



**TUGAS AKHIR - MO 141326**

**DESAIN AQUACULTURE DENGAN MENGGUNAKAN PIPA  
HDPE UNTUK BUDIDAYA IKAN BARONANG**

**Muhammad Hafiz Aziz  
NRP. 4311100053**

**Dosen Pembimbing  
Dr. Eng. Yeyes Mulyadi, S.T., M.Sc.  
Dr. Nur Syahroni, S.T., M.T.**

**JURUSAN TEKNIK KELAUTAN  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2015**



**FINAL PROJECT - MO 141326**

**AQUACULTURE DESIGN USING HDPE PIPE FOR  
BARONANG FISH FARMING**

**Muhammad Hafiz Aziz  
NRP. 4311100053**

**Supervisors**

**Dr. Eng. Yeyes Mulyadi, S.T., M.Sc.  
Dr. Nur Syahroni, S.T., M.T.**

**DEPARTMENT OF OCEAN ENGINEERING  
Faculty of Marine Technology  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2015**

**DESAIN *AQUACULTURE* DENGAN  
MENGUNAKAN PIPA HDPE UNTUK BUDIDAYA  
IKAN BARONANG**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Pada

Program Studi S-1 Jurusan Teknik Kelautan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**MUHAMMAD HAFIZ AZIZ**

NRP. 4311 100 053

Disetujui Oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1. Dr. Eng. Yeyes Mulyadi, S.T., M.Sc.....(Pembimbing 1)

2. Dr. Nur Syahroni, S.T., M.T.....(Pembimbing 2)

SURABAYA, 28 JULI 2015



# DESAIN *AQUACULTURE* DENGAN MENGUNAKAN PIPA HDPE UNTUK BUDIDAYA IKAN BARONANG

Nama Mahasiswa : Muhammad Hafiz Aziz  
NRP : 4311 100 053  
Jurusan : Teknik Kelautan FTK – ITS  
Dosen Pembimbing : Dr. Eng. Yeyes Mulyadi, S.T., M.Sc  
Dr. Nur Syahroni, S.T., M.T

## Abstrak

Penangkapan ikan di pesisir Laut Jawa Indonesia sudah tergolong berlebihan Hal itu menjadi sebab menurunnya produktifitas nelayan. *Aquaculture* merupakan solusi yang tepat untuk mengatasi permasalahan tersebut. *Aquaculture* adalah sarana budidaya untuk berbagai macam hewan atau tumbuhan perairan yang menggunakan air sebagai komponen pokoknya secara terkontrol. Tujuan utama studi eksperimen ini adalah untuk mendesain struktur *Aquaculture* dan konfigurasi yang tepat untuk budidaya ikan baronang. Struktur *Aquaculture* yang di desain pada tugas akhir ini merupakan struktur terapung berbentuk lingkaran dengan menggunakan pipa berbahan dasar HDPE yang ditambatkan ke dasar laut. Konfigurasi sistem tambatnya menggunakan sistem catenary.

Dalam pengerjaan tugas akhir ini dilakukan perhitungan *floating condition* struktur untuk menentukan ukuran pipa yang akan digunakan. Untuk permodelan struktur dan *mooring* menggunakan perangkat lunak. Permodelan struktur dilakukan untuk mengetahui respon dinamis pada kondisi *free floating* dan tertambat sedangkan permodelan *mooring* dilakukan untuk mengetahui *tension mooring line*. Setelah mengetahui *tension mooring line* dilakukan pengecekan apakah *mooring line* yang dipakai aman atau tidak.

Dari hasil eksperimen ini didapatkan ukuran keseluruhan struktur berdiameter 10 m dengan ukuran pipa, yang paling besar yaitu OD 24” sedangkan yang paling kecil yaitu OD 10”. Untuk hasil analisa *tension mooring line*, *tension* terbesar terjadi pada  $\mu=180^\circ$  yaitu pada *Mooring Line A* sebesar 28,25 KN, *Mooring Line B* sebesar 0,77 KN, *Mooring Line C* sebesar 0,34 KN, dan *Mooring Line D* sebesar 0,34 KN. Hasil perhitungan *Safety Factor* dengan menggunakan *tension* terbesar pada *mooring line* adalah 9,41. Menurut rule API RP 2SK 1996 hasil perhitungan *safety factor* harus lebih besar dari 1,67. Karena hasil perhitungan memenuhi dapat dikatakan bahwa *Mooring Line* yang telah di desain aman.

