aligned} F_{\text{wave2}} &= 5,993 && \text{Kips} \\ &= 26659,6 && \text{N} \end{aligned}$$

- Gaya gelombang pada grafik untuk *beam seas*.

$$\begin{aligned} F_{\text{wave3}} &= 5,667 && \text{Kips} \\ &= 25210,3 && \text{N} \end{aligned}$$

- ***Oblique Environment***

Kemiringan sudut arah gaya arus ke pontoon terhadap sumbu x dan y harus dievaluasi agar dapat mengetahui seberapa besar gaya yang timbul akibat kemiringan arah tersebut. Pendekatan nilai dari gaya ini dapat diperoleh dengan Rujukan 2.7.

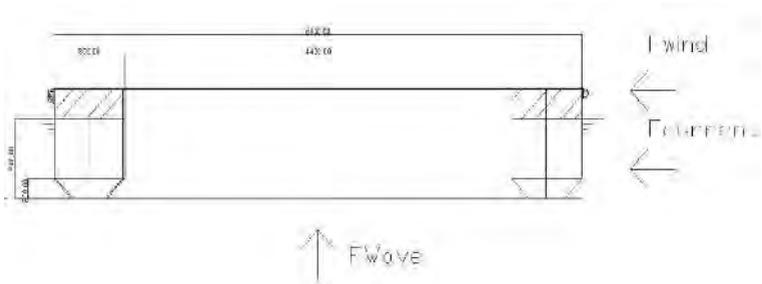
$$\begin{aligned} F_{\theta} &= F_x \left[ \frac{2\cos^2\theta}{1+\cos^2\theta} \right] + F_y \left[ \frac{2\sin^2\theta}{1+\sin^2\theta} \right] \\ &= 29454 \times \left[ \frac{2\cos^2(0)}{1+\cos^2(0)} \right] + 110.90 \left[ \frac{2\sin^2(0)}{1+\sin^2(0)} \right] \\ &= 29.564 \quad \text{kN} \end{aligned}$$

Dimana :

- F = *Oblique environment*, atau gaya yang terjadi karena kemiringan arah gaya terhadap sumbu x dan y pada pontoon. (N)

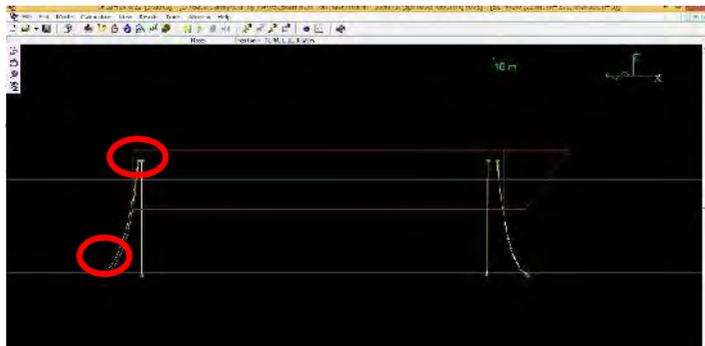
- $F_x$  = Gaya yang arahnya mengenai bagian samping pontoon. Dalam hal ini adalah gaya arus pada samping pontoon ( $F_{cx}$ ), yaitu sebesar 29454 N.
- $F_y$  = Gaya yang arahnya mengenai bagian depan dari pontoon. Dalam hal ini adalah gaya arus pada bagian depan pontoon ( $F_{cy}$ ), yaitu sebesar 110.90 N.
- = Sudut kemiringan arah gaya yang bekerja pada pontoon terhadap sumbu x. Perencanaan kali ini, sudut kemiringannya adalah  $0^\circ$ .

- **Arah Gaya**



Gambar 4.1.9 Sketsa Gaya-gaya yang terjadi pada pontoon

Sketsa arah gaya yang terjadi pada pada perancangan *mooring system* kali ini dapat dilihat pada Gambar 4.1.9 di atas. Setelah data lingkungan dan data kapal diketahui kita dapat menghitung gaya tension terhadap mooring dengan menggunakan software analisis tension, batasan perhitungan tersebut hanya mengacu pada tension mooring saja tidak mengacu pada desain mooring. Data tension dapat dilihat sebagai berikut.

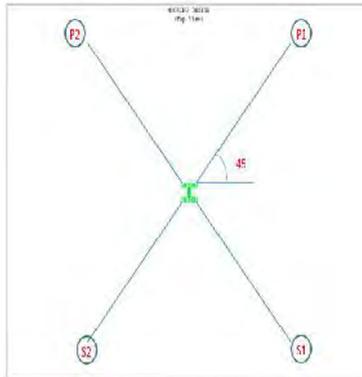


Gambar 4.2.1 letak antara End link A dan B pada mooring

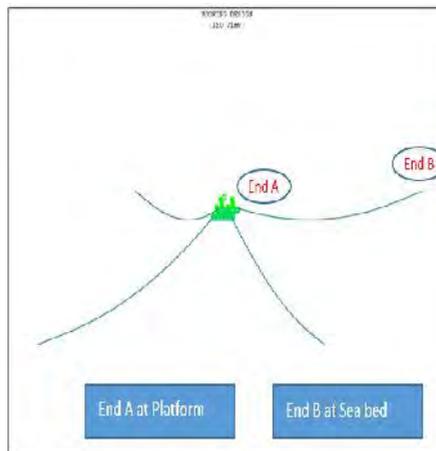
Gambar diatas kita dapat melihat model yang dihasilkan pada software orcaflex bahwa Garis lingkaran warna merah pada bagian atas menunjukkan End A dan Garis ligkaran warna merah pada bagian bawah menunjukkan End B

- **Mooring Layout**

Mooring untuk platform direncanakan menggunakan line dengan layout seperti gambar di bawah ini:



Gambar 4.2.2 tampak penyebaran spread mooring layout



Gambar 4.2.3 Penamaan ujung mooring

Simulasi dilakukan pada load case 0, 45 dan 90 Degree collinear heading dimana gelombang, arus dan angin datang dari arah yang sama. Nilai mooring line tension untuk load case 0 Degree adalah sebagai berikut:

Tabel 4.1.6 Mooring line untuk load case 0 (arus depan)

Case		Max line Tension (kN)	
		End A	End B
0 Deg	L1	2.98	2.34
	L2	2.34	2.75
	L3	2.99	2.35
	L4	2.33	2.73
	L5	2.4	2.8
	L6	2.6	2.8
	L7	2.2	2.8
	L8	2	2.6

Tabel 4.1.7 Mooring line untuk load case (arus samping)

Case		Max line Tension (kN)	
		End A	End B
45 Deg	L1	2.81	3.15
	L2	3.08	2.45
	L3	2.25	2.64
	L4	2.53	2.96
	L5	2.6	2.8
	L6	2.4	2.8
	L7	2.2	2.8
	L8	2	2.6

Tabel 4.1.8 Mooring Line untuk load case arus belakang

Case		Max line Tension (kN)	
		End A	End B
90 Deg	L1	2.82	3.15
	L2	2.9	2.25
	L3	2.45	2.87
	L4	2.53	2.96
	L5	2.4	2.8
	L6	2.6	2.8
	L7	2	2.8
	L8	2.2	2.6

Berdasar hasil pemodelan dan simulasi mooring dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan 4 mooring line didapatkan tension mooring line maksimal pada tiap line adalah sebagai berikut:

Tabel 4.1.9 Mooring line Average Tension

Line No	Heading Degree		
	0	45	90
1	2.98	2.81	2.82
2	2.34	3.08	2.9
3	2.99	2.25	2.45
4	2.33	2.53	2.53
5	2.34	3.15	3.15
6	2.75	2.45	2.25
7	2.35	2.64	2.87
8	2.73	2.96	2.96
Average	2.60125	2.734	2.74125

Tabel 4.2.1 Average Value

No Line	Case	Line Tension (kN)
	0 Deg	2.6 ton at End A
	45 Deg	2.7 ton at End A
	90 Deg	2.7 ton at End A

Gaya – gaya yang didapatkan dari simulasi ini akan digunakan untuk design lambung dan melakukan verifikasi apakah yang sudah di design memenuhi kriteria yang disyaratkan.

### 4.2.3 Perhitungan Konstruksi Lambung Penentuan Tebal Plat Lambung Pontoon

Kondisi ini mendefinisikan tebal plat yang akan dipasang oleh benda yang akan dihitung. Kulit Plat-plat tersebut antara lain *bottom plate*, *side plate*, *deck plate*, dll akan tetapi pada tugas akhir ini penulis menggunakan rumus pendekatan dari rules pada aplikasi lamung kapal BKI vol II Hull Section [6].

#### a. Tebal Plat Dasar (Bottom Plate)

$$t_B = 1,9 \cdot n_f \cdot a_0 \cdot p / p_l + t_k \quad (\text{mm})$$

Dimana :

$$n_f = 0.83$$

$$k = 0.91 \text{ (faktor bahan)}$$

$$t_k = 1.5 \text{ mm} \quad (\text{untuk } t' < 10 \text{ mm})$$

$$a_0 = 1.2$$

$$p_{\text{perm}} = (0.8 + L/450) 230/k$$

$$p = 6.03 \text{ kN/m}^2$$

$$t_{BM} = 1,9 \cdot 1 \cdot 0.7 \cdot P_b \cdot k + t_k$$

$$= 5.933 \sim 6 \text{ mm}$$

#### b. Tebal Plat sisi (Side Plate)

$$t_{s1} = 1,9 \cdot n_f \cdot a_0 \cdot p_s \cdot k + t_k$$

$$p_{\text{perm}} = 6.03 \text{ kN/m}^2$$

$$n_f = 0.83$$

$$k = 0.91 \quad (\text{faktor bahan})$$

$$t_k = 1.5 \quad \text{mm} \quad (\text{untuk } t' < 10 \text{ mm})$$

$$a_o = 1.2$$

$$p_s = 6,03 \quad \text{kN/m}^2$$

$$\begin{aligned} t_{s1M} &= 1,9 * 0,83 * 1,2 * 4,736 * 0,91 + 1.5 \\ &= 5.933 \sim 6 \quad \text{mm} \end{aligned}$$

### c. Modulus Profil

$$W = n \cdot c \cdot a \cdot I^2 \cdot P \cdot cr \cdot k$$

$$W = 8.534 \text{ cm}^3 \quad (60 \times 40 \times 5)$$

$$n = 0.9 - 0,0035 \cdot L$$

$$c = 0.6 \quad (\text{min})$$

$$a = \text{frame space (frame space lambung 1.2)}$$

$$I = 2$$

$$p = 6,03 \text{ kN/m}^2$$

$$cr = 0,75 \text{ (min)}$$

$$k = 0,91 \text{ (factor bahan)}$$

### d. Modulus Profil Dek

$$W = 83.3 / pr \cdot m \cdot a \cdot i^2 \cdot P$$

$$W = 7.233 \text{ cm}^3$$

$$(60 \times 40 \times 5)$$

$$pr = 0.9 - 0,0035 \cdot L$$

$$m = k \times n$$

$$a = \text{frame space (frame space lambung 1.2)}$$

$$l = 2 \text{ (span)}$$

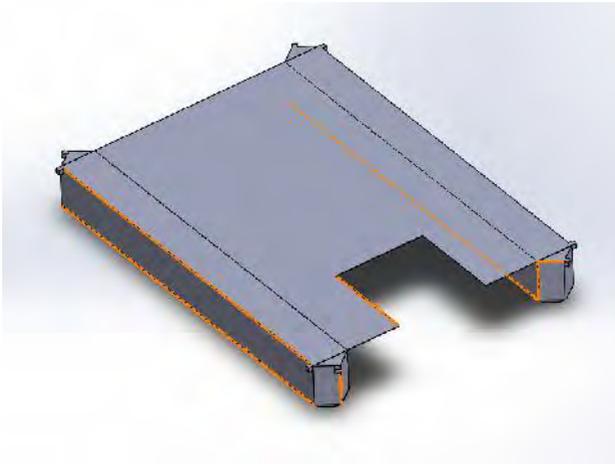
$$p = 6,03 \text{ kN/m}^2$$

$$n = 0.9 - 0,0035 \cdot L$$

$$k = 0,91 \text{ (factor bahan)}$$

### 4.3 Pembuatan Model

Berdasarkan data ukuran setiap komponen yang telah dipilih sebelumnya, dilakukan pembuatan model setiap komponen pada software solidwork.



Gambar 4.3.1 gambar model isometri yang akan disimulasikan

#### a) Bagian Lambung



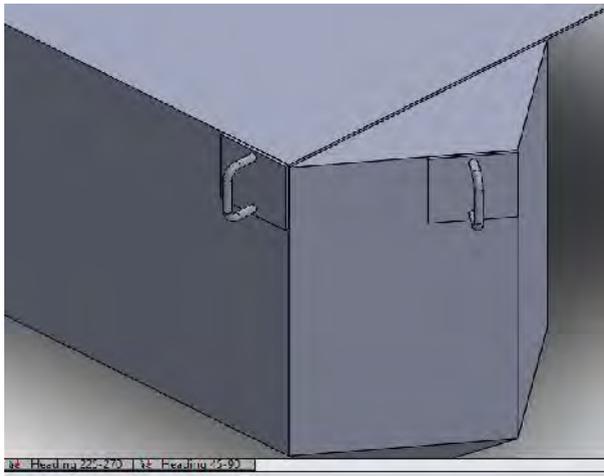
Gambar 4.3.2 gambar model solid tampak samping yang akan disimulasikan

b) Bagian Dek Plat atas



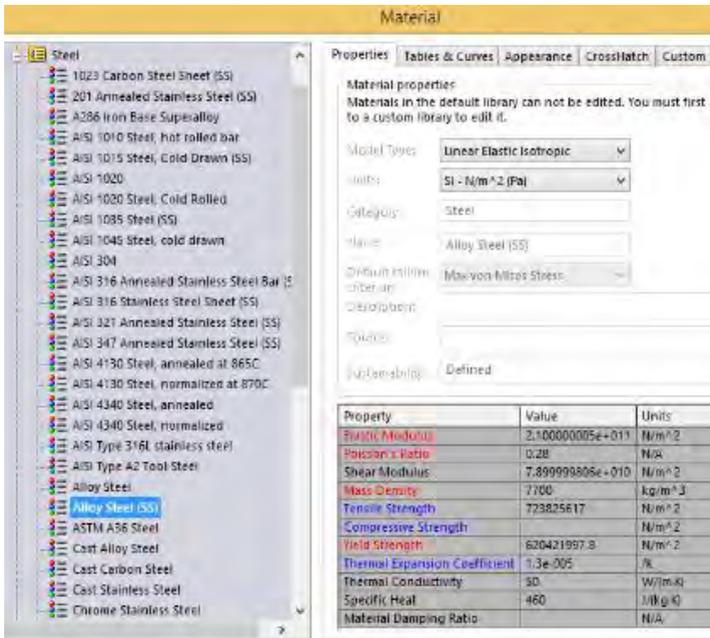
Gambar 4.3.3 gambar model solid tampak atas yang akan disimulasikan

c) Bagian Hook Tali Mooring



Gambar 4.3.4 gambar model solid hook yang akan disimulasikan

Selanjutnya dari model komponen yang telah dibuat, di meshing guna mendeskripsikan bahan material, jenis force yang akan diaplikasikan dan berapa nilai force yang akan di aplikasikan pada lambung pontoon tersebut



Gambar 4.3.5 Spesifikasi material yang akan dipakai dalam simulasi

#### 4.4 Simulasi Model

Proses simulasi yang dilakukan analisa Lambung Pontoon pada software *solidwork*. Analisa *Force Tension* merupakan analisa untuk mengetahui kekuatan tarikan plat

lambung pada sebuah benda. Dalam percobaan ini lambung pontoon kerja pada 4 beban yaitu, beban arus, gelombang, angin dan tarikan tension pada mooring menyebabkan defleksi dan tekanan pada bagian lambung tersebut. Beban yang diterima pada Lambung Pontoon ini dikarenakan adanya Tension pada mooring

Proses simulasi yang dilakukan pada analisa Lambung ini menggunakan beban statis dan dinamis dimana beban statis didapat dari berat muatan dan 4 kondisi lingkungan. Analisa simulasi statis yang digunakan untuk mengetahui *stress*, *strain*, *displacement* dan *factor of safety*.

Model yang telah diassembly, dilakukan pemberian gaya yang mengacu pada rujukan hasil perhitungan gaya arus laut, gelombang dan dari tarikan mooring pada lambung. Proses *meshing* dilakukan setelah gaya telah diberikan ke model yang dibuat. Semakin kecil ukuran yang diambil untuk proses *meshing*, maka hasil dari simulasi semakin sedikit kesalahan.

- ***Fixed Geometry***

*Fixed geometry* atau yang biasa disebut dengan tumpuan mati merupakan bagian yang menjadi diam dan menjadi letak tumpuan beban. Pada desain pondasi ini,

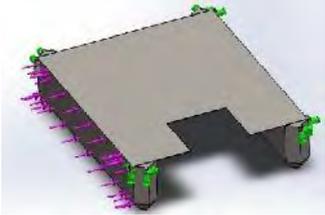
- ***External Load***

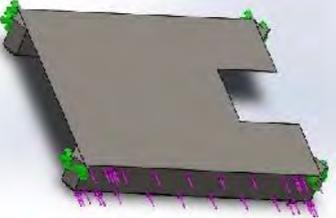
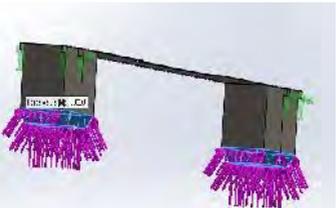
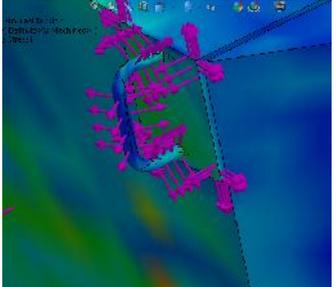
External load merupakan inputan data yang akan digunakan pada proses simulasi. Inputan data dapat berupa *pressure*, *force*, *torsi*, *grafity*, dan lain-lain. Simulasi yang dilakukan pada proses ini menggunakan *external load* berupa *force* pada tuas mooring.

### 4.3.1 Proses Analisa Beban

Proses analisa yang dilakukan pada lambung ini merupakan analisa beban statis dan Dinamis yang merupakan jenis pembebanan yang bersifat tetap dan berubah, dalam hal ini adalah pembebanan yang diberikan oleh berat total muatan pontoon dan 4 faktor lingkungan .

Tabel 4.2.2 Pembagian Force pada hook dan lambung terhadap beban saat operasional

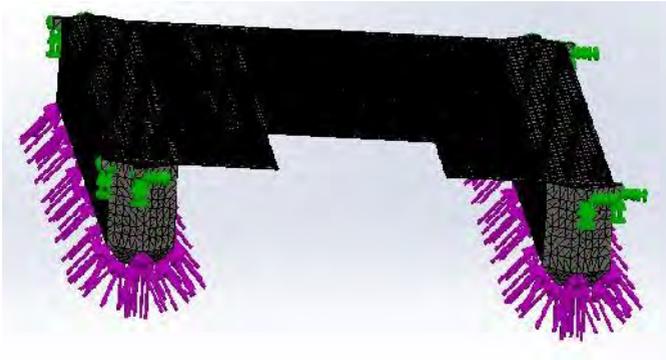
Load name	Load Image	Load Details
<b>Wind Force</b>		<b>Entities:</b> 2 <b>face(s)</b> <b>Type:</b> Apply <b>normal force</b> <b>Value:</b> 33408 <b>N</b>
<b>Fcx</b>		<b>Entities:</b> 2 <b>face(s)</b> <b>Type:</b> Apply <b>normal force</b> <b>Value:</b> 23099 <b>N</b>

<p><b>Fcy</b></p>		<p><b>Entities:</b> 1  <b>face(s)</b>  <b>Type:</b> Apply normal force  <b>Value:</b> 29643 N</p>
<p><b>FWave</b></p>		<p><b>Entities:</b> 2  <b>face(s)</b>  <b>Type:</b> Apply normal force  <b>Value:</b> 29564 N</p>
<p><b>Hook</b></p>		<p><b>Entities:</b> 2  <b>face(s)</b>  <b>Type:</b> Apply normal force  <b>Value:</b> 29564 N</p>

- **Meshing**

Proses *meshing* merupakan suatu proses untuk membagi keseluruhan sistem kedalam elemen-elemen kecil yang seragam dengan tujuan agar analisa akan semakin detail pada setiap titik dalam keseluruhan sistem tersebut.

