

# Perancangan Mooring System Untuk Bangunan Pembangkit Energi Laut

Bayu Ekosaputro, Irfan Syarif Arief, Toni Bambang  
Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh  
Nopember (ITS)  
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia  
e-mail: [irfansya@gmail.com](mailto:irfansya@gmail.com), [tobac@its.ac.id](mailto:tobac@its.ac.id)

**Abstrak—** *Mooring system* merupakan komponen penting dalam sistem pembangkit energi laut. *Mooring system* harus dirancang agar mampu menjaga bangunan pembangkit energi laut tidak berpindah posisi. Gaya yang bekerja pada pontoon sangat berpengaruh terhadap *mooring system*. Sehingga diperlukan perancangan *mooring system* yang mampu menjaga pontoon terhadap gaya-gaya yang ada di lingkungan, dimana bangunan tersebut diletakkan. Terdapat beberapa gaya dari lingkungan yang terjadi pada pontoon, antara lain adalah gaya angin, gaya arus, gaya gelombang dan *oblique environment*. Berdasarkan data dan perhitungan, nilai gaya gaya angin sebesar 113,913 N, gaya arus dari depan 1,454 N, gaya arus dari samping 36,422 N, gaya arus pada submersible 147,662, gaya gelombang (*bow seas*) 37373,5 N, gaya gelombang (*quartering seas*) 26659,6 N, gaya gelombang (*beam seas*) 25210,3 N dan 58,543 N untuk *oblique environment*. Perancangan *mooring system* menggunakan tali sintetis yang setiap ujungnya dipasang socket. Socket akan menghubungkan pontoon ke *bridle plate*. Dari *bridle plate*, *mooring lines* terbagi menjadi 3 bagian, dengan konfigurasi mirip dengan tripod. Tegangan yang terjadi pada *mooring system* berkisar antara 0 – 10,587 N/mm<sup>2</sup>. *Factor of safety* yang terburuk terjadi pada komponen yang terhubung langsung dengan *bridle plate*

**Kata Kunci—** Mooring System, Gaya, Mooring Component, FoS

## I. PENDAHULUAN

Pencarian sumber energi alternatif yang baru terus dilakukan untuk mendapatkan sumber energi selain dari bahan bakar fosil. Potensi besar energi laut dari gelombang laut adalah contoh energi alternatif yang dapat dimanfaatkan.

Energi gelombang laut tersebut dapat digunakan sebagai pembangkit tenaga listrik dengan cara memasang bandul pada sebuah pontoon. Bandul tersebut akan bergerak akibat gelombang yang ada di laut. Bandul akan memutar gear yang akan menggerakkan rotor generator, sehingga dapat mengubah energi gelombang laut menjadi sumber energi listrik.

Pontoon yang direncanakan untuk memperoleh gerakan ayunan pada bandul akibat gelombang laut harus dikaitkan dengan sistem tambat (*mooring system*) agar pontoon tidak bergeser dan tetap berada pada posisi yang telah ditentukan. Fungsi dari *mooring system* adalah sebagai pengikat pontoon, maka harus mampu menahan gaya yang diakibatkan oleh gelombang laut. Besar dan kecilnya gaya yang timbul pada *mooring system* ini dapat terjadi akibat besarnya gelombang laut, kecepatan arus serta besarnya kecepatan angin yang terjadi pada pontoon tersebut. Kondisi air laut saat pasang juga dapat memberikan gaya yang lebih besar dari keadaan normal pada *mooring system* tersebut. Gaya yang mengenai pontoon akan memberikan tegangan terhadap *mooring system*. Dalam pemanfaatan sistem konversi energi laut menjadi energi listrik, *mooring system* cukup penting untuk menjaga agar pontoon tetap berada diposisinya. Sehingga harus dilakukan perancangan *mooring system* yang mampu menahan pontoon terhadap gaya yang timbul dari lingkungan dimana *mooring system* terpasang saat dalam keadaan normal maupun saat air laut pasang.