Kata kunci – *Aquaculture*, Ikan Baronang Pipa HDPE, *Mooring Line*, *Tension*.



## AQUACULTURE DESIGN USING HDPE PIPE FOR BARONANG FISH FARMING

Name : Muhammad Hafiz Aziz  
NRP : 4311 100 053  
Department : Teknik Kelautan FTK – ITS  
Supervisors : Dr. Eng. Yeyes Mulyadi, S.T., M.Sc  
Dr. Nur Syahroni, S.T., M.T

### Abstact

Fishing on the coast of Java Sea, Indonesia is considered excessive. It was the cause of declining fishermen productivity. Aquaculture is the right solution to overcome these problems. Aquaculture is the cultivation medium for a wide range of aquatic animals or plants that use water as a principal component in a controlled manner. The main objective of this experimental study is to design the structure of Aquaculture and the right configuration for fish farming Baronang. Aquaculture structures that are designed in this final project is a floating structure with a circular shape using a pipe made from HDPE were moored to the seabed. mooring system configuration using catenary system.

In this final project, floating condition calculations performed to determine the size of the pipe to be used. For modeling the structure and mooring using the software. Structure modeling was conducted to determine the dynamic response of free floating condition and moored condition while mooring modeling conducted to determine the mooring line tension. After knowing the mooring line tension to be checked whether the mooring line used is safe or not. After knowing the mooring line tension, checking whether the mooring line used is safe or not.

From these experimental results obtained overall size of the structure diameter is 10 m and for the pipe sizes, the largest is the OD 24 "while most smaller: OD 10". For the analysis results mooring line tension, the biggest tension occurred at  $\mu = 180^\circ$  is on Mooring Lines A amounted to 28,25 KN, Mooring Line B is 0,77 KN, Mooring Lines C is 0,34 KN, and Mooring Lines D amounted to 0,34 KN. Safety Factor calculation results using the largest Tension in mooring line is 9,41. According to the rules of API RP 1996 2SK, safety factor calculation results must be greater than 1,67. Because the calculation result is greater than 1,67 so it can be said that the design of Mooring Line is safe.

Keywords: Aquaculture, Baronang Fish, HDPE Pipe, Mooring Line, Tension.



## KATA PENGANTAR

*Bismillahirrahmanirrahim*

*Assalamu'alaikum Wr. Wb.*

Alhamdulillah, puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat serta hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik dan lancar. Tugas Akhir ini berjudul “Desain *Aquaculture* Dengan Menggunakan Pipa HDPE Untuk Budidaya Ikan Baronang”

Tugas Akhir ini disusun guna memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan Studi Kesarjanaan (S-1) di Jurusan Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan (FTK), Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS). Tugas Akhir ini mendesain desain *Aquaculture* yang tepat serta desain mooring yang tepat untuk budidaya ikan Baronang.

Saya menyadari dalam penulisan laporan ini masih banyak kekurangan, oleh karena itu saran dan kritik sangan penulis harapkan sebagai bahan penyempurnaan laporan selanjutnya. Penulis berharap semoga laporan ini bermanfaat bagi perkembangan teknologi di bidang rekayasa kelautan, bagi pembaca umumnya dan penulis khususnya.

*Billahittaufiq wal Hidayah*

*Wassalamu'alaikum Wr. Wb.*

Surabaya, 28 Juli 2015

Penulis



## UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam pengerjaan Tugas Akhir ini penulis tidak terlepas dari bantuan serta dorongan moral maupun material dari banyak pihak secara langsung maupun tidak langsung. Penulis sangat berterimakasih kepada semua pihak yang telah membantu diantaranya