*Meshing* dalam pemodelan ini sangat penting untuk diperhatikan. Ketidaksihesuaian *meshing* bisa jadi model yang telah didesain tidak dapat dijalankan dan hasil analisa menjadi tidak valid. Pada software solidworks, proses mesing Lambung Pontoon dapat dilihat pada gambar 4.4.1 dibawah



Gambar 4.3.6 Proses Meshing pada model

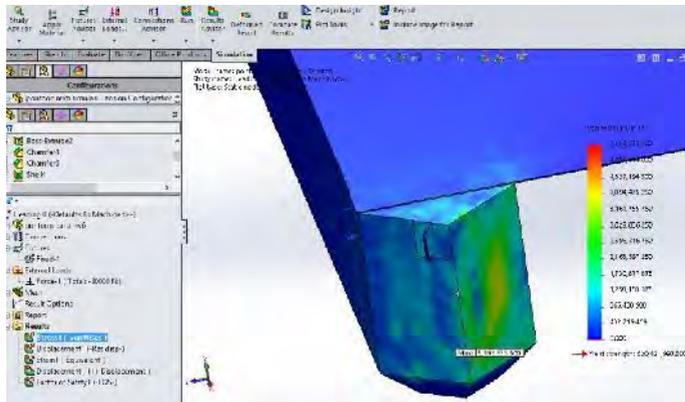
Setelah proses meshing selesai, kemudian dilakukan simulasi pada model dengan hasil analisa berupa gambar yang menunjukkan nilai *stress*, *resultant displacement*, *equivalent strain* dan *factor of safety*.

#### 4.3.2 Pembahasan hasil Simulasi

- **Tegangan (*Stress*)**

Tegangan merupakan kumpulan dari gaya (*force*) pada suatu permukaan benda. Semakin sempit permukaan, dan gaya tetap, maka permukaan tegangan semakin besar. Tegangan menunjukan area tegangan material maksimal

dan minimum yang diterima *part* dari beban yang diberikan. Tegangan tabung terbesar ditunjukkan pada gradiasi warna paling merah, sedangkan tegangan tabung terkecil ditunjukkan pada gradiasi warna paling biru. Area dengan tegangan sedang adalah area dengan gradiasi warna kuning-hijau-biru muda. dari hasil simulasi, didapatkan nilai dari tegangan pada model maximal. Dapat dilihat pula pada Gambar diatas, dimana warna merah menggambarkan nilai tegangan yang tinggi.

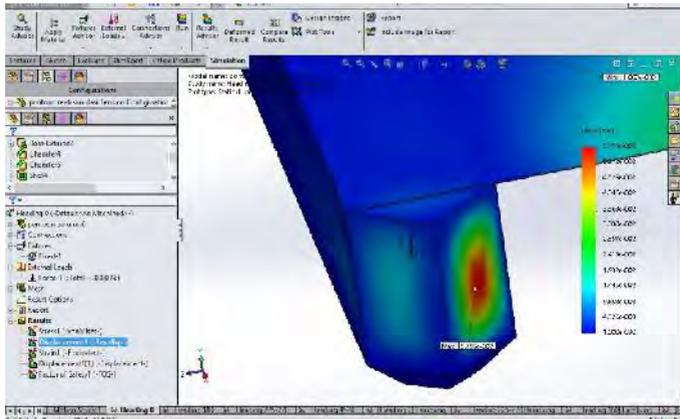


Gambar 4.3.7 Simulasi Stress terhadap Hook lambung

- **Perubahan Bentuk (*Displacement*)**

Perubahan bentuk merupakan perubahan bentuk yang terkena gaya. Dalam hal ini adalah melengkung (*deformasi*). Bagian yang paling melengkung (*deformasi*) dari desain ini adalah daerah *pengait tali mooring* dan pada bagian yang tidak mengalami deformasi adalah bagian

yang berdegradasi warna biru. Perubahan bentuk pada lambung (*displacement*) ditunjukkan dibawah ini.



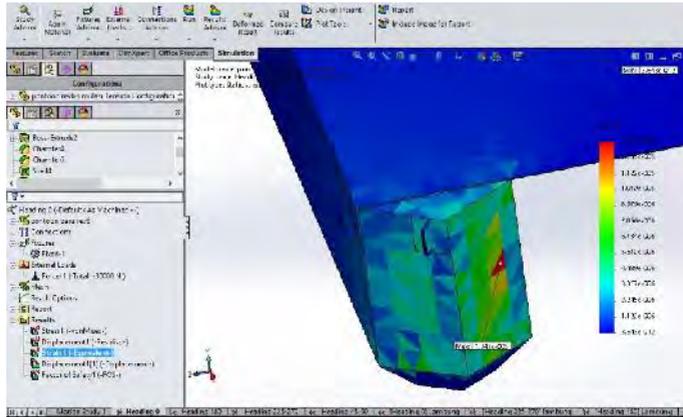
Gambar 4.3.8 Simulasi Displacement terhadap Hook dan lambung ponton

Hasil simulasi yang berwarna tersebut terjadi pada lambung dekat dengan pengait tali mooring.

- ***Strain (Laju Perubahan Displacement)***

Dapat dilihat, *strain* terbesar terjadi di sekitar sumber panas, yang kemudian menyebar ke tempat sisi benda. Kontur *strain* yg ditunjukkan pada *SolidWorks simulation* di bawah terlihat tidak *smooth*, dan ada sedikit ketidak simetrisan pada nilai *strain*nya yaitu degradasi warna biru dan biru muda. Hal ini disebabkan bentuk *meshing* yang memang masih *coarse*/kasar. *Strain maximal* pada bagian lambung ditunjukkan pada degradasi warna biru tua, sedangkan *strain minimal* pada tabung ditunjukkan pada

degradasi warna biru muda. *Strain maximal* dan *minimal* ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



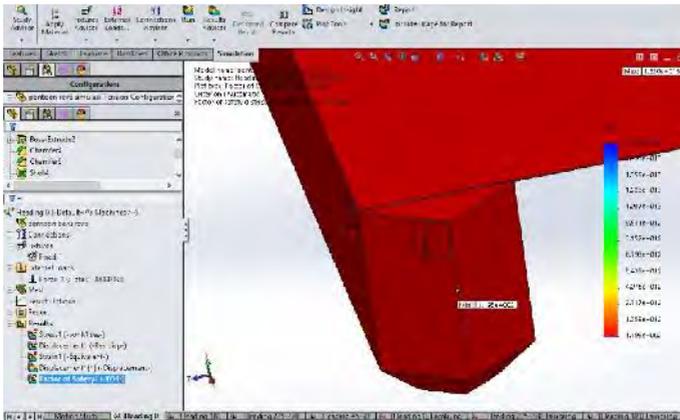
Gambar 4.3.9 Simulasi Strain terhadap hook dan lambung

*Equivalent strain* maksimal terjadi pada *socket* dan ujung – ujung tuas yang digunakan untuk mengaitkan tali mooring yang dekat dengan ujung-ujung dek. Sedangkan nilai minimal dari *strain* berada pada *atas dek*.

- **Faktor Keamanan (*Safety of Factor*)**

Faktor keamanan merupakan patokan yang paling utama yang digunakan dalam menentukan kualitas dari suatu desain. Acuanannya adalah jika nilai FOS minimal kurang dari 1 maka desain tersebut kualitasnya jelek dan tidak layak untuk di gunakan dan cenderung membahayakan.sebaliknya jika nilai FOS lebih dari 1 dan biasanya antara 1-3 maka desain tersebut berkualitas baik,

aman dan layak untuk digunakan. Faktor keamanan juga menunjukkan tingkat kemampuan suatu bahan untuk menerima beban dari luar dalam hal ini adalah beban tekan. Jika nilai FOS minimal mencapai 3 digit atau lebih, maka desain tersebut aman, berkualitas baik namun harganya sangat mahal dan cenderung mempunyai berat yang besar.



Gambar 4.4.1 Simulasi FOS pada Hook dan Lambung

*Factor of safety* pada simulasi model mempunyai nilai minimal. Nilai maksimal dari *factor of safety* terletak di seluruh bagian lambung karena pada simulasi keseluruhan bagian hampir di bebani oleh beban 4 faktor lingkungan.

Tabel 4.2.3 Hasil Simulasi keseluruhan pada hook lambung

Jenis Simulasi/ Nilai terhadap tiap Gaya	Gaya Arus depan	Gaya Arus Samping Kiri	Gaya Arus Samping Kanan	Gaya arus Belakang
Stress (N/m <sup>2</sup> )	5.192e+00 6 N/m <sup>2</sup>	25.863e+003 N/m <sup>2</sup>	7.933e+00 6 N/m <sup>2</sup>	5.004e+006 N/m <sup>2</sup>
Displase men (mm)	5.795e-002 mm	1.252e-004 mm	2.961e-001 mm	5.669e-002 mm
Strain(URES)	1.347e-005	9.810e-008	2.769e-005	1.06483e-005
FOS	1.195e+00 2	1.910e+004	7.821e+00 1	1.240e+002

Hasil keseluruhan simulasi pada hook dan lambung terhadap beban operasional saat mooring / lego jangar

Tabel 4.2.4 Hasil simulasi keseluruhan pada model lambung tanpa hook

Jenis Simulasi/Nilai terhadap tiap Gaya	Gaya Arus depan	Gaya Arus Samping Kiri	Gaya Arus Samping Kanan	Gaya arus Belakang
Stress (N/m <sup>2</sup> )	5.425e+006 N/m <sup>2</sup>	26.229e+003 N/m <sup>2</sup>	7.933e+006 N/m <sup>2</sup>	5.004e+006 N/m <sup>2</sup>
Displasemen (mm)	6.087e-002 mm	1.267e-004 mm	2.961e-001 mm	5.669e-002 mm
Strain(URES)	1.415e-005	9.947e-008	2.769e-005	1.065e-005
FOS	1.144e+002	2.365e+004	7.821e+001	1.240e+002

Hasil Simulasi Keseluruhan yang terjadi pada lambung terhadap faktor lingkungan saat operasional

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

- ▶ Desain pontoon yang dirancang adalah desain pontoon dengan lambung jenis double hull karena jenis turbin itu sendiri adalah jenis turbin darrieus dengan posisi sumbu vertical maka perlu adanya posisi yang dapat membantu turbin tersebut tetap dalam posisi vertical, Pada Desain Pontoon tersebut dengan ukuran  $L = 8 \text{ m}$ ,  $B = 0.8 \text{ m}$ ,  $T = 0.8 \text{ m}$ ,  $H = 1.1 \text{ m}$ ,  $S = 6 \text{ m}$  dan  $cb = 0.9$  mendapatkan ukuran Displasement  $5.14 \text{ T}$  (per lambung), karena double hull menjadi  $10,28 \text{ T}$
  
- ▶ Nilai perhitungan Gaya arus sebesar  $29 \text{ kN}$ , gaya angin  $33 \text{ kN}$  dan gelombang sebesar  $29.33 \text{ kN}$ . disimulasikan dalam software mendapatkan nilai pembebanan tension sebesar  $25 \text{ kN}$ ,  $28 \text{ kN}$  dan  $30 \text{ kN}$  pada heading  $0$ ,  $45$  dan  $90$ . Terakhir model lambung ponton di simulasi lagi untuk melihat karakteristik kekuatan lambung jika terkena gaya tension terhadap mooring dan karakteristik terhadap arus laut. Nilai Stress dari Hook depan  $5.425 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ , hook lambung samping kiri  $26.229 \times 10^3 \text{ N/m}^2$ , hook lambung belakang  $5.004 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ , hook lambung kanan  $7.933 \times 10^6 \text{ N/m}^2$

#### **5.2 Saran**

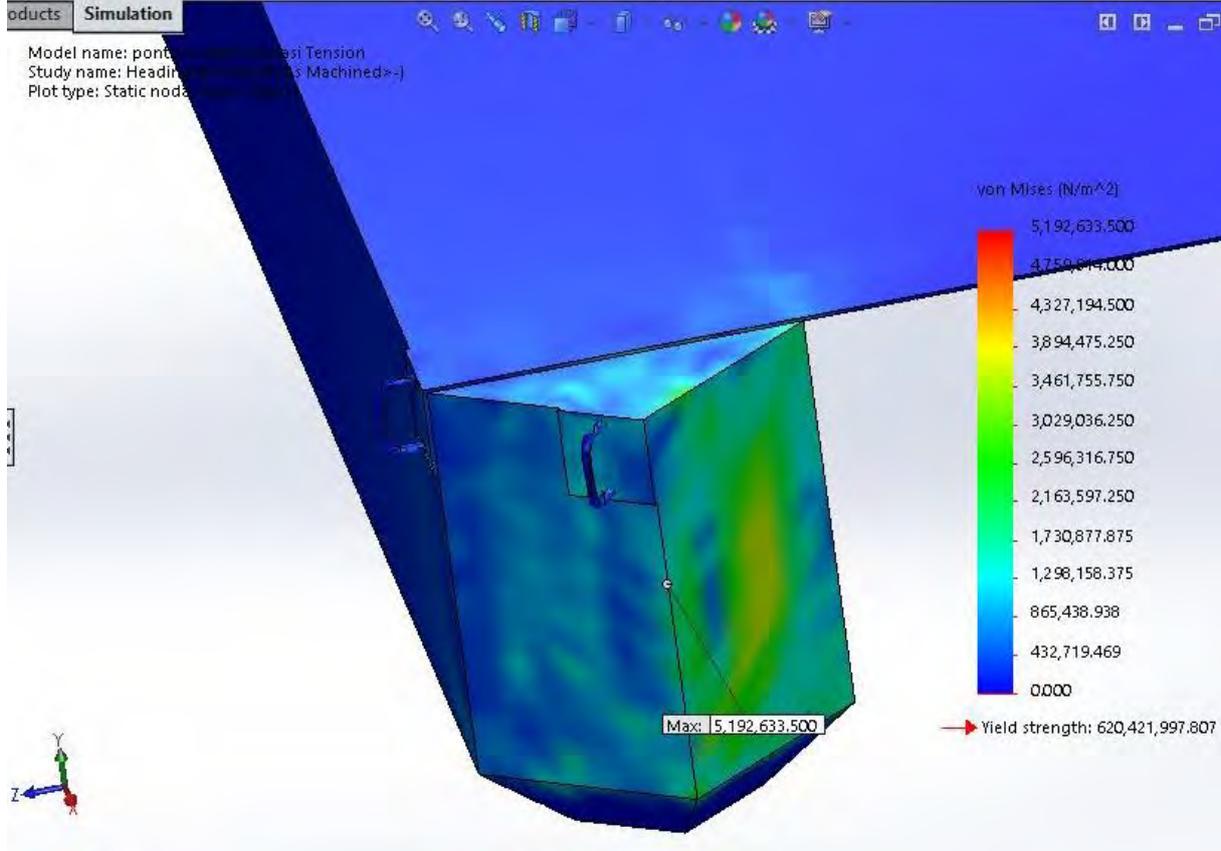
1. Perlu dilakukan penelitian menggunakan software yang lebih akurat dalam menganalisa dan survey terhadap faktor lingkungan agar lebih akurat
2. Perlu dilakukan penelitian untuk kekuatan dek konstruksi terhadap kelelahan material akibat getaran turbin tersebut.
3. Untuk mendapatkan hasil yang optimal dalam desain tersebut perlu adanya pengembangan bentuk lambung.