Adapun tujuan dari pengerjaan skripsi ini adalah

1. Dapat mengetahui besarnya nilai gaya dan arah gaya pada *mooring system* pembangkit energy laut.
2. Dapat menentukan perlengkapan apa saja yang digunakan pada *mooring system* pembangkit energy laut.
3. Dapat mengetahui berapa besar tegangan yang terjadi pada *mooring system* yang direncanakan.
4. Dapat mengetahui berapa besar safety factor *mooring system* yang direncanakan

Manfaat dari penelitian ini adalah :

Manfaat dari laporan ini adalah dapat merencanakan *mooring system* pada pembangkit energy laut sistem bandul.

## II. URAIAN PENELITIAN

### 2.1. Identifikasi dan Perumusan Masalah

Mengidentifikasi permasalahan yang terjadi untuk menentukan perumusan masalah apa saja yang akan diambil pada pembuatan laporan kali ini.

### 2.2. Studi Literatur

Mengumpulkan bahan pustaka yang terkait dengan pengerjaan tugas akhir sebagai referensi dan acuan dalam pengerjaan. Dalam tahap ini juga dilakukan pengambilan data apa saja yang akan digunakan dalam perencanaan mooring system kali ini.

### 2.3. Rencana Design

Pada tahap ini menentukan *mooring system* yang digunakan pada perencanaan kali ini. Selanjutnya menghitung berapa nilai gaya yang bekerja pada *mooring system* yang akan direncanakan. Dari data nilai gaya yang dihitung, kemudian menentukan komponen apa saja yang digunakan pada *mooring system* tersebut.

### 2.4. Pembuatan Model dan Proses Assembly

Tahap ini adalah pembuatan model per komponen yang menyusun mooring system. Dari tahap sebelumnya yang telah menentukan komponen apa saja yang digunakan serta berapa ukurannya, di buat model pada software. Dari model-model per komponen tersebut selanjutnya disusun atau disassembly sesuai dengan perencanaan yang telah dilakukan.

### 2.5. Simulasi Model

Dengan menggunakan software solidwork, selanjutnya model yang telah diassembly, dilakukan pengujian atau disimulasi. Pengujian atau simulasi model dilakukan dengan memberikan gaya yang telah dihitung sesuai dengan data yang didapatkan.

### 2.6. Pengumpulan Data dan Pengolahan Data

Pengumpulan data merupakan data hasil simulasi model. Tahap ini adalah mengumpulkan data berdasarkan simulasi yang telah dilakukan. Dari simulasi tersebut akan diketahui nilai kekuatan beberapa komponen *mooring system* yang dirancang terhadap gaya dan beban yang telah dihitung. Dari simulasi tersebut juga akan diambil nilai dari *factor of safety* serta tegangan yang mungkin terjadi pada *mooring system* yang telah direncanakan. Sehingga dari data simulasi yang didapatkan, dapat menjawab perumusan masalah yang telah diambil.

### 2.7. Kesimpulan dan Saran

Pada tahap akhir akan dibuat kesimpulan yang merupakan hasil akhir dari pengerjaan tugas akhir ini. Dan juga memberikan inti informasi penting dari seluruh pembuatan tugas akhir ini. Serta memberikan saran apa saja yang mungkin dapat membuat laporan dan perancangan mooring system kali ini lebih baik dari sebelumnya.

## III. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Data Ponton

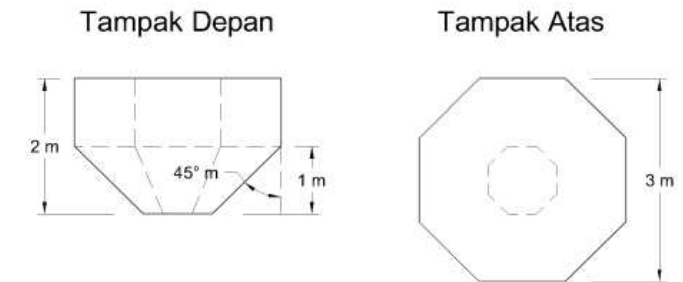
Model pontoon yang akan digunakan dalam perancangan mooring system untuk bangunan pembangkit energi laut kali ini menggunakan model pontoon yang telah dirancang pada laporan tugas akhir sebelumnya dengan judul “Analisa Perbandingan Gerakan Pontoon Model Tripod Siku-siku dengan Sama Kaki Untuk Energi Gelombang Sistem Bandulan.” Ilustrasi pontoon yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4.1. dan Gambar 4.2. dengan bentuk persegi delapan dan ukuran pontoon sebagai berikut :