1. Allah SWT karena telah melancarkan dan memberikan begitu banyak nikmat serta karunianya sehingga saya bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Orang tua dan keluarga yang tak lelah memberikan support, dukungan, motivasi, dan doanya sehingga saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan lancar.
3. Bapak Dr. Eng. Yeyes Mulyadi, S.T., M.Sc, dan Bapak Dr. Nur Syahroni, S.T., M.T atas bimbingan dan ilmu-ilmunya dalam pengerjaan tugas akhir ini.
4. Bapak Drs. M. Musta'in. M,Sc. Ph.D. Selaku Dosen wali penulis yang telah memberikan support dan motivasi kepada penulis.
5. Bapak Suntoyo, S.T.,M.Eng,P.hD selaku Ketua Jurusan Teknik Kelautan ITS.
6. Kawan Kawan The Trident (2011) yang saling mendukung dan saling bahu membahu dalam mencapai kesuksesan bersama.
7. Seluruh pihak – pihak terkait secara langsung maupun tidak langsung atas terwujudnya tugas akhir ini, saya ucapkan terimakasih. Dan apabila ada suatu hal yang selama ini tidak berkenaan di hari, penulis mohon maaf yang sebesar-besarnya.





## DAFTAR ISI

**LEMBAR PENGESAHAN** iii

**ABSTAK** iv

**KATA PENGANTAR** vi

**UCAPAN TERIMA KASIH** vii

**DAFTAR ISI** viii

**DAFTAR GAMBAR** xi

**DAFTAR TABEL** xii

### **BAB 1 PENDAHULUAN**

1.1 Latar Belakang 1

1.2. Perumusan masalah 3

1.3 Tujuan 3

1.4 Manfaat 3

1.5 Batasan Masalah 3

1.6 Gambaran Umum Lokasi Penelitian 4

### **BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI**

2.1 Tinjauan Pustaka 5

2.2 Manfaat Aquaculture 6

2.3 Kendala Aquaculture 6

2.4 Integrated Multi Tropic Aquaculture (IMTA) 6

2.5. Dasar Teori 7

2. 5.1. Ikan Baronang 7

2.5.2. Ganggang Laut 11

2.5.3. Pipa 15

2.5.4. Jaring Aquaculture 16

2.5.5. Jari Jari Girasi 16

2.5.6. Hukum Archimedes 16

2.5.7. Gerakan Pada Bangunan Apung 17

2.5.8. Respon Bangunan Apung dalam Enam Derajat Kebebasan 20



2.5.9. Karakteristik Gelombang	21
2.5.10. Penentuan Teori Gelombang	21
2.5.11. Spektrum Gelombang	22
2.5.12. Response Amplitude Operator (RAO)	23
2.5.13. Spektrum Respon	24
2.5.14. Perhitungan Gaya Gelombang	24
2.5.15. Konsep Pembebanan	26
2.5.16. Konsep Mooring	27
2.5.17. Tegangan Tali Tambat	28
<b>BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1. Metode Penelitian	31
3.2. Penjelasan Diagram Alir Metodologi Penelitian	33
<b>BAB 4 DATA DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1. Data Yang Digunakan Untuk Perhitungan	37
4.1.1. Data Pipa	37
4.1.2. Data Ikan	38
4.1.3. Kerang dan Rumput Laut	39
4.1.4. Beban Hidup	39
4.1.5. Data Lingkungan	39
4.2. Perancangan Awal dan Perhitungan Bouyancy dan Gaya Berat Stuktur	40
4.2.1. Penentuan Konsep Desain Aquaculture	40
4.2.2. Konsep Desain Aquaculture	41
4.2.3. Pemilihan Ukuran Pipa HDPE	45
4.1.4. Jaring dan Pemberat	45
4.2.5. Perhitungan Floating Condition	46
4.2.6. Gaya Beray dan Bouyancy Stuktur	50
4.2.7. Floating Condition	52
4.3. Analisa Permodelan Komputer	53
4.3.1. Model	53
4.3.2. Geometri	53



4.3.3. Mesh	54
4.4. RAO Free Floating dan Tertambat	55
4.4.1. Data Gelombang	55
4.4.2. RAO Free Floating	55
4.4.3. Permodelan dan Analisa Mooring	57
4.4.4. Wire Rope	58
4.4.5. Clump Weight	59
4.5. Solusi Untuk Analisa Mooring	59
4.5.1. RAO Tertambat	59
4.5.2. Spektrum Gelombang	62
4.5.3. Respon Struktur Pada Gelombang Irreguler	62
4.5.4. Pemilihan Mooring Line	64
<b>BAB 5 KESIMPULAN</b>	
5.1. Kesimpulan	67
5.2. Saran	67
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	69
<b>LAMPIRAN</b>	71