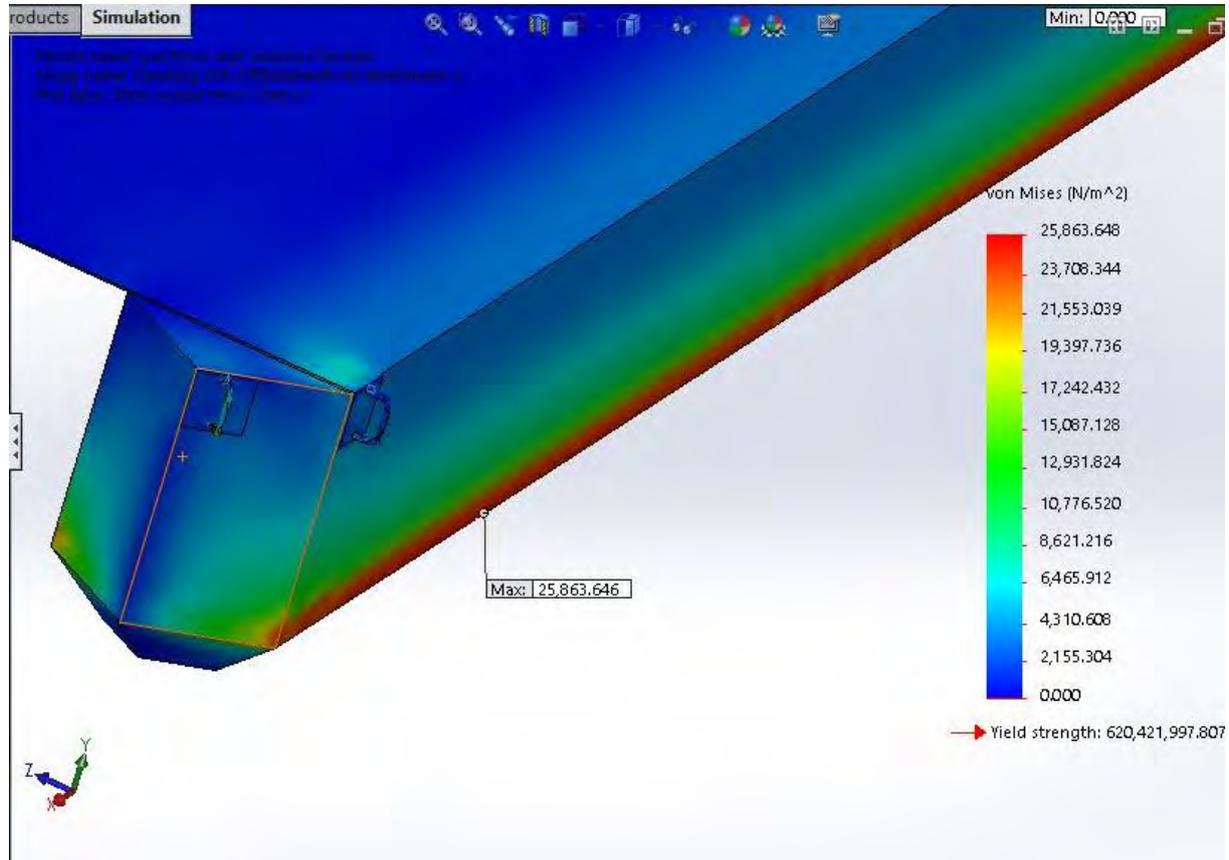
“ Halaman ini sengaja dikosongkan “

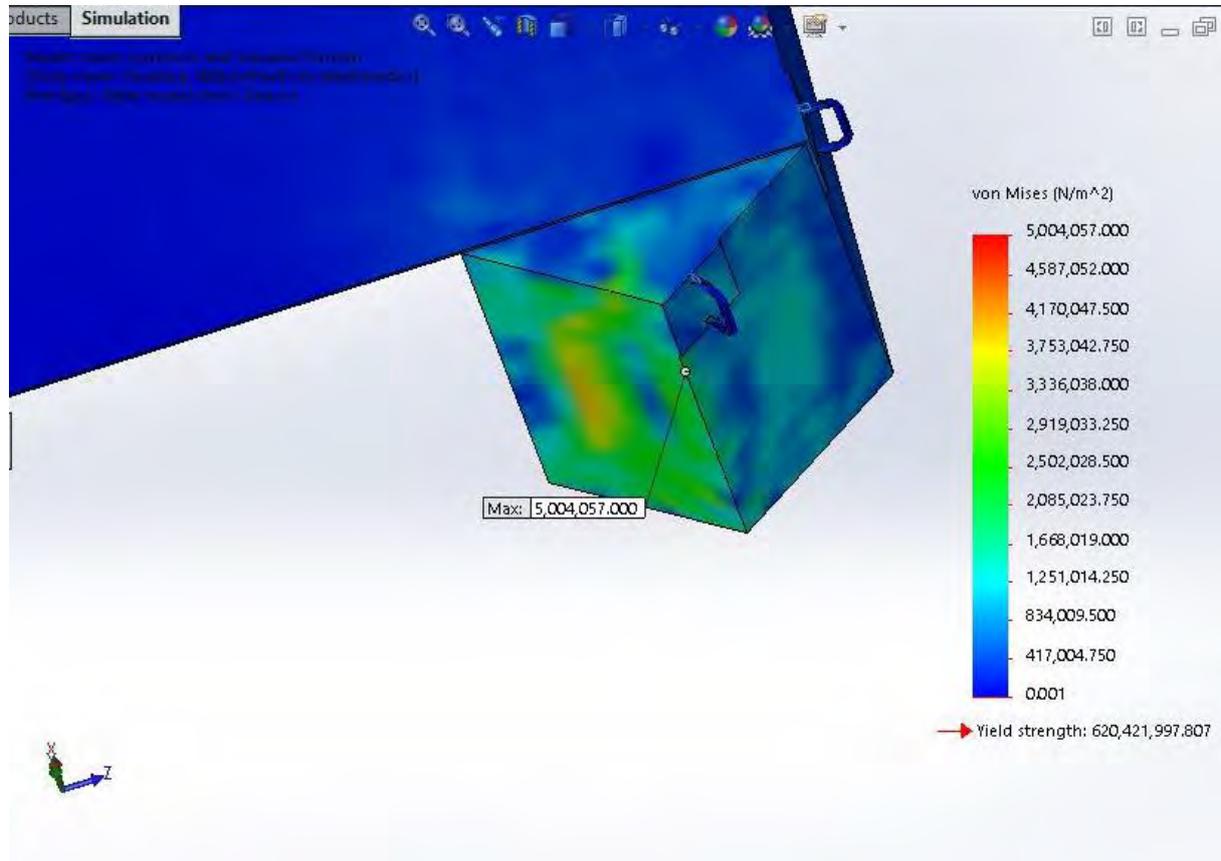
## DAFTAR PUSTAKA

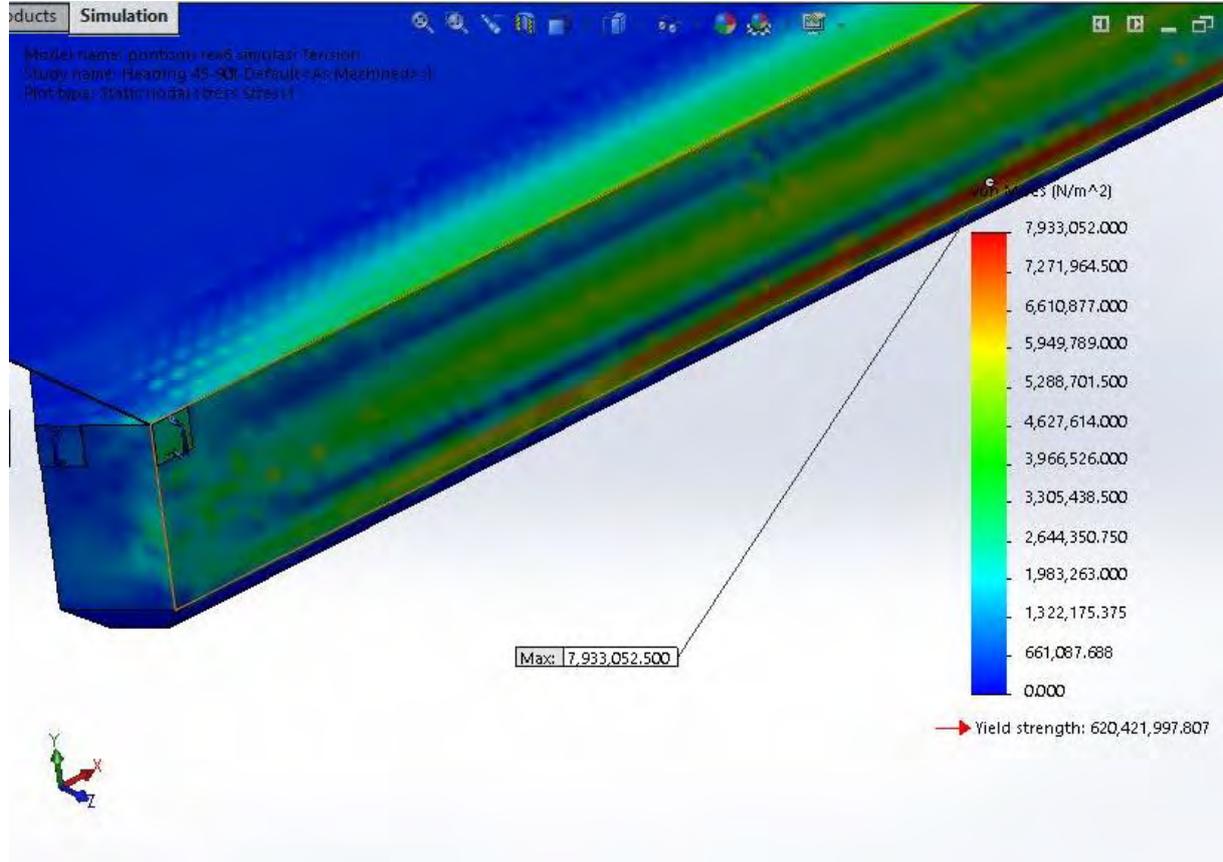
- [1] *Harvarld, SV. AA.*, [1983] “*Resistance and Propulsion*”,  
*Departement of Ocean Engineering*
- [2] Erlangga., [1978], “*Mechanics of Materials, 2nd Edition*  
*Mekanik Teknik*
- [3] *Dassault System.*, [2008], “*Solid Works*” UGS.
- [4] *Energi Gelombang. [Online] [Cited: March 07, 2012.]*  
<http://id.wikipedia.org>.
- [5] Indiyono, P. *Hidrodinamika Bangunan Lepas Pantai.*  
Surabaya : SIC, 2004
- [6] *BKI Volume II [2006] “ Hull Construction”*
- [7] *The Overseas Coastal Area Development Intitute Of Japan*  
(*OCDI*).[2002].PartII-DesignConditions.Japan
- [8] *Ship Construction Sketches and Notes Kemp and Young,*  
[1984] *Stanford Maritime London,*
- [9] *Oscillating Water Columm, Wikipedia [Online]*  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Oscillating\\_Water\\_Collum](http://en.wikipedia.org/wiki/Oscillating_Water_Collum)
- [10] *Tidal Energy, Wikipedia [Online]*  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Tidal\\_Power](http://en.wikipedia.org/wiki/Tidal_Power)

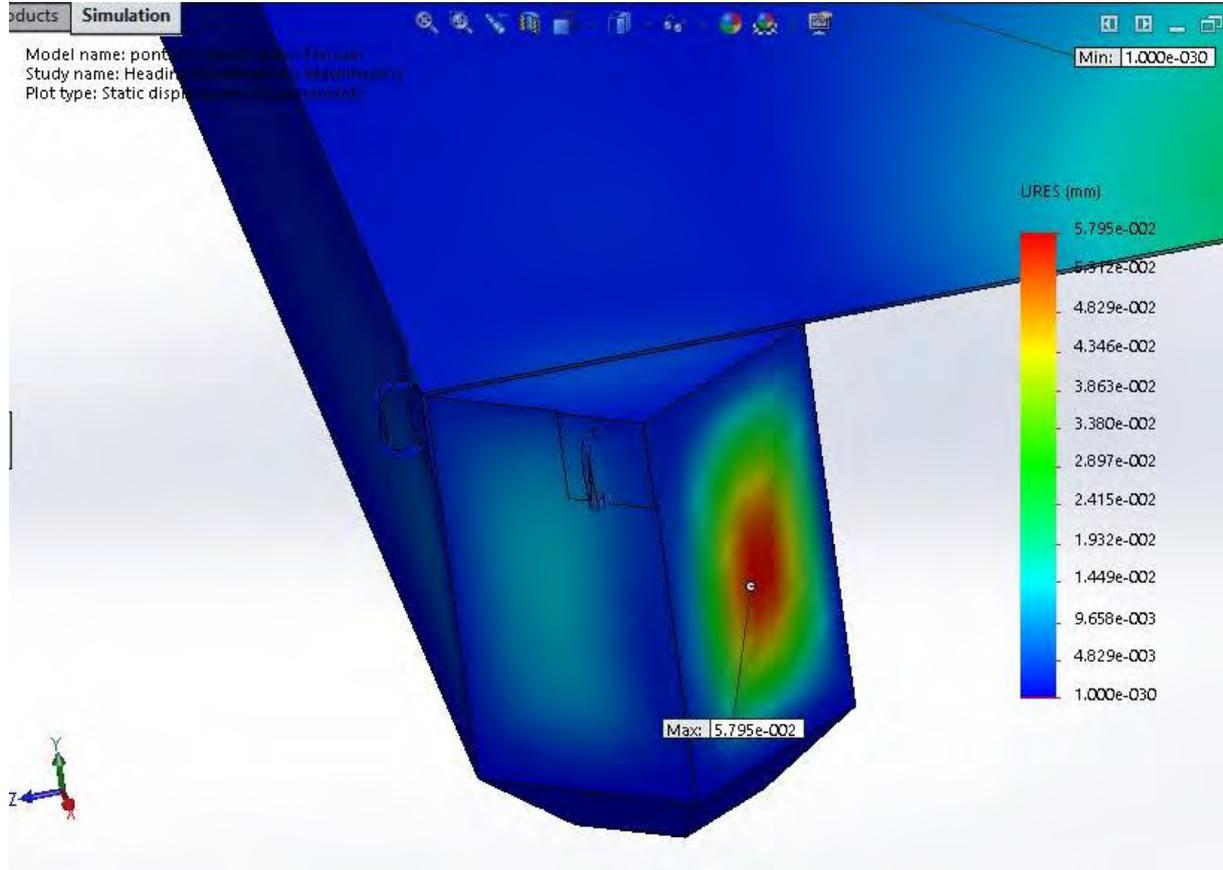
- [11] Erwandi, [2011] Marine Current Turbine, Indonesia Hydrodynamics Laboratory, Surabaya
- [12] American Petroleum Institute. (2005). *Recommended Practice 2SK, Design and Analysis of Stationkeeping Systems for Floating Structures*. Edisi ke-3.
- [13] Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. Informasi Meteorologi Maritim. Data Prakiraan Angin [online]. Tersedia : [http://maritim.bmkg.go.id/index.php/main/peta\\_prakiraan/peta\\_angin](http://maritim.bmkg.go.id/index.php/main/peta_prakiraan/peta_angin) [20 Juni 2014]
- [14] Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. Informasi Meteorologi Maritim. Data Prakiraan Arus Permukaan [online]. Tersedia : [http://maritim.bmkg.go.id/index.php/main/peta\\_prakiraan/peta\\_arus](http://maritim.bmkg.go.id/index.php/main/peta_prakiraan/peta_arus) [20 Juni 2014]
- [15] Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. Informasi Meteorologi Maritim. Data Prakiraan Gelombang Signifikan [online]. Tersedia : [http://maritim.bmkg.go.id/index.php/main/peta\\_prakiraan/peta\\_gel\\_signifikan](http://maritim.bmkg.go.id/index.php/main/peta_prakiraan/peta_gel_signifikan) [20 Juni 2014]
- [16] American Petroleum Institute. (2005). *Recommended Practice 2P, Analysis of Spread Mooring Sys for Floating*.
- [17] American Petroleum Institute. (1997). *Recommended Practice 2A-LRFD, Planning, Designing, and Constructing Fixed Offshore Platform-Load and Resistance Factor Design. First Edition*
- [18] American Petroleum Institute. (2000). *Recommended Practice 2A-WSD, Planning, Designing, and Constructing Fixed Offshore Platform-Working Stress Design. First Edition*