Tinggi = 2 meter

Sarat = 1 meter

Panjang = 3 meter

Lebar = 3 meter [1]



Gambar 3.1. Dimensi ponton segidelapan

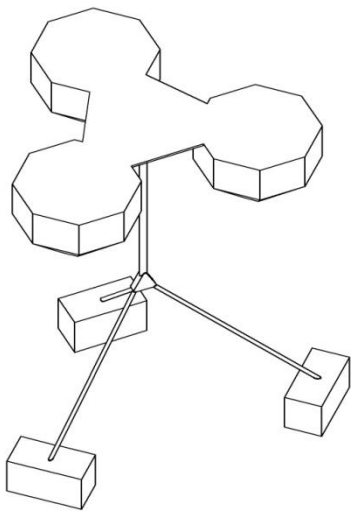
### 3.2. Data Lingkungan

Untuk menghitung nilai gaya yang bekerja pada mooring system dibutuhkan beberapa data lingkungan yang berpengaruh. Perencanaan letak dari pontoon ini di Perairan Utaran Jawa Timur. Data lingkungan dalam perancangan mooring system kali ini antara lain adalah : [2] [3] [4]

- $V_w$  = Kecepatan angin  
 $= 10 \text{ Knot} (1 \text{ Knot} = 0,5144 \text{ m/s})$   
 $= 5,144 \text{ m/s} \dots\dots\dots[4.1]$
- $V_c$  = Kecepatan arus  
 $= 15 \text{ cm/s}$   
 $= 0,15 \text{ m/s} \dots\dots\dots[4.2]$
- $H_s$  = Tinggi gelombang  
 $= 1,5 \text{ m} \dots\dots\dots[4.3]$

### 3.3. Perencanaan Mooring System

Mooring system yang direncanakan kali ini menggunakan sistem Single Point Mooring. Dengan satu tali terhubung dengan plat yang menghubungkan pontoon tripod. Sedangkan ujung tali yang satunya terhubung dengan Bridle Plate yang membagi tali menjadi 3 bagian. Dimana masing – masing ujung tali terhubung dengan jangkar yang berada di dasar laut.

Gambar 3.2. Ilustrasi *Mooring System*

### 3.4. Gaya yang Mengenai Badan Ponton

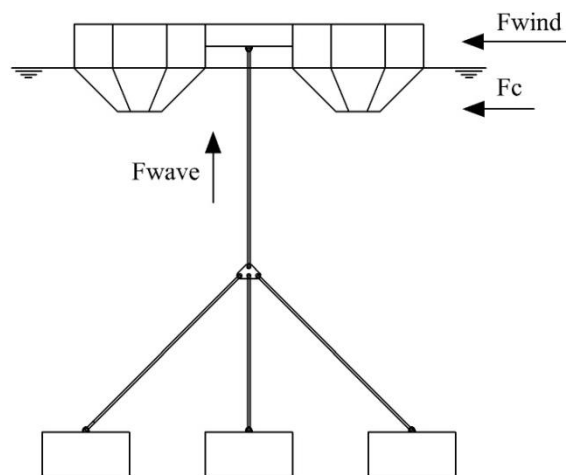
Terdapat beberapa gaya yang bekerja pada mooring system karena efek lingkungan dimana pontoon diletakkan. Gaya yang mengenai pontoon dan besarnya sebagai berikut :

- Gaya angin (wind force) sebesar 113,913 N.
- Gaya arus (current force)
  - o Pada bagian depan benda sebesar 1,454 N.
  - o Pada bagian samping benda sebesar 36,422 N.
  - o Pada bagian submersible sebesar 147,662 N.
- Gaya gelombang (wave force)
  - o Untuk bow seas sebesar 37373,5 N.
  - o Untuk quartering seas sebesar 26659,6 N.
  - o Untuk bow seas sebesar 25210,3 N.
- Oblique environment sebesar 58,543 N.