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Topografi Gili Ketapang	4
Gambar 2. Salah Satu Jenis Akuakultur	6
Gambar 3. Sistem IMTA	7
Gambar 4. Salah Satu Jenis Ikan Baronang	8
Gambar 5. Salah Satu Jenis Ganggang Laut	11
Gambar 6. Keramba Akuakultur Jaring Apung Dengan Menggunakan Kayu	14
Gambar 7. Keramba Akuakultur Jaring Apung Dengan Menggunakan Pipa	14
Gambar 8. Pipa HDPE	15
Gambar 9. Grafik Region of Validity (API RP 2A-WSD, 2007)	22
Gambar 10. Konfigurasi Sistem Tambat Tipe Catenary	28
Gambar 11. Konfigurasi Sistem Tambat Tipe Taut Leg	28
Gambar 12. Pipa HDPE	35
Gambar 13. Aquaculture Tipe Spar	38
Gambar 14. Aquaculture Tipe Semisubmersible	39
Gambar 15. Tension Leg Aquaculture	39
Gambar 16. Circle Cage Aquaculture	39
Gambar 17. Circle Cage Aquaculture	40
Gambar 18. Sketsa Desain Circle Cage Aquaculture	40
Gambar 19. Jaring dan Pemberat	44
Gambar 20. Spesifikasi Pipa Pada Sangkar Akuakultur	45
Gambar 21. Pipa 1	45
Gambar 22. Pipa 2	46
Gambar 23. Pipa 3	47
Gambar 24. Pipa 4	47
Gambar 25. Pipa 5	48
Gambar 26. Geometri 3D Struktur Pada AutoCAD 2014	51
Gambar 27. Tampak Atas Geometri 3D Struktur Pada AutoCAD 2014	51



Gambar 28. Geometri 3D Struktur Pada ANSYS Workbench	52
Gambar 29. Meshing Model Struktur Pada ANSYS Workbench	53
Gambar 30. Grafik Hasil Analisa RAO Translasi Struktur Pada Keadaan Free Floating	53
Gambar 31. Grafik Hasil RAO Struktur Pada Keadaan Free Floating	54
Gambar 32. Sket Permodelan Mooring Menggunakan AUTOCAD 2014	56
Gambar 33. Permodelan Mooring Menggunakan ANSYS Workbench	56
Gambar 34. Wire Rope tipe Endurance DYFORM 34LR & 34LRI 1960 grade	57
Gambar 35. Spesifikasi Clump Weight yang Digunakan	57
Gambar 36. Permodelan Mooring Pada ANSYS Workbench saat Terkena Gelombang	58
Gambar 37. Grafik Hasil Analisa RAO Translasi Struktur Pada Keadaan Tertambat	58
Gambar 38. Grafik Hasil Analisa RAO Rotasi Struktur Pada Keadaan Tertambat	59
Gambar 39. Spektrum JONSWAP	60
Gambar 40. Spektrum respon translasi heading $180^{\circ}$ dalam keadaan tertambat	61
Gambar 41. Spektrum respon rotasi heading $180^{\circ}$ dalam keadaan tertambat	61
Gambar 42. Hasil Permodelan Mooring Menggunakan ANSYS Workbench	62



## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Ukuran Mata Jaring Yang Digunakan Berdasarkan Ukuran Ikan Yang Dibudidayakan.	15
Tabel 2. Jari Jari Girasi yang Digunakan	16
Tabel 3. Amplitudo dan tinggi gelombang pada spektrum	21
Tabel 4. Karakteristik Ikan Baronang	31
Tabel 5. Sifat Mekanis HDPE	35
Tabel 6. Hasil Pemeliharaan Ikan Baronang di KJA Selama 6 Bulan Pemeliharaan	37
Tabel 7. Data Tinggi Gelombang dan Jumlahnya Pada Tahun 2014	40
Tabel 8. Daftar Ukuran Pipa HDPE Berdasarkan Tekanan	40
Tabel 9. Detail Meshing Menggunakan Software ANSYS Workbench	48
Tabel 10. Hasil Analisa RAO Translasi Struktur Pada Keadaan Free Floating	50
Tabel 11. Hasil Analisa Respon Gerak Rotasi Struktur Pada Keadaan Free Floating	50
Tabel 12. Hasil Analisa RAO Struktur Dalam Keadaan Tertambat	54
Tabel 13. Hasil Analisa RAO Terbesar Gerak Rotasi Struktur Dalam Keadaan Tertambat	55
Tabel 14. Hasil Analisa Tension Mooring Line	57