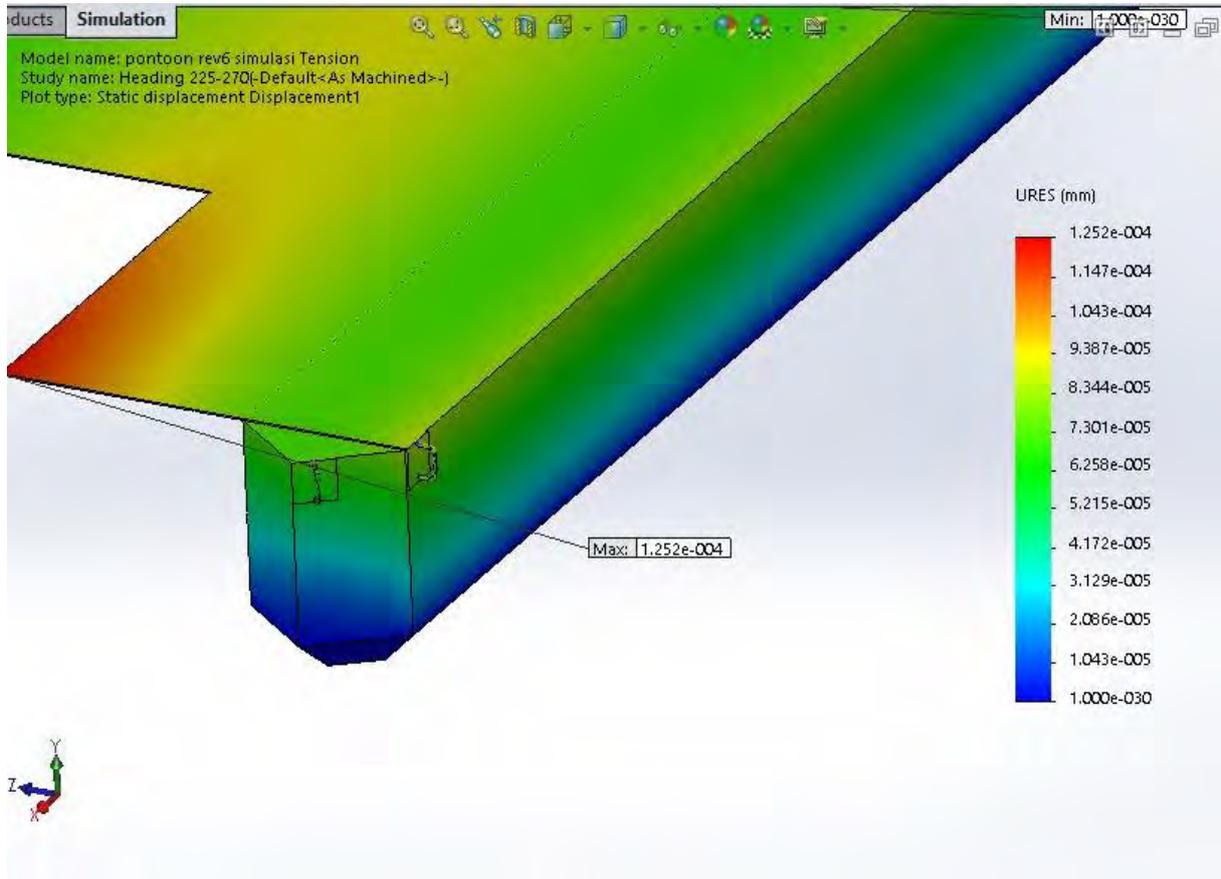


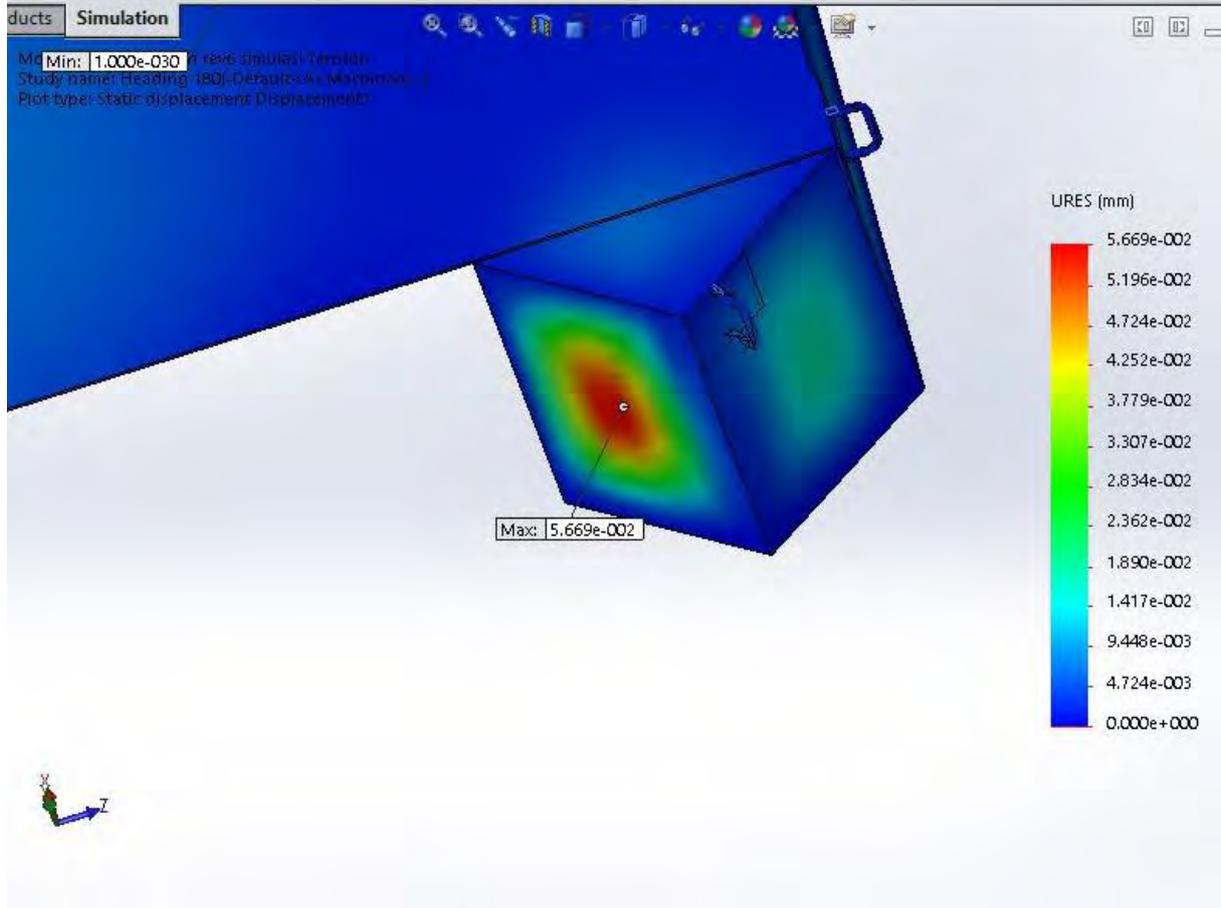


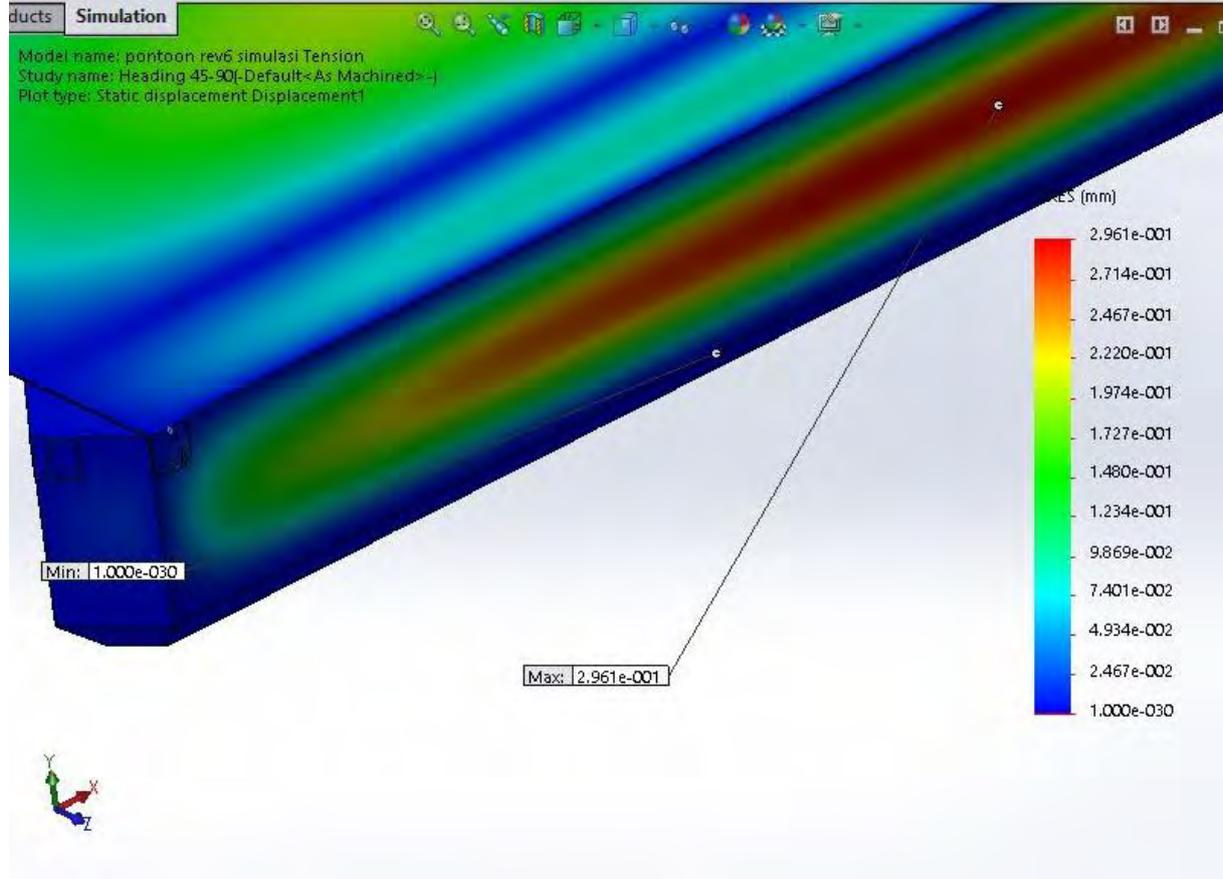








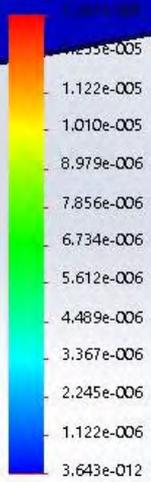
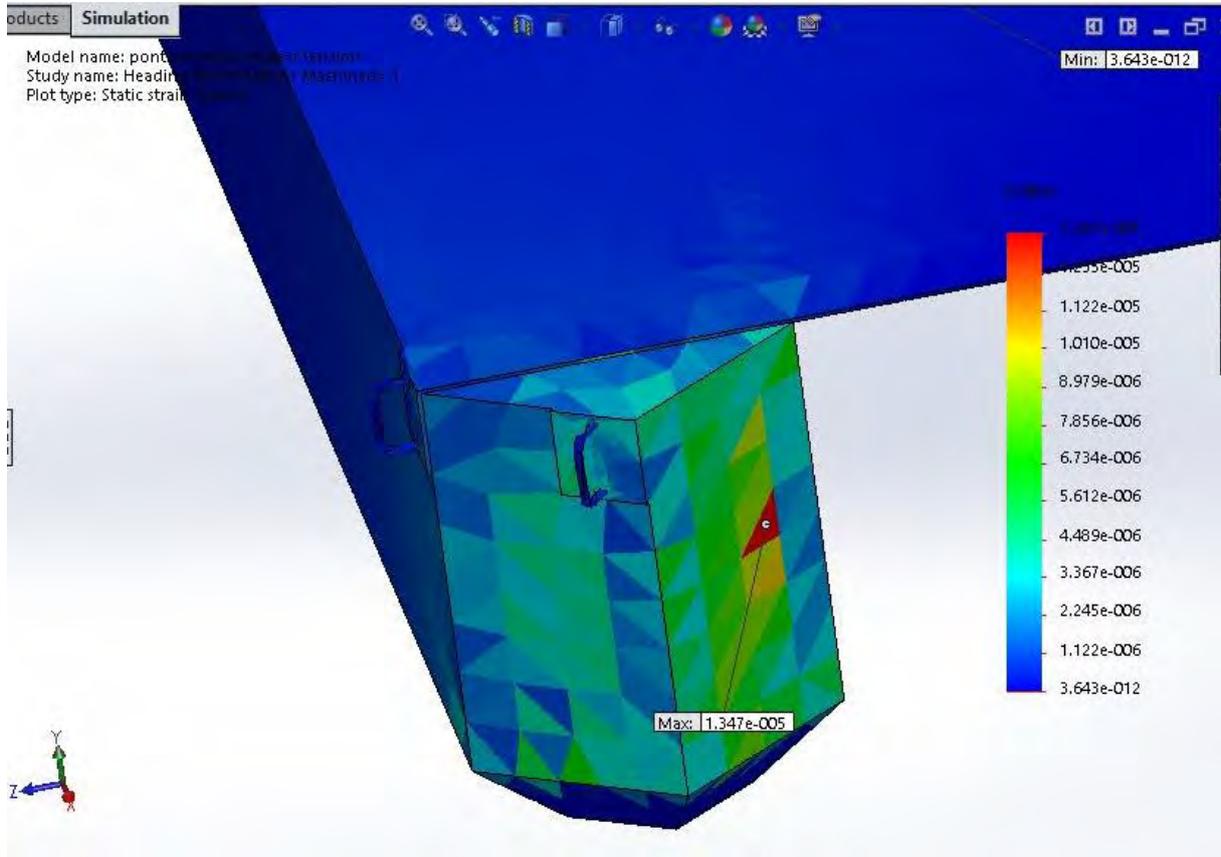




Products Simulation

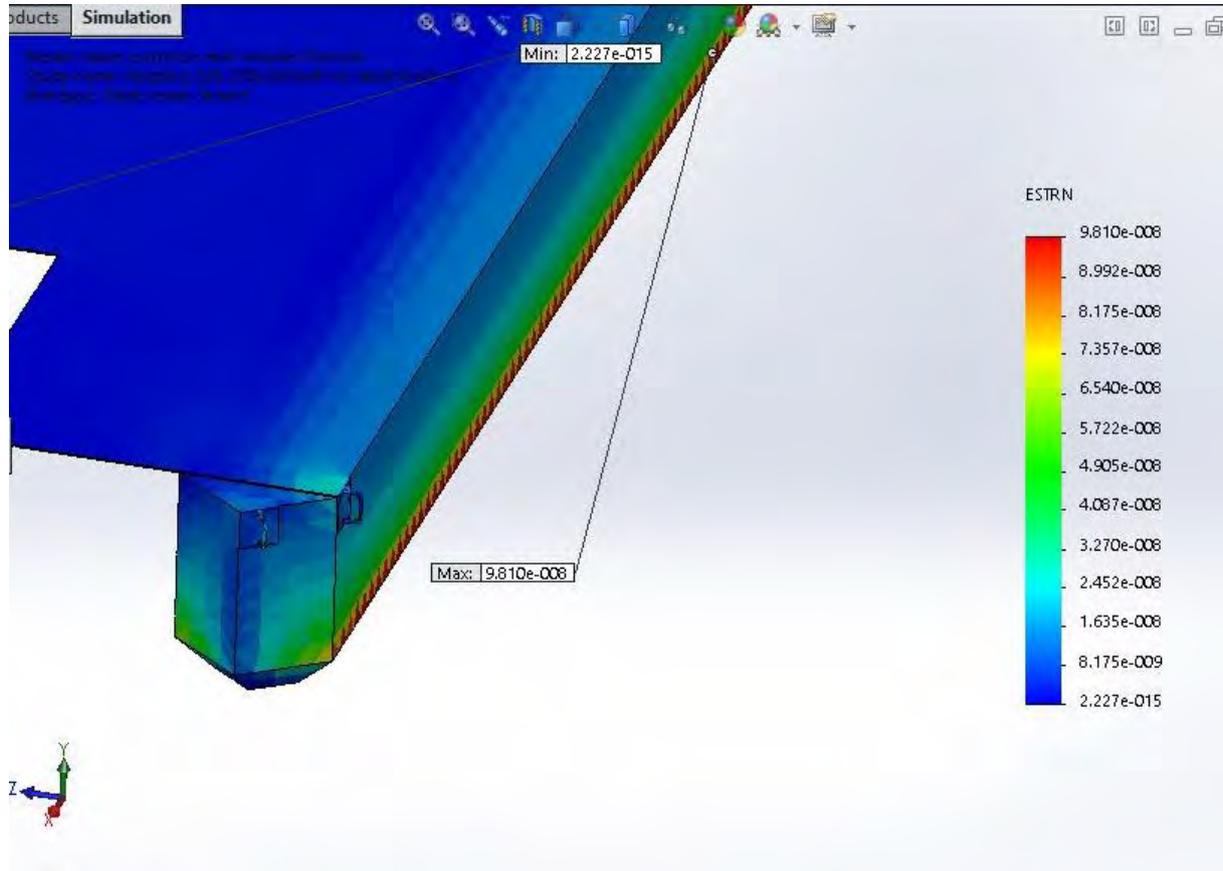
Model name: pont...  
Study name: Heading...  
Plot type: Static strain...

Min: 3.643e-012



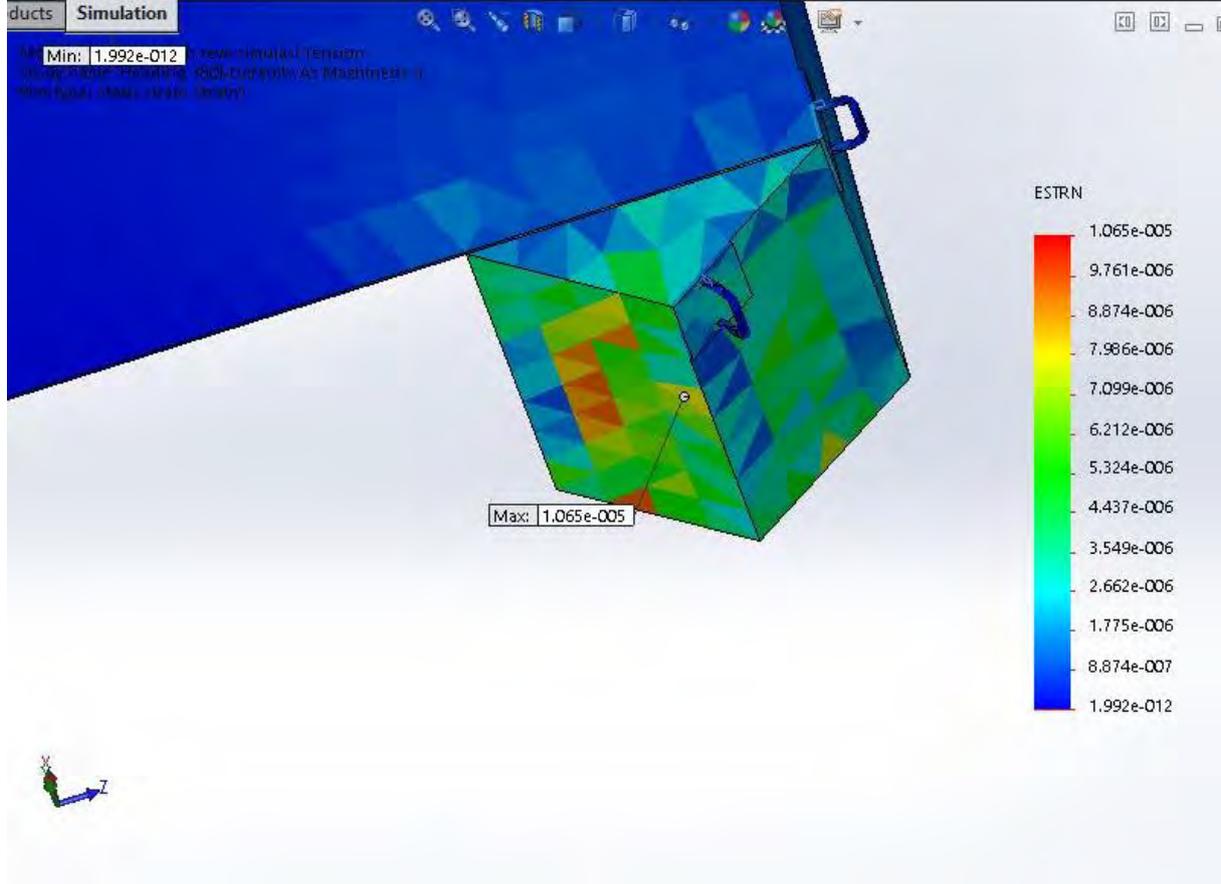
Max: 1.347e-005

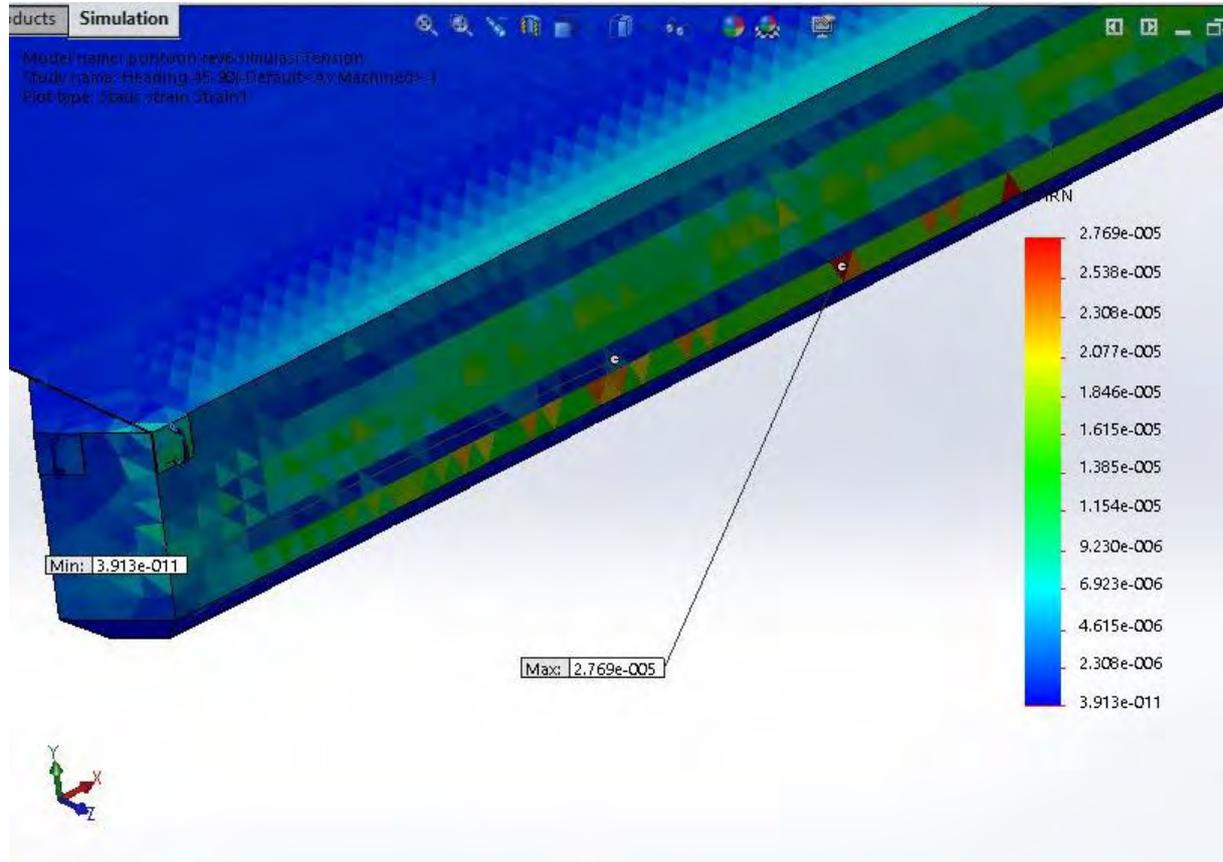


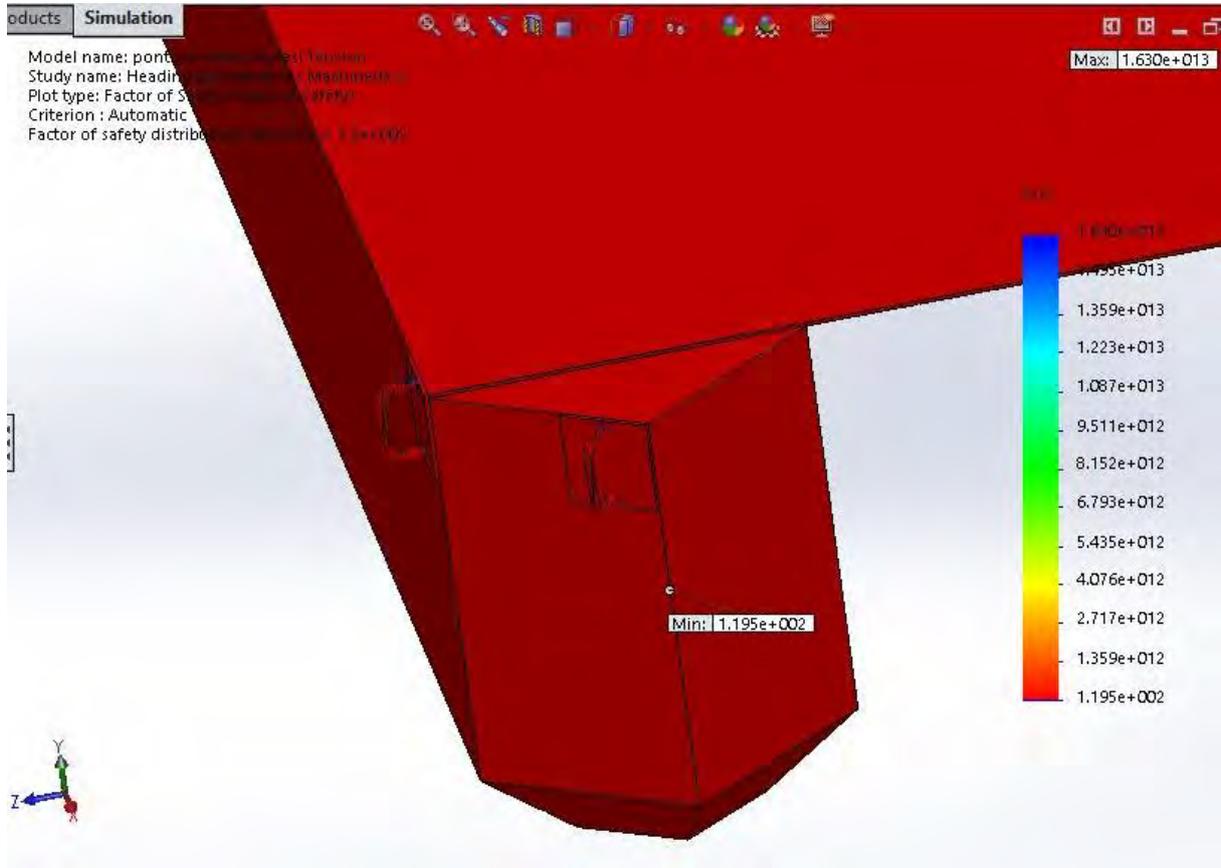


ducts Simulation

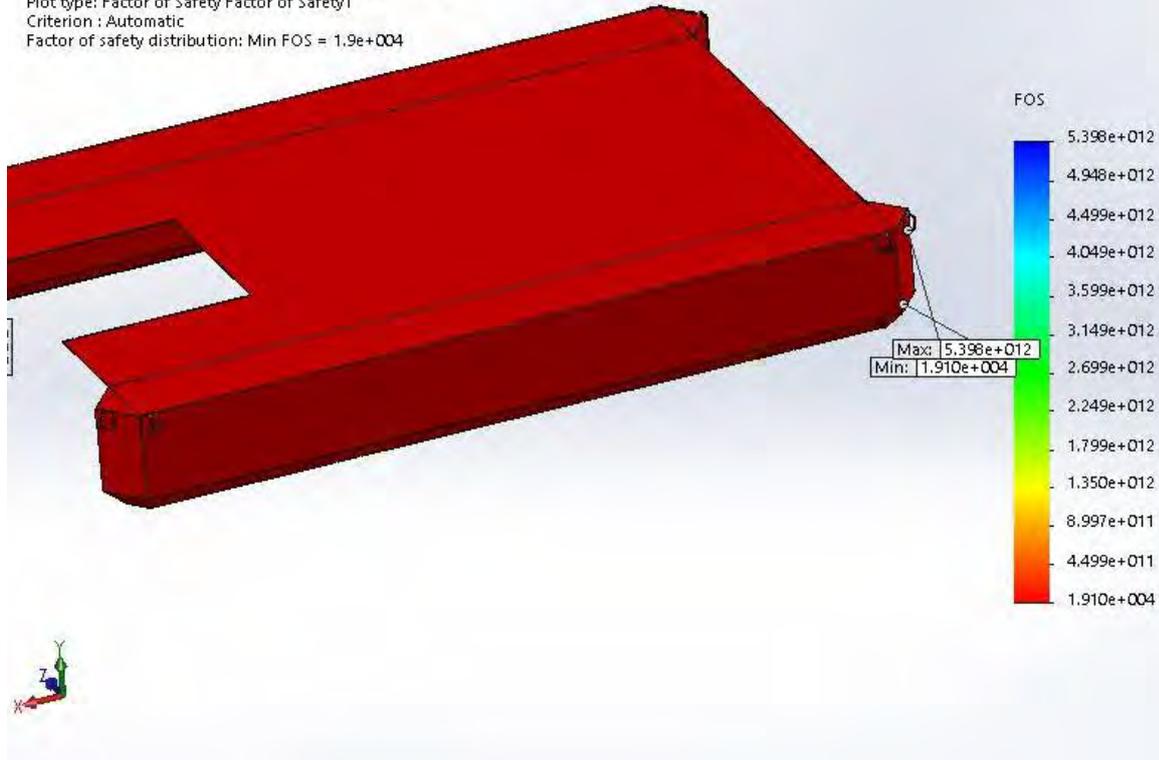
All Min: 1.992e-012 new-simulation-Tension  
no-ge-nl-geom-Heating-rod-ducts-As-Mathematical  
Modeling-Data-Create-Create