Komponen yang digunakan pada mooring system antara lain, tali sintetis dengan bahan nylon, socket jenis open sockets, swivel jenis jaw end swivel, shackle jenis round pin shackle type D, bridle plate (delta) dan jangkar jenis gravity anchor.

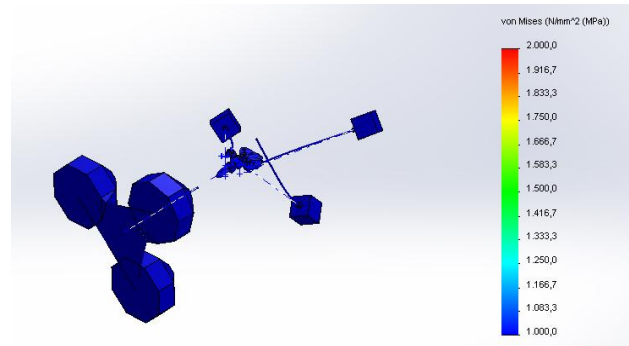
### 3.5. Arah Gaya

Sketsa arah gaya yang terjadi pada perancangan mooring system.

Gambar 3.3. Sketsa arah gaya pada *mooring system* pandangan depan

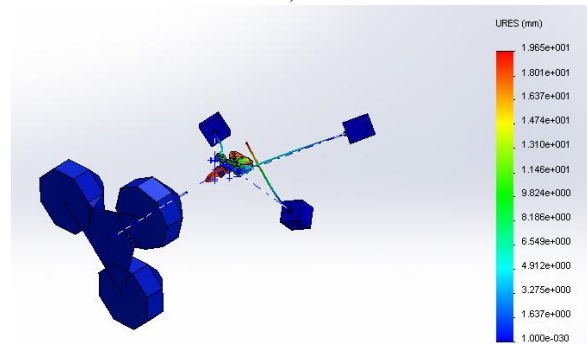
### 3.6. Hasil Simulasi

Model yang telah *diassembly*, dilakukan pemberian gaya yang mengacu pada rujukan hasil perhitungan 4.4, 4.5, 4.6, 4.7, 4.8, 4.9, 4.10. dan sketsa arah gaya yang mengacu pada Gambar 4.7 dan 4.8. Proses *meshing* dilakukan setelah gaya telah diberikan ke model yang dibuat. Ukuran dari proses *meshing* berkisar antara 160 – 800 mm. Semakin kecil ukuran yang diambil untuk proses *meshing*, maka hasil dari simulasi semakin sedikit kesalahan.

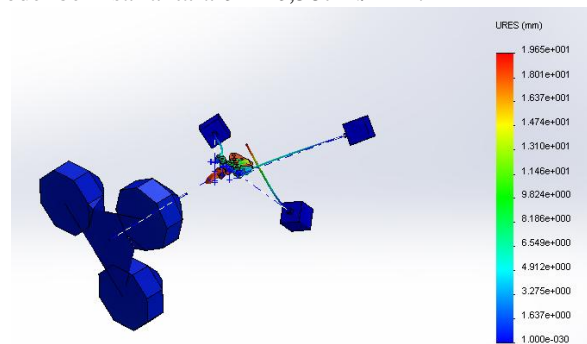


Gambar 3.4. Hasil Simulasi Tegangan

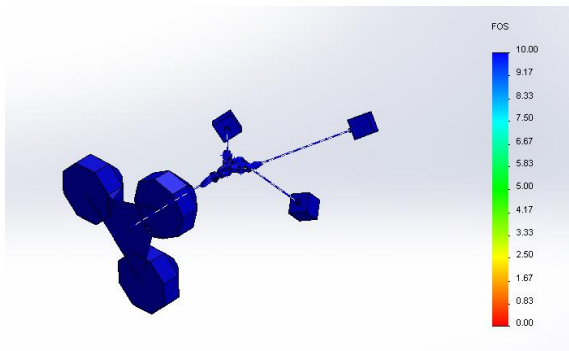
Dari hasil simulasi, didapatkan nilai dari tegangan pada model berkisar antara 0 – 10,587 N/mm<sup>2</sup>.