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang Masalah

Ikan sebagai sumber protein hewani sangat penting dalam ekonomi global dan ketahanan pangan saat ini. Berdasarkan data dari Badan Pangan Dunia (FAO), konsumsi ikan dunia meningkat 2 kali lipat sejak tahun 1973. Seperempat penduduk dunia mengkonsumsi ikan dari hasil budidaya. Sedangkan tangkapan dari laut terus menurun dikarenakan penangkapan yang berlebihan dan kerusakan lingkungan.

Indonesia memiliki garis pantai terpanjang kedua di dunia setelah Kanada dan juga wilayah laut Indonesia sangat luas membentang dari Sabang sampai Merauke. Kekayaan alam laut yang berlimpah menjadikan Indonesia sebagai salah satu negara yang berpotensi besar dalam bidang perikanan. Menurut World Fish Center, Indonesia mendominasi produksi perikanan dari kawasan ASEAN dengan produksi tahunan 8,87 juta ton pertahun. Walaupun begitu kondisi ekonomi nelayan tradisional Indonesia masih banyak yang tergolong miskin.

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) dan Tim Nasional Percepatan Penanggulangan Kemiskinan (TNP2K) tahun 2011, jumlah desa pesisir mencapai 10.650 desa yang merupakan desa miskin dan dari total 31,02 juta orang penduduk miskin, 7,87 juta orang merupakan nelayan. Minimnya teknologi, manajemen pengolahan yang tradisional, penangkapan ikan di laut dangkal yang berlebihan (overfishing), serta rusaknya lingkungan pesisir menyebabkan produktivitas dan pendapatan nelayan tradisional relatif rendah

Penangkapan ikan di laut Indonesia sudah tergolong berlebihan. Karena dari 6,5 juta ton populasi ikan di Indonesia, 5,8 juta ton nya sudah ditangkap (Sutardjo, 2014). Hal itu menjadi sebab menurunnya produktivitas nelayan sehingga pendapatan nelayan menjadi berkurang dan menyebabkan kemiskinan. Keadaan



itu juga diperparah dengan pencurian ikan oleh kapal-kapal asing. Disamping itu penurunan kualitas pantai Indonesia juga merupakan penyebab kegagalan hasil tambak nelayan Indonesia. Banyaknya industri yang ada di tepi pantai semakin memperparah kerusakan lingkungan pantai. Tambak yang digunakan untuk budidaya ikan menimbulkan banyak pencemaran seperti: kotoran, bekas makanan, dan bangkai ikan yang mati. Dengan mengetahui kondisi tersebut dibutuhkan suatu solusi dari permasalahan yang ada untuk meningkatkan produktifitas nelayan tanpa merusak lingkungan di sekitar pesisir.

Aquaculture dapat mendorong sektor perikanan ke ekonomi hijau dengan mendorong keberlanjutan pengelolaan jangka panjang dari sector perikanan dan meningkatkan pasokan ikan (Mulyadi, 2014). Dengan menerapkan teknologi akuakultur, manajemen panen ikan menjadi lebih baik dan pengawasan lingkungan pesisir menjadi lebih diperhatikan. Dengan memanfaatkan potensi panjang pantai Indonesia, aquaculture dapat diterapkan pada perairan Indonesia yang masih bersih.

Dalam pembuatan akuakultur ini, ikan yang akan di budidayakan adalah ikan Baronang. Ikan Baronang dipilih karena pertumbuhannya yang cepat dan tergolong ikan yang sangat digemari masyarakat Indonesia.. Ikan Baronang termasuk ikan pemakan gangga atau dapat dikatakan ikan Baronang merupakan ikan herbivora. Hal tersebut menjadikan ikan Baronang sebagai ikan yang mudah untuk dibudidayakan karena ikan Baronang tidak memerlukan pakanan tambahan.