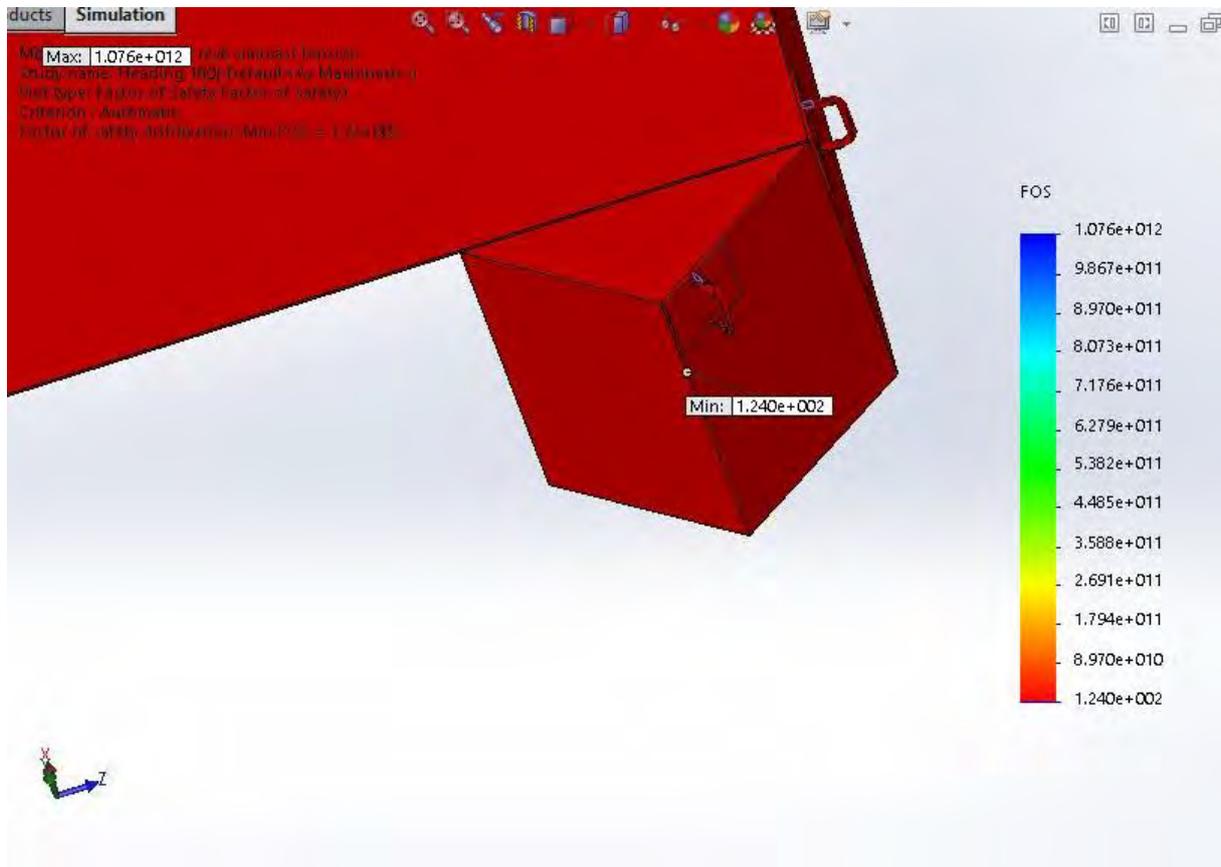


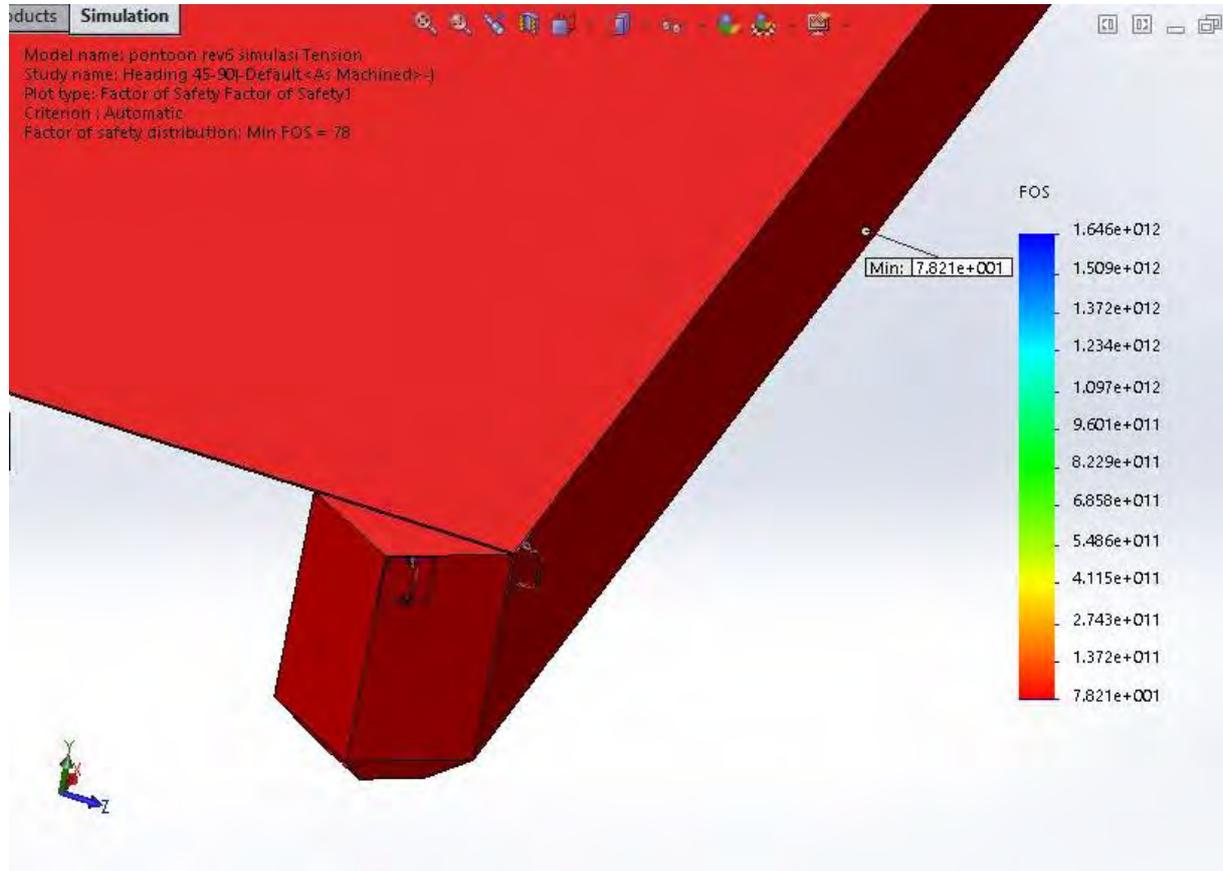




Model name: pontoon rev6 simulasi Tension  
Study name: Heading 225-270(Default<As Machined>-)  
Plot type: Factor of Safety Factor of Safety1  
Criterion : Automatic  
Factor of safety distribution: Min FOS = 1.9e+004



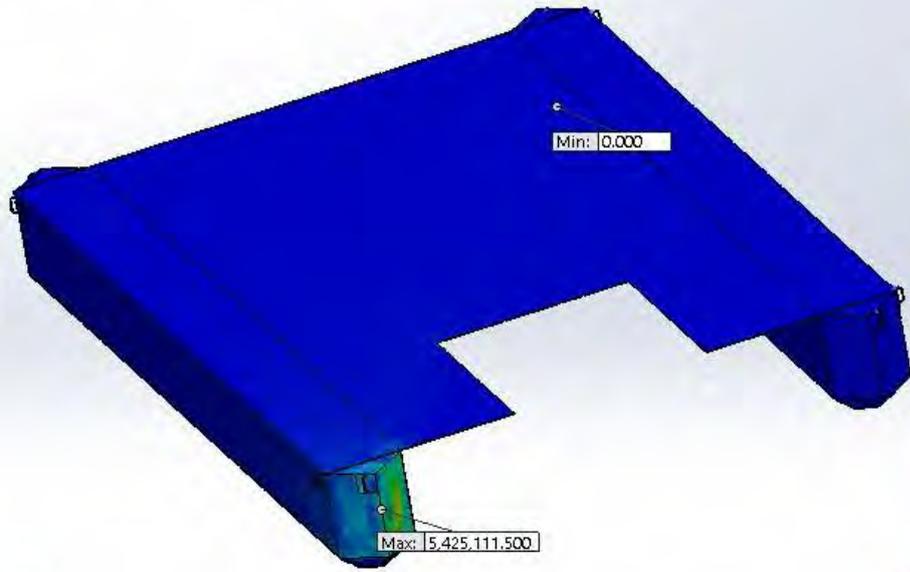




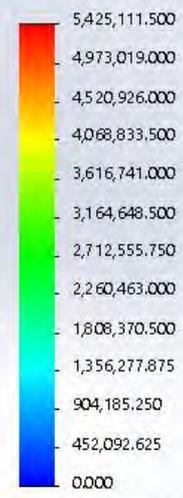
Products Simulation



Model name: pontoon rev6 simulasi Tension  
Study name: [Heading Q] Lambung(Default<As Machined>-)  
Plot type: Static nodal stress Stress1



von Mises (N/m<sup>2</sup>)



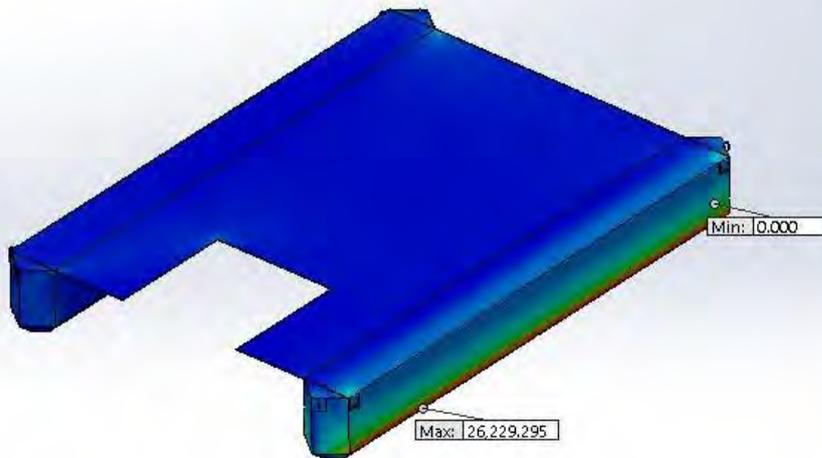
→ Yield strength: 620,421,997.807



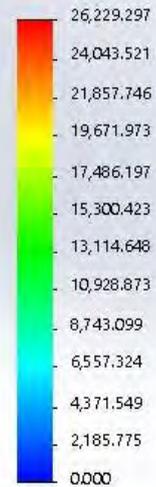
ducts Simulation



Model name: pontoon rev6 simulasi Tension  
Study name: [Heading 225-270] lambung(-Default<As Machined>-)  
Plot type: Static nodal stress Stress1



von Mises (N/m<sup>2</sup>)



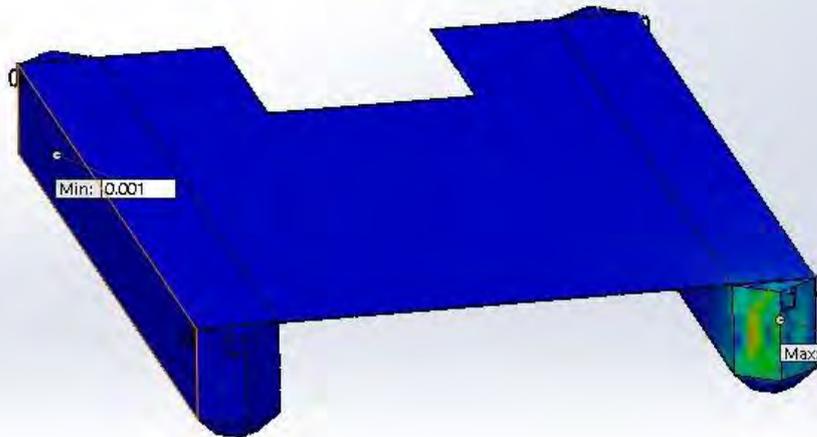
→ Yield strength: 620,421,997.807



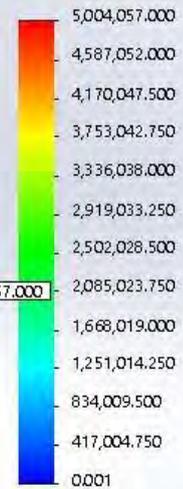
Products Simulation



Model name: pontoon rev6 simulasi Tension  
Study name: [Heading 180] Lambung(-Default<As Machined>-)  
Plot type: Static nodal stress Stress1



von Mises (N/m<sup>2</sup>)

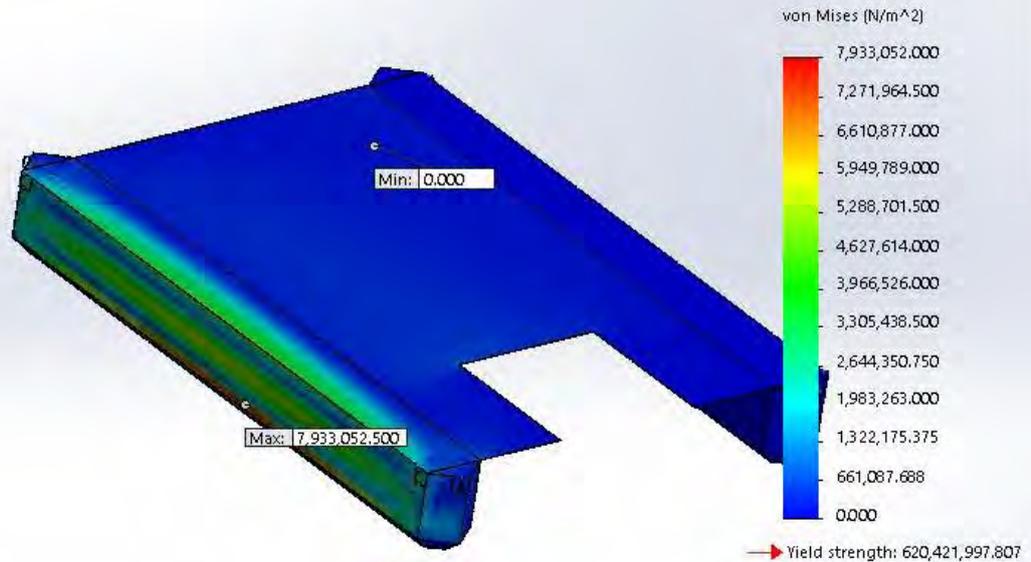


→ Yield strength: 620,421,997.807

ducts Simulation



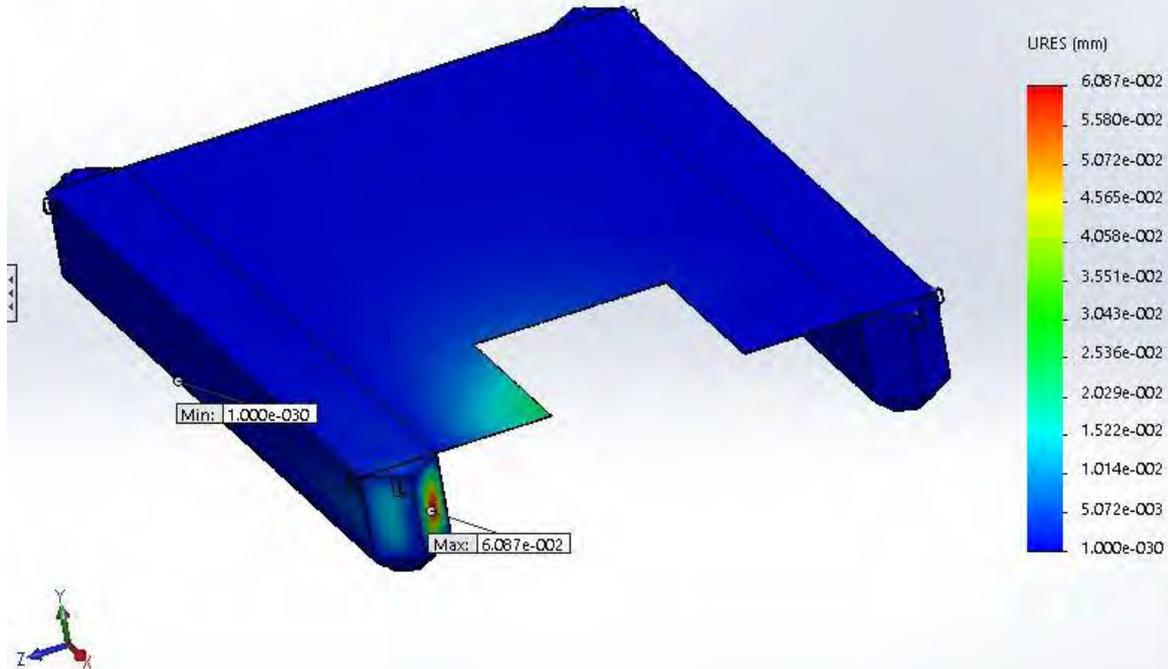
Model name: pontoon rev6 simulasi Tension  
Study name: [Heading 45-90] Lambung(-Default<As Machined>-)  
Plot type: Static nodal stress Stress1



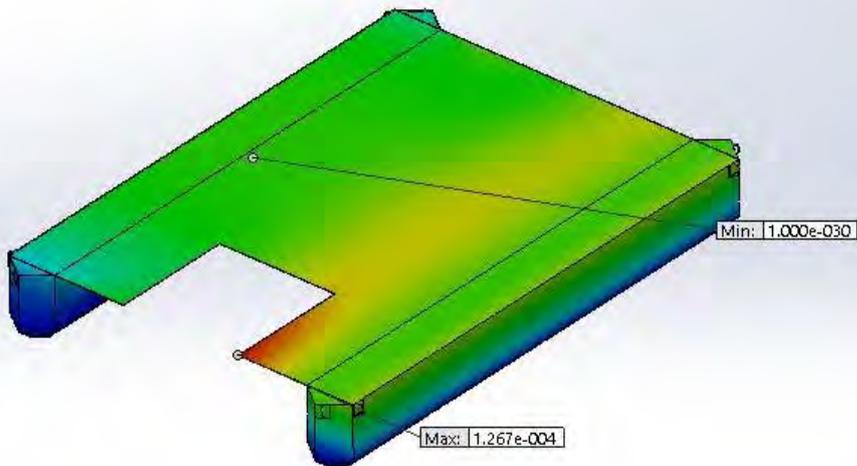
Products Simulation



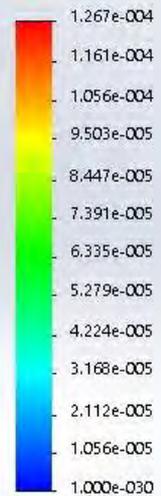
Model name: pontoon rev6 simulasi Tension  
Study name: [Heading 0] Lambung(-Default<As Machined>-)  
Plot type: Static displacement Displacement1



Model name: pontoon rev6 simulasi Tension  
Study name: [Heading 225-270] lambung(-Default<As Machined>-)  
Plot type: Static displacement Displacement1



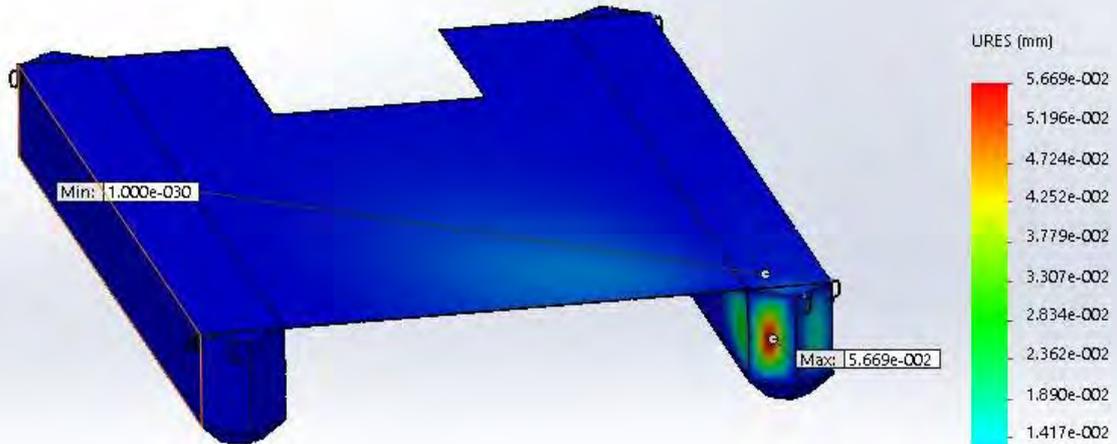
URES (mm)