Gambar 3.5. Hasil Simulasi *URES: Resultant Displacement*

Dari hasil simulasi, didapatkan nilai dari tegangan pada model berkisar antara 0 – 10,587 N/mm<sup>2</sup>.

Gambar 3.6. Hasil Simulasi *Equivalent Strain*

Equivalent strain maksimal terjadi pada socket dan ujung – ujung tali yang dekat dengan bridle plate. Sedangkan nilai minimal dari strain berada pada socket dan tali yang dekat dengan pontoon serta jangkar.



Gambar 3.7. Hasil Simulasi *Factor of Safety*

Factor of safety pada simulasi model mempunyai nilai minimal 58,602. Nilai maksimal dari factor of safety terletak di ujung tali yang menghubungkan ke socket dan pada kontak yang terjadi di bridle plate.

Dari semua hasil simulasi pada model, menggambarkan bahwa nilai resultan displacement, strain dan factor of safety yang terburuk terjadi pada komponen-komponen yang terhubung langsung dengan bridle plate. Selain itu, juga terjadi pada ujung-ujung tali pada socket yang terhubung ke bridle plate. Hal ini bisa terjadi, karena bridle plate yang menahan gaya dan tegangan pertama kali sebelum ke jangkar. Ponton yang terkena gaya akan mendistribusikan gaya ke bridle plate, dan jangkar pada mooring system kalin ini bersifat hanya menahan agar pontoon tidak bergeser terbawa arus.

#### IV. KESIMPULAN/RINGKASAN

Dari hasil perancangan mooring system untuk bangunan pembangkit energi laut yang dilakukan penulis, didapatkan hasil berikut : Terdapat beberapa gaya yang bekerja pada mooring system karena efek lingkungan dimana pontoon diletakkan. Gaya yang mengenai pontoon dan besarnya sebagai berikut :

- Gaya angin (wind force) sebesar 113,913 N.
- Gaya arus (current force)
  - o Pada bagian depan benda sebesar 1,454 N.
  - o Pada bagian samping benda sebesar 36,422 N.
  - o Pada bagian submersible sebesar 147,662 N.
- Gaya gelombang (wave force)
  - o Untuk bow seas sebesar 37373,5 N.
  - o Untuk quartering seas sebesar 26659,6 N.
  - o Untuk bow seas sebesar 25210,3 N.
- Oblique environment sebesar 58,543 N.

Arah gaya horizontal yang terjadi pada mooring system adalah gaya angin dan gaya arus. Sedangkan arah gaya vertical yang terjadi pada mooring system adalah gaya gelombang.

Komponen yang digunakan pada mooring system antara lain, tali sintetis dengan bahan nylon, socket jenis open sockets, swivel jenis jaw end swivel, shackle jenis round pin shackle type D, bridle plate (delta) dan jangkar jenis gravity anchor.

Mooring system yang dirancang berbentuk seperti tripod. Dengan satu tali yang ujungnya terhubung dengan pontoon dan ujung satunya terhubung dengan bridle plate. Bridle plate akan membagi tali menjadi 3 bagian yang akan terhubung dengan jangkar di laut.

Hasil simulasi menggambarkan nilai dari tegangan berkisar antara 0 – 10,587 N/mm<sup>2</sup>. Nilai factor of safety dan strain yang terburuk terletak pada mooring component yang terhubung ke bridle plate dan ujung tali yang terhubung pada socket.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Nafis, M.I. (2014). Analisa Perbandingan Gerakan Ponton Tripod Model Siku-Siku Dengan Sama Kaki Untuk Energi Gelombang Sistem Bandulan. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [2] 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]
- [3] [8] 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]
- [4] 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]