Diperlukan desain yang tepat dalam pembuatan akuakultur. Desain akuakultur berbeda beda karena tiap ikan memiliki habitat dan cara hidup yang berbeda beda. Desain akuakultur akan disesuaikan dengan kondisi lingkungan dan jenis ikan Baronang. Perhitungan yang digunakan dalam mendesain akuakultur adalah ukuran jaring yang digunakan sehingga dimensi dan kekuatan struktur dapat diketahui dan juga memperhitungkan gaya gaya yang berkerja pada struktur tersebut.



## **1.2. Perumusan Masalah**

Perumusan masalah dari tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana konsep desain dan konfigurasi akuakultur yang tepat untuk budidaya ikan Baronang dan ganggang laut?
2. Bagaimana perhitungan ukuran pipa HDPE dan jaring yang digunakan untuk akuakultur sebagai budidaya Ikan Baronang dan ganggang laut?
3. Bagaimana desain sistem mooring yang aman pada struktur Aquaculture untuk budidaya ikan Baronang dan Ganggang laut?

## **1.3. Tujuan**

1. Mengetahui konsep desain dan konfigurasi akuakultur yang tepat untuk budidaya ikan Baronang dan ganggang.
2. Mengetahui ukuran pipa HDPE dan jaring yang digunakan untuk budidaya ikan Baronang.
3. Mengetahui desain sistem mooring yang aman digunakan pada akuakultur untuk budidaya ikan Baronang dan ganggang.

## **1.4. Manfaat**

Manfaat yang akan diperoleh adalah hasil dari perancangan dan permodelan akuakultur dapat digunakan untuk membantu nelayan di pesisir pantai laut jawa dalam perekonomian dan juga budidaya ikan tanpa merusak lingkungan daerah sekitar tepi pantai.

## **1.5. Batasan Masalah**

Batasan masalah dalam studi ini yaitu:

1. Ikan yang akan dibudidayakan dalam akuakultur adalah ikan Baronang.
2. Lokasi akuakultur disesuaikan dengan lingkungan hidup ikan Baronang.
3. Analisa gerakan meliputi *surge*, *heave*, dan *pitch*.
4. Permodelan struktur menggunakan *ANSYS Design Modeler*.
5. Proses analisa gerak struktur menggunakan bantuan *software ANSY Aqwa*.



6. Jumlah *mooring line* diasumsikan 4 buah
7. Gaya yang diperhitungkan hanya gaya gelombang saja karena ikan Baronang hanya bisa di budidayakan pada laut dengan kecepatan arus 20 ~ 40 cm/detik yaitu pada perairan tenang.
8. Beban lingkungan yang digunakan dalam pembebanan hanya beban gelombang.
9. Arah pembebanan yang bekerja pada *Aquaculture* adalah  $180^\circ$  saat kondisi free floating
10. Arah pembebanan yang bekerja pada *Aquaculture* adalah  $180^\circ$  saat kondisi tertambat.
11. Diasumsikan bibit ikan Baronang mudah didapat dipasaran.
12. Beban Angin dan Arus diabaikan karena pengaruhnya kecil
13. Jangkar dianggap tertancap atau dalam keadaan fixed.
14. Lokasi penelitian berada di Gili Ketapang Probolinggo.
15. Jaring dan Jangkar tidak dimodelkan.

#### **1.6. Gambaran Umum Lokasi Penelitian**

Lokasi penelitian yang dipilih adalah wilayah laut yang memiliki kecepatan arus 20/40 cm/detik atau dapat dikatakan berada pada perairan tenang. Dalam hal ini lokasi yang menjadi pilihan adalah wilayah laut disekitar pesisir Gili Ketapang. Gili Ketapang dipilih karena disamping lingkungan pesisirnya yang masih bersih, Gili Ketapang juga merupakan salah satu lokasi penyebaran Ikan Baronang.



Gambar 1. Topografi Gili Ketapang



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

#### 2.1. Tinjauan Pustaka

Seiring dengan perjalanan waktu dalam periode yang sama, kegiatan budidaya ikan dimulai dengan membuat bumbun, tat-parit, atau kambang iwak. Pengaturan pembuatan tebat dibuat oleh masing-masing pemerintah marga yang termaktub dalam aturan lelang lebak lebung setempat. Lelang lebung sudah dimulai sejak tahun 1630 berdasarkan undang-undang Simboer Tjahja (Arsyad, 1981).