Products Simulation



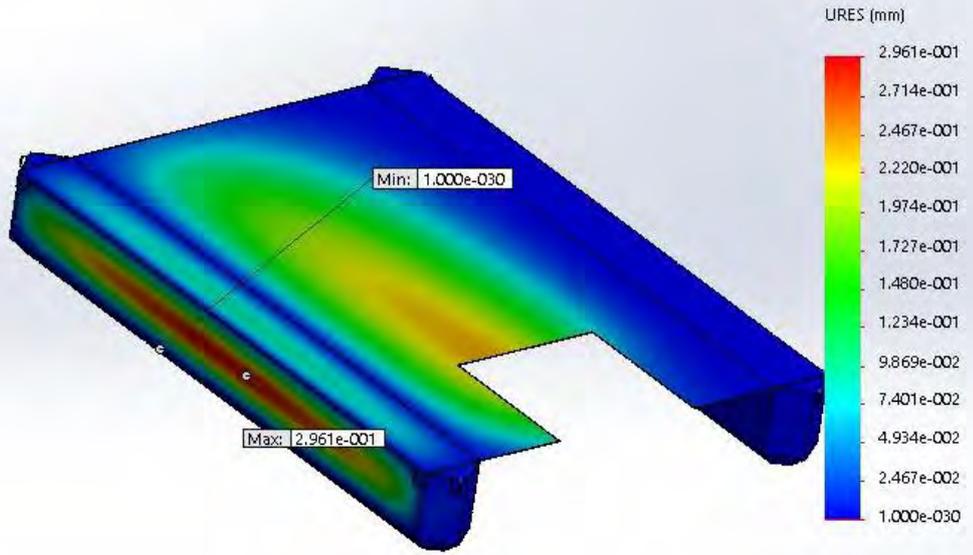
Model name: pontoon rev6 simulasi Tension  
Study name: [Heading 180] Lambung(-Default<As Machined>-)  
Plot type: Static displacement Displacement1



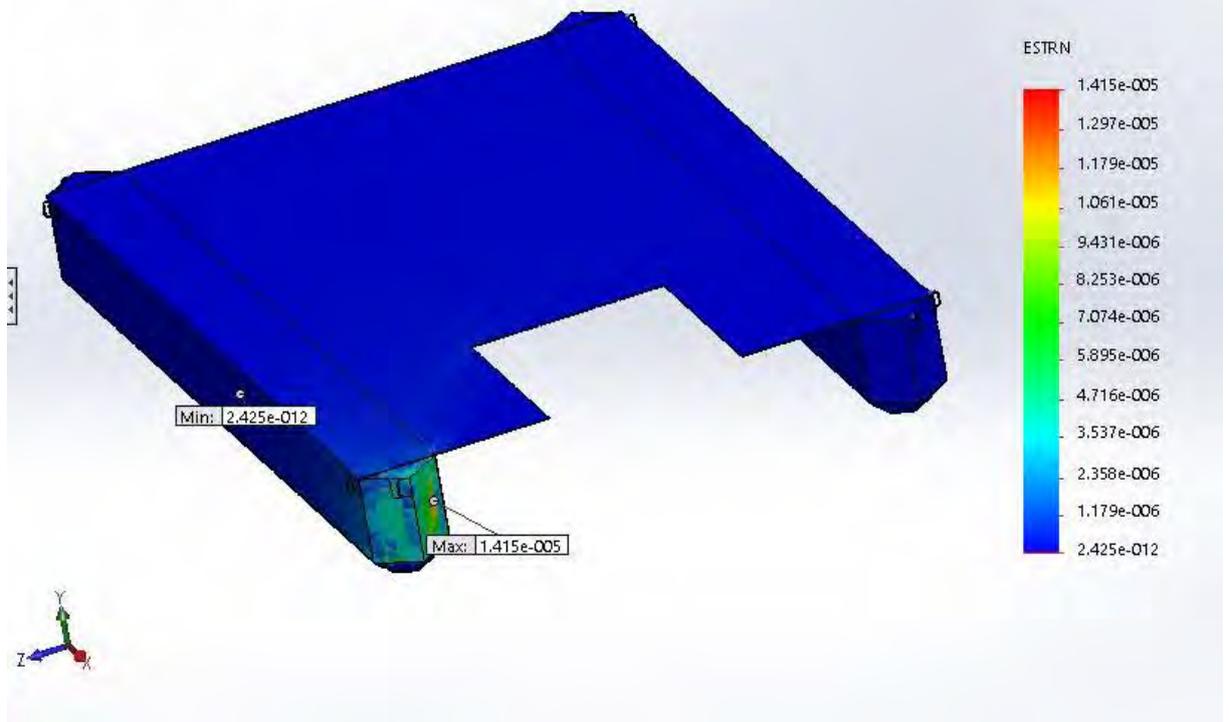
ducts **Simulation**



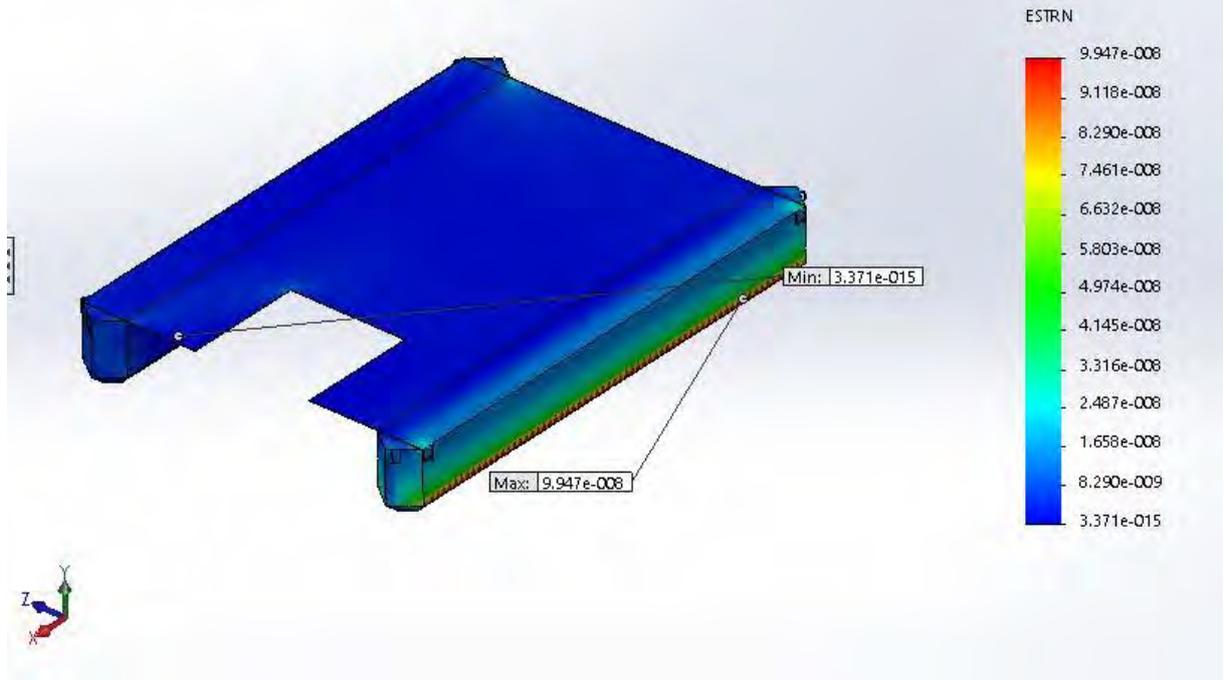
Model name: pontoon rev6 simulasi Tension  
Study name: [Heading 45-90] Lambung[-Default<As Machined>-]  
Plot type: Static displacement Displacement1



Model name: pontoon rev6 simulasi Tension  
Study name: [Heading Q] Lambung(-Default<As Machined>-)  
Plot type: Static strain Strain1



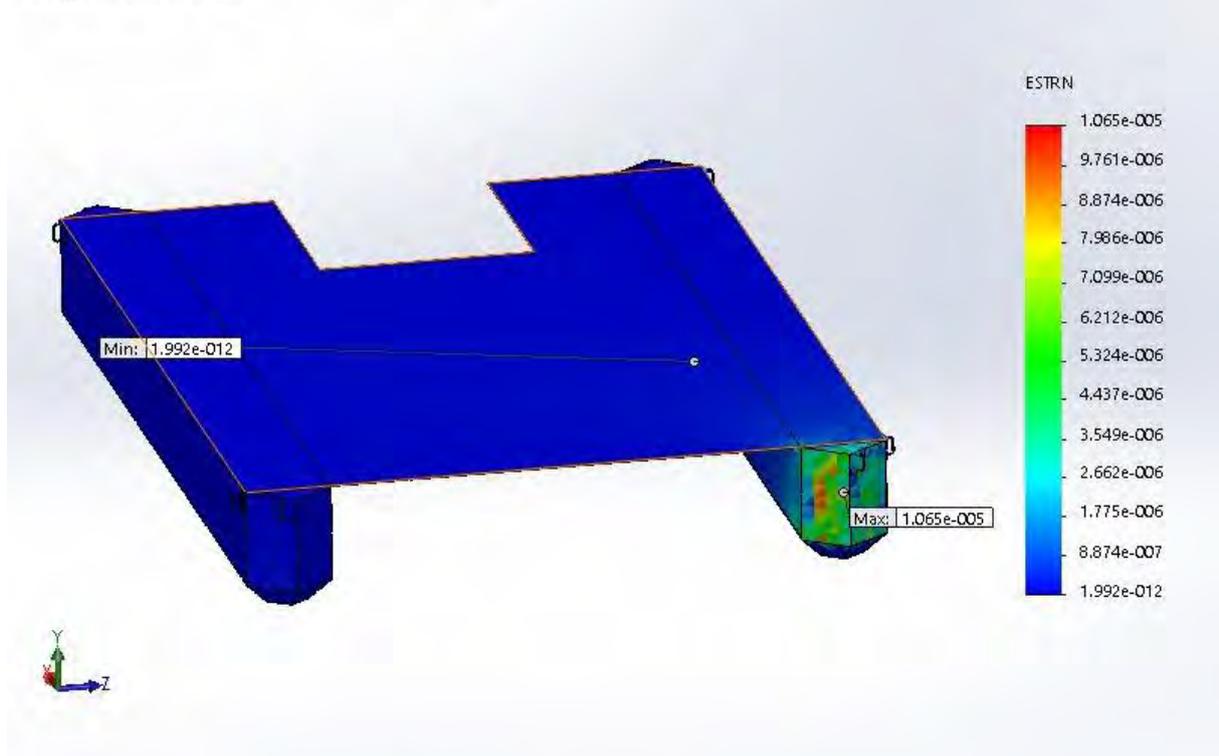
Model name: pontoon rev6 simulasi Tension  
Study name: [Heading 225-270] lambung(-Default<As Machined>-)  
Plot type: Static strain Strain1



ducts Simulation



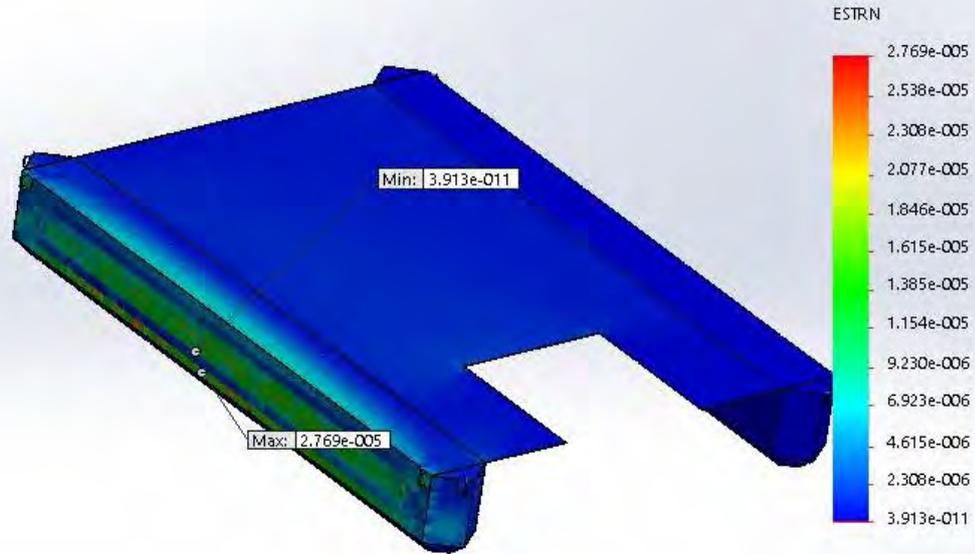
Model name: pontoon rev6 simulasi Tension  
Study name: [Heading 180] Lambung[-Default<As Machined>-]  
Plot type: Static strain Strain1



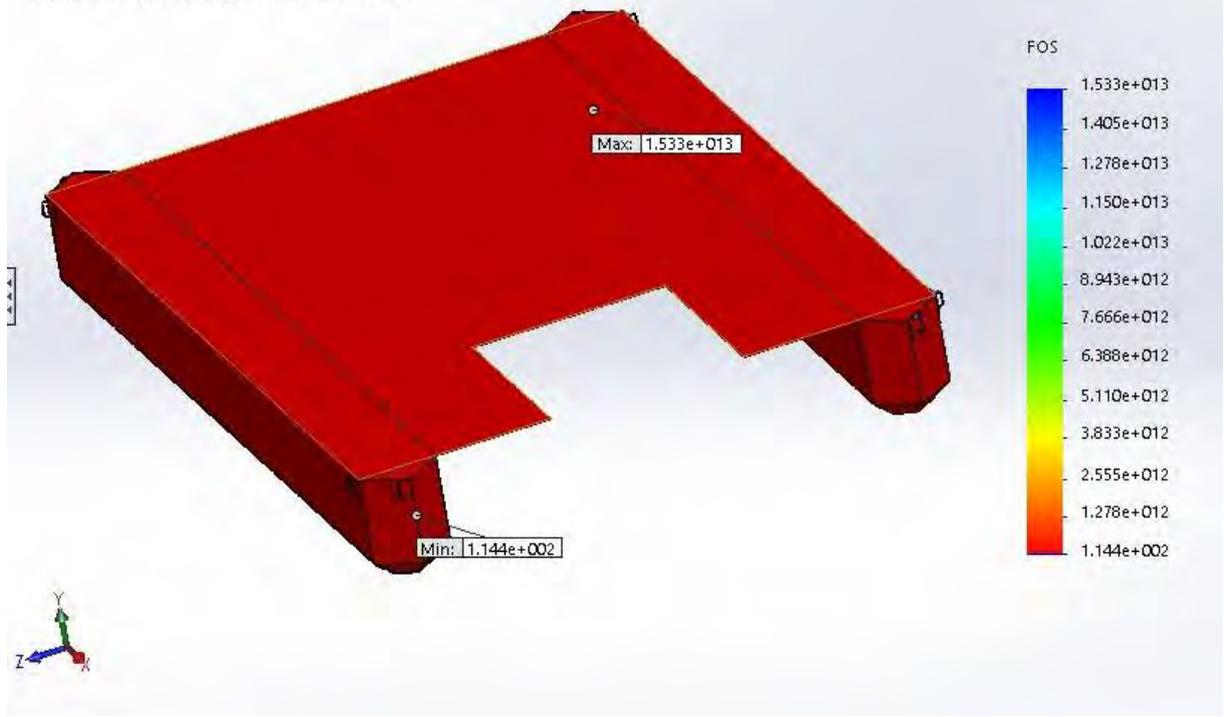
ducts Simulation



Model name: pontoon rev6 simulasi Tension  
Study name: [Heading 45-90] Lambung(-Default<As Machined>-)  
Plot type: Static strain Strain1



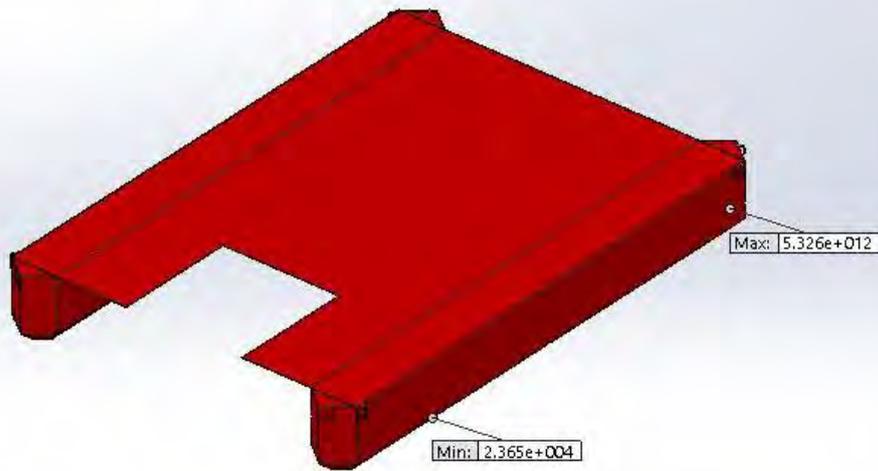
Model name: pontoon rev6 simulasi Tension  
Study name: [Heading 0] Lambung(-Default<As Machined>-)  
Plot type: Factor of Safety Factor of Safety1  
Criterion : Automatic  
Factor of safety distribution: Min FOS = 1.1e+002



ducts Simulation



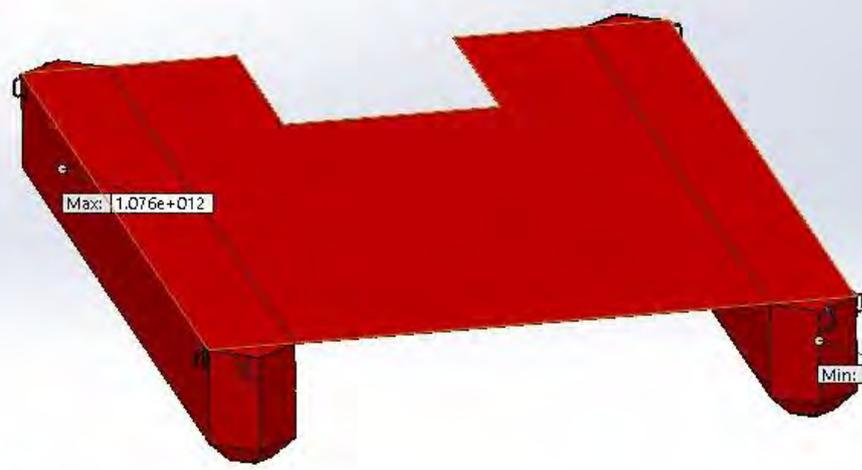
Model name: pontoon rev6 simulasi Tension  
Study name: [Heading 225-270] lambung[-Default<As Machined>-]  
Plot type: Factor of Safety Factor of Safety1  
Criterion : Automatic  
Factor of safety distribution: Min FOS = 2.4e+004



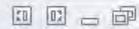
ducts Simulation



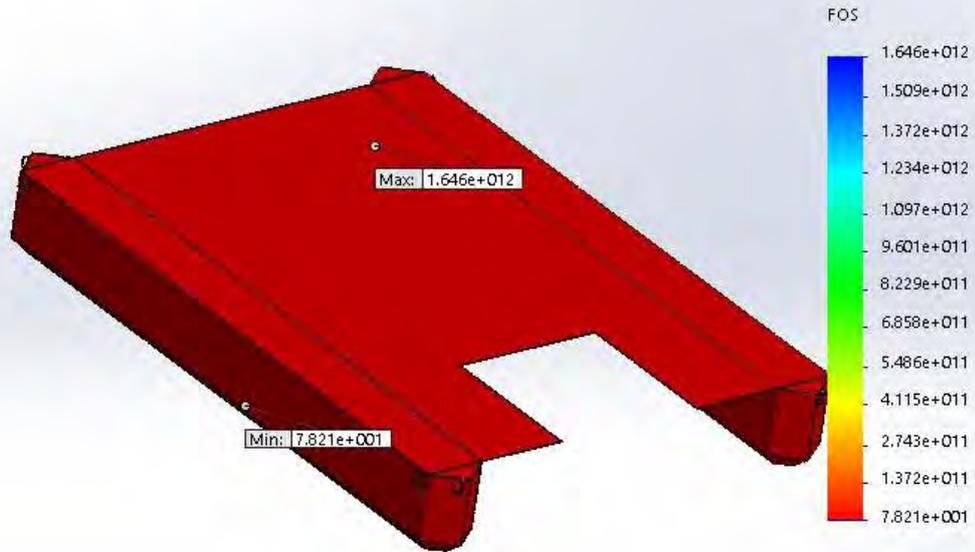
Model name: pontoon rev6 simulasi Tension  
Study name: [Heading 180] Lambung(-Default<As Machined>-)  
Plot type: Factor of Safety Factor of Safety1  
Criterion : Automatic  
Factor of safety distribution: Min FOS = 1.2e+002



Products Simulation



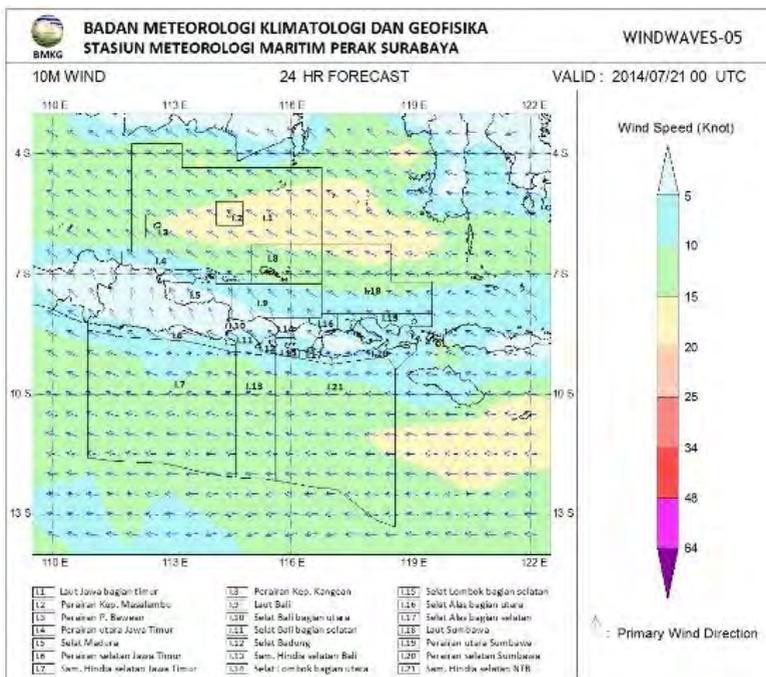
Model name: pontoon rev6 simulasi Tension  
Study name: [Heading 45-90] Lambung(-Default<As Machined>-)  
Plot type: Factor of Safety Factor of Safety1  
Criterion : Automatic  
Factor of safety distribution: Min FOS = 78



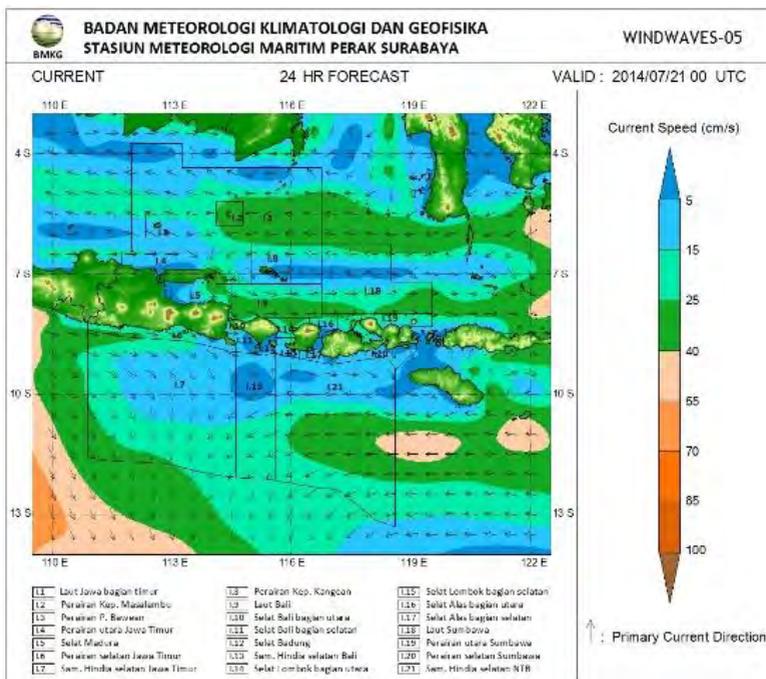




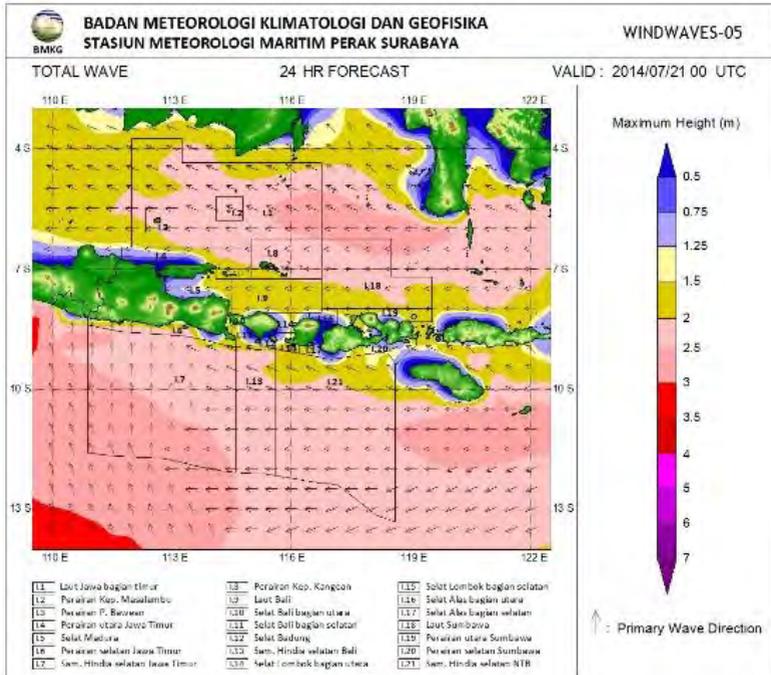
# Data Kecepatan Angin



# Data Kecepatan Arus



# Data Ketinggian Gelombang



**Modulus penampang profil bersama dengan pelat ikatnya**

Modulus [cm <sup>4</sup> ]	Profil bersama dengan pelat ikat (mm)			Ukuran konstruksi braket [mm]
				
5			– 50 x 5	
6			– 50 x 6	
7			– 50 x 7	
8				
9			– 65 x 6	
10			– 60 x 8	– 100 x 6,5
11		– 60 x 4	– 65 x 7	
12			– 75 x 6	
13		– 60 x 5	– 65 x 8	
14		– 60 x 6		
15			– 75 x 7 – 80 x 7	
16	– 60 x 40 x 5		– 75 x 8	
17				
18				
19	– 60 x 40 x 6		– 75 x 9	
20		– 80 x 5		
21	– 65 x 50 x 5		– 75 x 10	
22	– 60 x 40 x 7			
23		– 80 x 6	– 90 x 8	
24				– 100 x 6,5

Edit Vessel Data: Vessel2

Name:  Length (m):

Type:

Draught:

Initial Position:

Position (m)			Orientation (deg)		
X	Y	Z	Heel	Trim	Heading
-69.4E	59.58	0.00	0.0	0.0	0.0

Included in Static Analysis:

Primary Motion:

Superimposed Motion:



Edit Environment Data

Sea | Sealed | Waves | Waves Preview | Current | Wind | Drowning

Surface Z (m)	Kinematic Viscosity (m <sup>2</sup> /s):	Temperature (°C)
0.000	3.5% Salinity	50.000

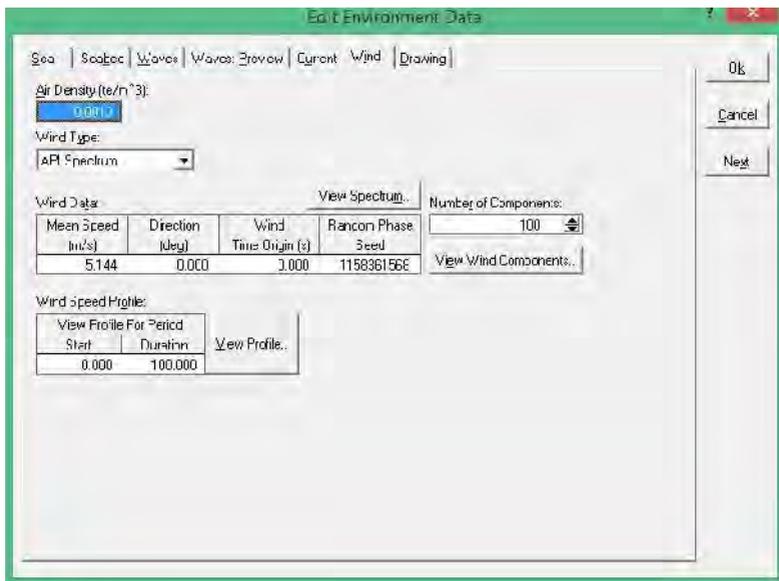
Density

Water Density Variation:	Water Density:
Constant	Density (kg/m <sup>3</sup> )
	1.025

Ok

Cancel

Next



Edit Environment Data

Sea | Seabed | Waves | Waves: Preview | Current | Wind | Drawing

Current Method:  
Interpolated

Current Data:

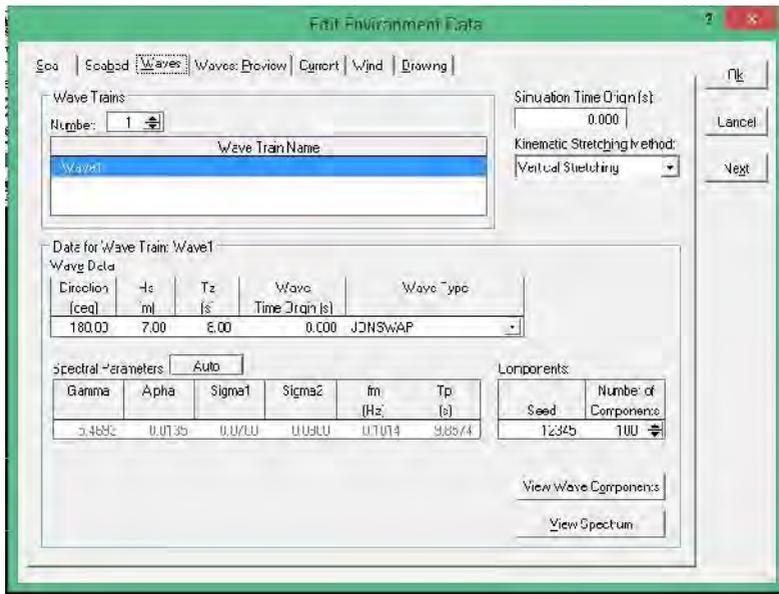
Speed (m/s)	Direction (deg)	Hamp during build-up
2.000	180.000	<input type="checkbox"/>

[View Profile](#)

Profile: 2

Number	Depth (m)	Factor	Retention (deg)
1	0.000	0.500	0.000
2	22.000	0.450	0.000

OK  
Cancel  
Next



Edit Environment Data

Sea | Seabed | Waves | **Waves: Preview** | Current | Wind | Drawing

Position:

X (m)	Y (m)
0.000	0.000

Profile:

View Profile For Period		
Start (s)	Duration (s)	View Profile
0.000	100.000	

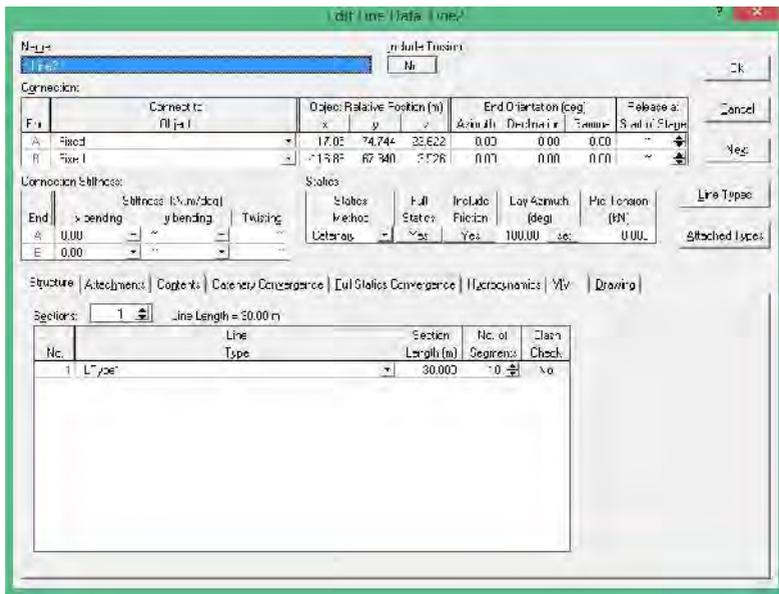
Horizontal Velocity:

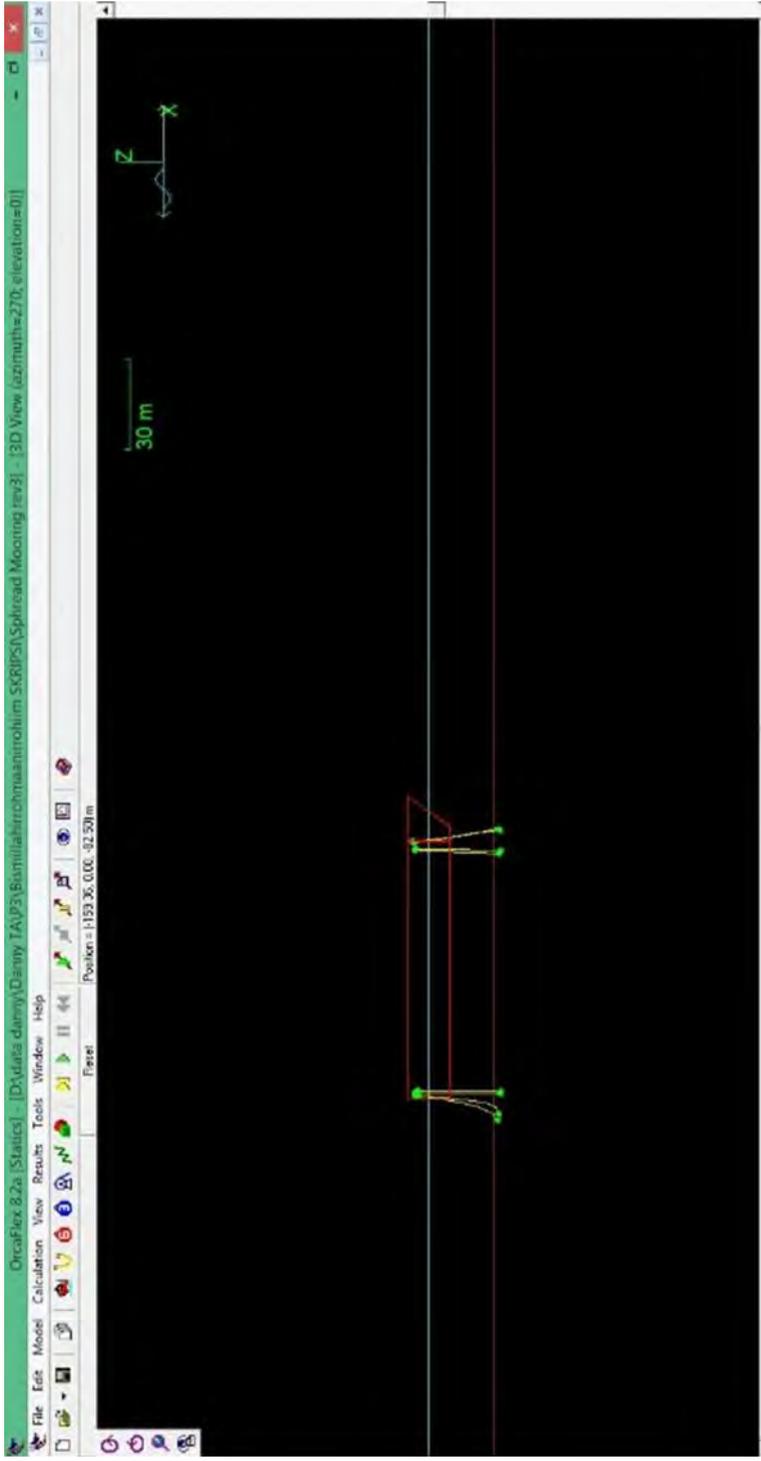
Time (s)	View Horizontal Velocity
0.000	

Events:

Period		Height	CP	Steepness	List Events
Start (s)	Duration (s)	> H (m)	> S		
3.000	1000.000	7.000	0.125		

OK  
Cancel  
Next



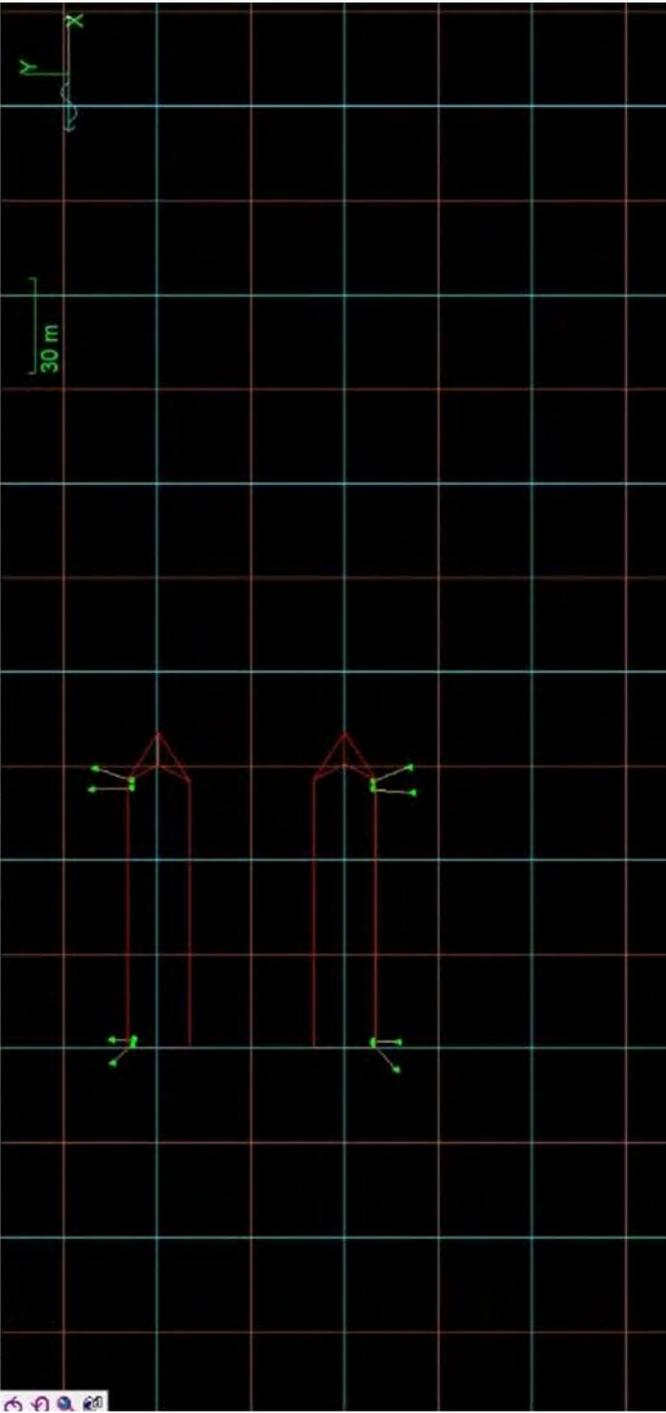


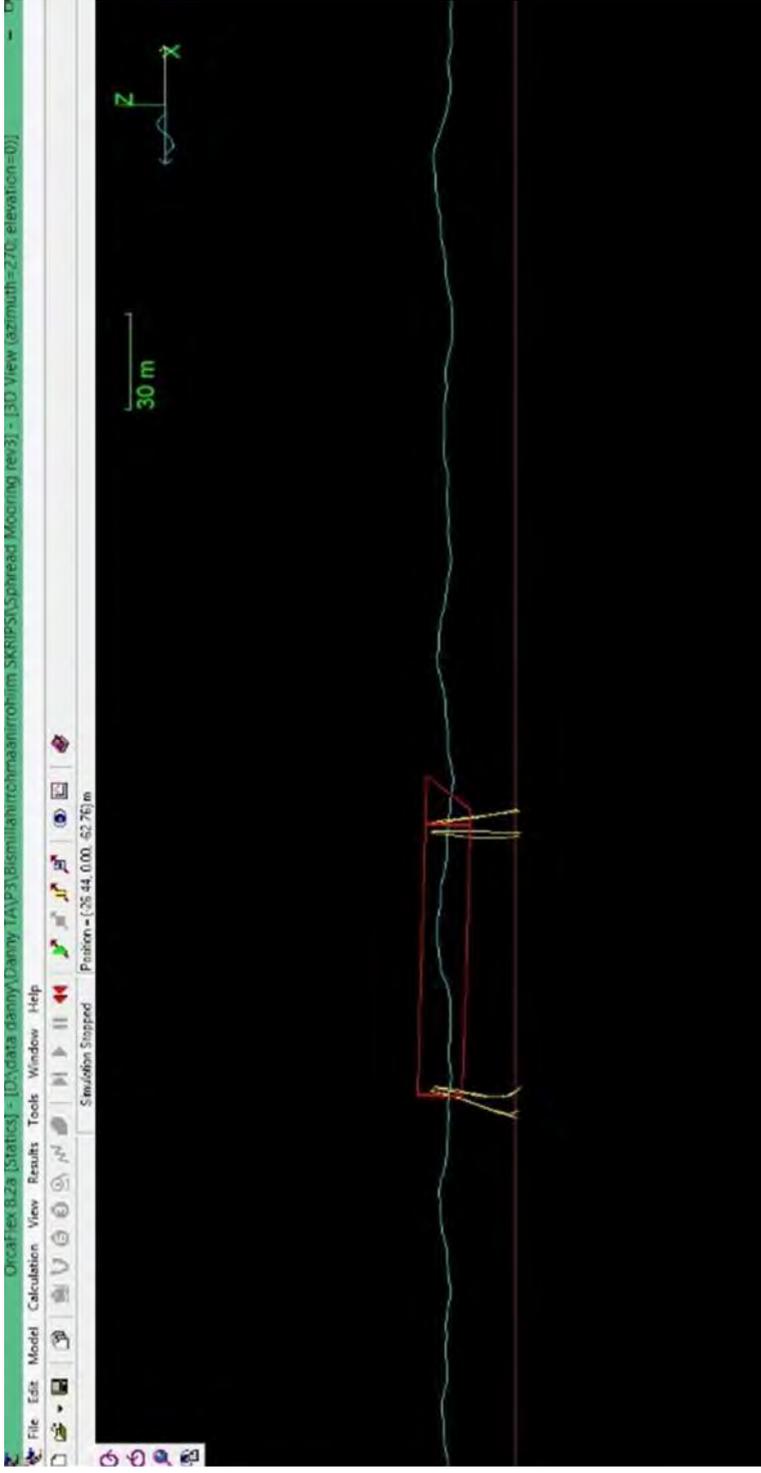
OrcaFlex 8.2a [Statistics] - [D:\data\danny\danny\_1A195\Bismillah\rohman\rohman\_SKEPSSI\Spread Mooring\_rev9] - [3D View (azimuth=270, elevation=90)]

File Edit Model Calculation View Results Tools Window Help

Plot Line2 EndA Recut

Position = [186.15, 17.99, 0.00] m





## Stainless selection

Type	ALLOYING ELEMENTS				MECHANICAL PROPERTIES								Comments
	Cr, %		Ni, %		Ultimate tensile strength, ksi		2% yield strength, ksi		Elongation, %		Hardness, HRB		
	Low	High	Low	High	Low	High	Low	High	Low	High	Low	High	
Austenitic	16	30	3	22	65	225	0	330	0	50	0	88	Proven to stress-corrosion crack, magnetic, allow cold working
Ferritic	10.5	27	None	30	125	25	80	16	35	0	100	Not heat treatable, magnetic	
Martensitic	4	18	0	2.5	60	205	30	275	3	30	0	92	Heat treatable, magnetic
Precipitation hardening	12.3	18	3	7.8	123	240	95	200	1	15	101	115	Magnetic after heat treatment
Duplex	21	29	2.5	6.5	87	170	58	80	15	30	81	107	

The properties of stainless steels depend on the concentration of chromium and nickel in their compositions. Both elements add corrosion resistance and strength.

Looking

at strength, designers should consider two parameters. One is ultimate tensile strength (UTS), the maximum tensile stress a material can endure without tearing. The other is yield strength, the tensile load per unit area required to permanently deform a material. Up to the yield point, deformation is elastic; the material returns to its original shape after the load is removed. Yield strength is usually determined as the intersection of the stress-strain curve with a line parallel to the initial straight-line portion of the curve and offset by 2% strain, often called 2% yield stress.

For both UTS and 2% yield strength, 440C stainless shines over the other steel and aluminum alloys in this comparison. 4130 alloy steel comes in a close second. Aluminums fall at the bottom in terms of UTS, but 304 stainless steel has the lowest 2% yield strength at 42.1 ksi.

## Fastener performance

PROPERTY	ALLOY STEEL	STAINLESS STEEL	% DIFFERENCE
Tensile strength, ksi	185	95	51
Yield strength, ksi	163	30	82
Maximum operating temperature (unplated), °F	550	800	31

Another property of interest is elongation, the amount a material lengthens before fracturing. Greater elongation means the material is less prone to fracture, but it often goes hand in hand with lower stiffness. Elongation is usually expressed as a percentage of the length change over the initial measured length.

Here, 304 stainless elongates the most at 55%. 440C stainless has the shortest elongation at 2%. Its martensitic structure makes it strong but brittle.

## Related

- [All articles about metals](#)
- [All articles about materials](#)
- [From the archives: Shot peening increases gear life](#)
- [Coping with foreign bore and keyway standards](#)

Shear strength, the maximum stress a material endures before it fractures, comes into play when components see off-axis forces. Shear strengths are not typically quoted for stainless steels because they are too low to have engineering value. 4130 alloy steel has shear strength around 11 ksi, lower than those for the aluminum alloys.

Hardness is a material's ability to resist scratching or indentation. Harder materials may be more durable, but they are also more difficult to machine. 440C stainless and 4130 alloy steel are the two hardest metals in this comparison.

As materials are heated, they expand. The rate of this linear expansion is the coefficient of thermal expansion (CTE). Lower CTEs let designers downplay dimensional changes as temperatures rise. Here, 440C has the lowest CTE of these five alloys at  $5.6 \times 10^{-6}$  in./in./°F between 32



Low Speed Hydro  
Turbine

Low Speed Large  
Vertical

1000kw 100rpm  
Low Speed Large

10kw 100rpm  
Vertical

30kw 750rpm  
50Hz Permanent

#### Latest Products

100rpm Low  
Speed Permanent

350kw 300rpm  
60Hz Vertical

250kw 200rpm  
50Hz Vertical

15kw 130rpm  
60Hz Vertical

90kw 100rpm  
50Hz Vertical

#### Find Similar Products By Category:

Industrial Equipment & Components > Power & Generating Sets > Hydro Generators (1127)  
Industrial Equipment & Components > Motor & Engine (14406)

#### Hot Searches:

China Generator

Motor Generator

Permanent Magnet Generator Wind

Vertical Permanent Magnet Generator

Water Generator

Small Generator

Wind Turbine Permanent Magnet

Generator Permanent Magnet Power Generator

Electric Generator

Turbine Generator

Low RPM Permanent Magnet Generator

Horizontal Permanent Magnet Generator

#### Recommended Suppliers:

China Generator Manufacturers

Motor Generator Manufacturers

Permanent Magnet Generator

Wind Manufacturers

Vertical Permanent Magnet

Generator Manufacturers

Water Generator Manufacturers

Small Generator Manufacturers

Wind Turbine Permanent Magnet

Generator Manufacturers

Permanent Magnet Power

Generator Manufacturers

Electric Generator Manufacturers

Turbine Generator Manufacturers

Low RPM Permanent Magnet

Generator Manufacturers

Horizontal Permanent Magnet

Generator Manufacturers

#### Hot Wholesale Products:

Wholesale Generator Magnet

Wholesale Magnet Turbine Generator

Wholesale Magnet For Generator

Wholesale Electric Turbine Generator

Wholesale Wind Permanent Generator

Wholesale Horizontal Magnet Generator

Made-in-China.com - The world of "Made in China" online! We provide: China Products Chinese Manufacturers/Suppliers Hot Products Index

Español Português Français Pycckий язык Italiano Deutsch Nederlands العربية 日本語 中国語

Focus Technology: Made-in-China.com cn.Made-in-China.com Site: net Trade Yellow Pages Buy.com

Copyright © 2015 Focus Technology Co., Ltd. All rights reserved.

Your use of this website constitutes acknowledgment and acceptance of our Terms & Conditions.



AVRORA  
AVRORA

## LUMINOUS PCU MPPT SMART CHARGING INVERTER 2KW – 48V – DARK GREY

Date: April 16, 2014 Posted by: administrator in: [Home & Living](#)

Produk: Luminous Pcu Mppt Smart Charging Inverter 2kw - 48v - Dark Grey  
Merek: Luminous  
Kategori: Peralatan Rumah Tangga  
Fitur:

- Pure Sine Wave
- Built-in MPPT(Maximum Power Point Tracking) Charge Controller
- Automatic charging
- Mem-backup secara otomatis
- 1-Phase Inverter

Harga: Rp 14.007.000

Preview Luminous Pcu Mppt Smart Charging Inverter 2kw - 48v - Dark Grey



Preview Luminous Pcu Mppt Smart Charging Inverter 2kw - 48v - Dark Grey



[Lazada Indonesia](#)



### CATEGORIES

- Automobiles
- Camera
- Computers & Laptops
- Consumer Electronics
- Fashion
- Health & Beauty
- Home & Living
- Home Appliances
- Lifestyle
- Media, Games & Music
- Mobiles & Tablets
- Special Promotion
- Sports & Outdoors
- Toys & Babies
- Travel & Luggage
- Watches

1/13/2016

Luminous Pcu Mppt Smart Charging Inverter 2kw - 48v - Dark Grey | Avroza



Preview Luminous Pcu Mppt Smart Charging Inverter 2kw - 48v - Dark Grey:



Preview Luminous Pcu Mppt Smart Charging Inverter 2kw - 48v - Dark Grey:





#### Paket Termasuk:

- Luminous PCU MPPT Smart Charging Inverter 2kW - 48V
- Manual book
- Kartu Garansi

#### Spesifikasi:

SKU:	LJ303H-AFOKJAWD-233399
Harga:	RP 14.007.500
Model:	Luminous PCU MPPT Inverter
Production country:	India
Ukuran (L x W x H cm):	25 x 62 x 30
Berat (kg):	3,2
Warna:	Dark Grey
Garansi produk:	2 Tahun (Servis / Penggantian Produk)

Review: Luminous merupakan inverter yang menggunakan baterai (atau lebih dikenal dengan sebutan gemuk/lensa baterai) sebagai cadangan penyimpanan listrik untuk pengisian rumah, industri, proyek, dan **BISNIS**

Luminous mem-backup secara otomatis ketika listrik padam tanpa jeda, tidak berisik, bebas polusi, dan mudah dalam perawatan. Ketika listrik menyala kembali, Luminous akan otomatis masuk ke dalam mode charging.

Getaran yang dihasilkan adalah "Pure Sine Wave" yang sama seperti getaran listrik yang dihasilkan oleh PLN.

Inverter dual axis dengan MPPT charge controller dioptimalkan khusus untuk aplikasi solar. Inverter satu fase dan tiga fase ini beroperasi secara paralel dengan jaringan listrik. Energi solar dihasilkan saat foton dari sinar matahari mengenai panel fotovoltaik. Elektron dihasilkan dalam sel fotovoltaik dan menghasilkan arus DC.

Energi listrik dalam bentuk DC ini digunakan untuk mengisi baterai melalui charge controller dan juga digunakan untuk mengangkat beban melalui inverter. PCU (Power Conditioning Unit) H3 dirancang sedemikian rupa sehingga energi tambahan yang dihasilkan oleh pembangkit listrik solar ini dapat disalurkan ke jaringan listrik.

#### Fitur:

- Solar inverter dual axis dengan MPPT charge controller
- Inverter dengan MOSFET/IGBT berkecepatan tinggi dan DSP controller
- Built-in output isolation transformer
- Memenuhi standar IEC

#### Proteksi:

- Under-voltage protection for input, output, battery & array
- Reverse polarity protection for array
- Protection for output overload, short circuit and over temperature
- MCB & surge protection at array input path

\*) Baterai Luminous dijual terpisah!

\*) Penggantian baterai/fasilitas. Jumlah baterai yang diperlukan 4 buah.



#### Produk Terkait

- Inverter 2kw - 48v dengan baterai
- Inverter 2kw - 48v dengan baterai
- Inverter 2kw - 48v dengan baterai

#### Relevan Untuk

- Inverter 2kw - 48v dengan baterai
- Inverter 2kw - 48v dengan baterai
- Inverter 2kw - 48v dengan baterai

#### Tag Produk

- Inverter 2kw - 48v dengan baterai
- Inverter 2kw - 48v dengan baterai
- Inverter 2kw - 48v dengan baterai

**Bantuan** (<https://www.tokopedia.com/bantuan>) **ComStar** (<https://www.tokopedia.com/register>)  
 Komporan Komputer (<https://www.tokopedia.com/komputer-aksesoris/komporan-komputer>)  
**Masaak** (<https://www.tokopedia.com/masaak>)  
 Aki (baterai) kering (maintenance free/MF battery) Panasonic 12v (volt) 7Ah (Amper/Ampere) 7.2Ah UPS

**Aki (baterai) kering (maintenance free/MF battery) Panasonic 12v (volt) 7Ah (Amper/Ampere) 7.2Ah UPS**  
<https://www.tokopedia.com/suaramas/aki-baterai-kering-maintenance-freemf-battery-panasonic-12v-volt-7ah-amperampere-72ah-ups>

82.35% Transaksi Sukses dari 34 Transaksi

Revisi:

Tipe Baterai  
[https://www.tokopedia.com/suaramas/akibataya\(baterai\)](https://www.tokopedia.com/suaramas/akibataya(baterai))



**Informasi Produk**

Review (17) (<https://www.tokopedia.com/suaramas/aki-baterai-kering-maintenance-freemf-battery-panasonic-12v-volt-7ah-amperampere-72ah-ups>)

• Lihat 12,2K • Brand 2,600gr  
 • 50 • Asuransi Opsional  
 • Koneksi Baru • Pemasangan Min. 1

[https://pics12.tokopedia.net/reviewimg/cache/300x300/2012/12/11/1371232/1371232\\_c11be9de-43a5-11e2-bf3c-dfe6309020.jpg](https://pics12.tokopedia.net/reviewimg/cache/300x300/2012/12/11/1371232/1371232_c11be9de-43a5-11e2-bf3c-dfe6309020.jpg)



Aki ini memiliki dimensi: P:147 x 04mm x 94 mm  
 Cocok digunakan untuk UPS (Uninterruptible power supply)  
 PS: Sementara saya tidak melayani penjualan Aki kering melalui JNE kecuali wilayah Surabaya dan sekitarnya. Sebab busanan JNE memiliki pengiriman aki kering melalui bandara Udara. Sekali lagi saya mohon maaf.

**Ringkasan review 6 Bulan Terakhir**

Nilai Rata-rata Kualitas

**4.7**  
 6 Review

(<https://www.tokopedia.com/suaramas/aki-baterai-kering-maintenance-freemf-battery-panasonic-12v-volt-7ah-amperampere-72ah-ups>)  
 (review?month\_range=6&rating=5)

(<https://www.tokopedia.com/suaramas/aki-baterai-kering-maintenance-freemf-battery-panasonic-12v-volt-7ah-amperampere-72ah-ups>)  
 (review?month\_range=6&rating=3)

(<https://www.tokopedia.com/suaramas/aki-baterai-kering-maintenance-freemf-battery-panasonic-12v-volt-7ah-amperampere-72ah-ups>)  
 (review?month\_range=6&rating=3)

(<https://www.tokopedia.com/suaramas/aki-baterai-kering-maintenance-freemf-battery-panasonic-12v-volt-7ah-amperampere-72ah-ups>)  
 (review?month\_range=6&rating=3)

**Bel**

**Rp 190.000**

Last updated Price: 4 November 2013, 13:26  
 0% OFF

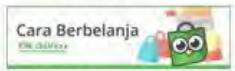
**Cicilan 0%**

3 Bulan	Rp <b>63.333</b> /Bulan
6 Bulan	Rp <b>31.667</b> /Bulan
12 Bulan	Rp <b>15.833</b> /Bulan

- Untuk kartu kredit tertentu
- Harga dan biaya di atas belum termasuk ongkos kirim dan asuransi
- • • Minimum pembelian Rp 300.000

**Tambah Ke Wishlist**

Haluskan Harga



<https://www.tokopedia.com/panduan/beli/keranjang-belanja>



<https://www.tokopedia.com/batas-peripuan>

**Catatan Toko**  
 Kebijakan Pengembalian Produk (<https://www.tokopedia.com/suaramas/note/2016>)  
 pengembalian-produk)  
 Menerima Aki kering (<https://www.tokopedia.com/suaramas/note/2974>)  
 aki-kering)  
 Pengiriman (<https://www.tokopedia.com/suaramas/note/1428>)

**Informasi Penjual**

**Suara Mas** (<http://www.tokopedia.com/suaramas>)  
 Reputasi: 5.827 Review

**Terakhir Online:** sekitar 7 jam yang lalu

**Dukungan Pengiriman**


[Home](#)
[About us](#)
[Permanent Magnet Generator](#)
[Model List](#)

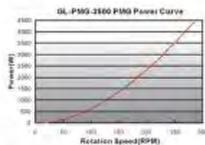
[GL-PMG-500A](#)  
[GL-PMG-1000](#)  
[GL-PMG-1500](#)  
[GL-PMG-1600](#)  
[GL-PMG-3500](#)  
[GL-PMG-5000](#)  
[GL-PMG-7500](#)  
[GL-PMG-12K](#)  
[GL-PMG-15K](#)  
[GL-PMG-20K](#)  
[GL-PMG-30K](#)  
[GL-PMG-3500 LV](#)  
[GL-PMG-057-1](#)  
[GL-PMG-057-3](#)

[Customized Design & Manufacture](#)
[Q & A](#)
[Inverter](#)
[Q & A](#)
[Controllers](#)
[Mechanical Parts](#)
[Download](#)
[Manufacture Pictures](#)
[Products and Testing Pictures](#)
[Technical Documents](#)
[Product Catalogue](#)
[Gold Tin Inverters](#)
[Wind Turbine Generators](#)
[Design & Consultant](#)
[News & Events](#)
[Career & Jobs](#)
[Ordering](#)
[After Service](#)
[Contact](#)
[GL-PMG-3500 Specification Sheet](#)
[Horizontal Mounting Type](#)
[Vertical Mounting Type](#)
[GL-PMG-3500 Features](#)

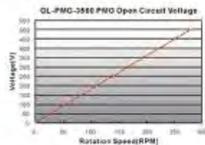
- Interface provided for protection and braking system
- Low start up speed due to low cogging and reactive torque design
- Clean, direct drive, low PGM generator
- High standard, quality components for use in hot and extreme environments for wind turbines
- High efficiency and low mechanical resonance energy loss
- Generator is designed using specially selected material and treated to resist corrosion and oxidation
- Designed for reliable and long operational lifetime under long term full output
- Designed for 20 year operation life
- Patent protected design

**Horizontal Mounting Type**

**Vertical Mounting Type**

**Power Curve**


\* The above power curve is based on the generator with fixed load. The output value with variable load is higher.

**Unloaded Voltage**


\* The voltage value is the rectified DC value.

**Outer Dimensions**



Home » blog » Spesifikasi Aki GS Astra

## Spesifikasi Aki GS Astra

Minggu, 14 Juli 2013

[Spesifikasi Aki GS Astra Premium / Hybrid / MF \(Maintenance Free\)](#)

BATTERY TYPE (Tipe Aki)	VOLT	AMPERE CAPACITY (20HR)	SIZE(mm)			
JIS STANDARD	CLD JIS		L	W	H	TH
36A19R/L	12N24-4/3	36	187	127	162	154
34B19L	..	34	187	127	203	227
32B20R/L	NS40L	32	197	129	203	227
32B20R(S)	NS40(S)	32	197	129	203	227
36B20R/L	NS40ZL	36	197	129	203	227
36B20R/L(S)	NS40ZL(S)	36	197	129	203	227
32C24R	N40	40	238	129	203	227
46B24R/L	NS60L	45	238	129	203	227
46B24R/L(S)	NS60L(S)	45	238	129	203	227
56B24L	..	45	238	129	203	227
56D23L	..	60	232	173	204	225
46D26R/L	N60L	60	260	173	204	225
56D26R/L	N60ZL	60	260	173	204	225
66D26R/L	NS70L	65	260	173	204	225
66D31R	N70	70	306	173	204	225
76D31R/L	N70ZL	75	306	173	204	225
96D31L	NX126-7L	80	306	173	204	225
105D31L	..	80	306	173	204	225
96E41R	N100	100	410	176	213	234
115E41R	..	110	410	176	213	234
115F51	N120	120	505	162	213	257
145G51	N150	150	505	222	213	257
165G51	NS200	170	500	222	213	257
186H52	N200	200	521	278	220	270
55S-98	..	55	248	173	190	190
56S-24C	..	60	306	173	190	190

Telp. 021-4027 3610 <http://www.tokoakionline.com/category/aki-mobil/gs-astra-premium/>

### Produk Terbaru



34B19L8

Rp (Hubungi CS)

Detail

Beli



GS Astra Premium N70ZL

Rp 870.000

Detail

Beli



Yuasa Patecta NS 402L5

Rp (Hubungi CS)

[Detail](#) [Beli](#)



GS Astra Hybrid NS 402

Rp 545.000

[Detail](#) [Beli](#)



GS Astra Hybrid NS 60L

Rp 585.000

[Detail](#) [Beli](#)



GS Astra Premium 55509

Rp 310.000

[Detail](#) [Beli](#)



MF 077 5-12

Rp 140.000

## BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Gresik, 29 Juli 1992, merupakan anak Kedua dari Tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di beberapa sekolah antara lain yaitu SDN Randuagung 02, SMP YIMI dan SMA SEMEN Gresik, lulus dari SMA SEMEN pada tahun 2010, penulis melanjutkan ke jenjang Diploma 3 dan diterima di Jurusan Teknik Bangunan Kapal Politeknik

Perkapalan Negeri Surabayaa melalui PMDK pada tahun 2010. Lulus Tahun 2013 dengan Gelar A.md, Penulis melanjutkan Studi di ITS dengan jenjang Lintas Jalur ke Jurusan Teknik Sistem Perkapalan. Penulis mengambil bidang studi marine *manufacturing and design* (MMD), Lulus tahun 2016 dengan gelar Sarjana Teknik. Jika ada yang kurang jelas dipersilahkan kontak E-mail Beliau, Dwarven\_999@ymail.com