Perkembangan selanjutnya, petani menjadi lebih jeli dan mulai memanfaatkan timbunan tanah atau pematang hasil galian untuk usaha tumpang sari. Jenis ikan yang di pelihara pada awalnya ikan-ikan perairan umum seperti: Toman, Kalui, atau Gurami. Tetapi kegiatan ini tidak dapat berkembang lebih lanjut karena beberapa hambatan (Arsyad, 1980).

Akuakultur merupakan upaya produksi biota atau organisme perairan dengan membuat kondisi lingkungan yang mirip dengan habitat asli organisme yang dibudidayakan. (Bardach, dkk., 1972). Akuakultur dapat dilakukan di dua tempat, yaitu di darat (*inshore aquaculture*) dan di lepas pantai (*offshore aquaculture*).

Penggunaan keramba apung sudah dikembangkan di beberapa negara luar negeri. Beberapa negara maju telah mengembangkan teknologi ini, bahkan Norwegia dan Amerika telah mengalami perkembangan yang pesat dan bersiap untuk menjadikanya komersil (Suyuthi, 2006).





Gambar 2. Salah Satu Jenis Akuakultur

## 2.2. Manfaat Aquaculture

Manfaat dari pembuatan aquaculture antara lain:

- a. Dapat mengurangi penangkapan ikan yang berlebihan (*overfishing*).
- b. Dapat mengurangi pencemaran lingkungan pesisir.
- c. Meningkatkan kesejahteraan masyarakat nelayan pesisir.

## 2.3. Kendala Aquaculture

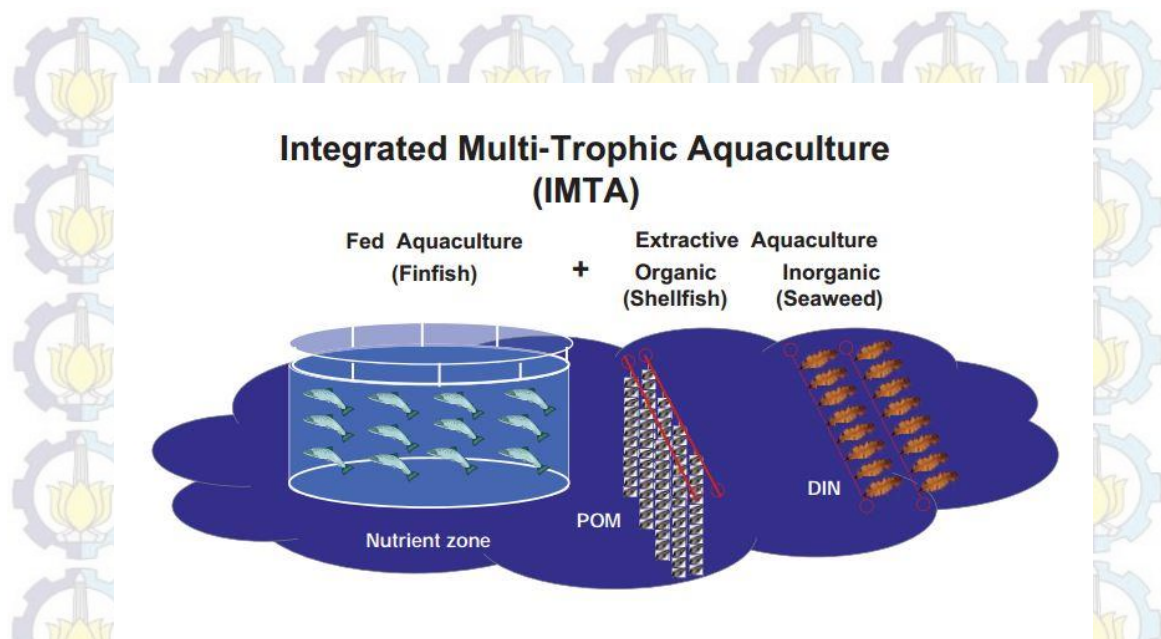
Kendala dari pembuatan aquaculture antara lain:

- Dibutuhkan biaya investasi yang besar.
- Pengetahuan terhadap teknologi akuakultur masih kurang.

## 2.4. Integrated Multi Trophic Aquaculture (IMTA)

IMTA adalah salah satu bentuk dari budidaya laut dengan memanfaatkan penyediaan pelayanan ekosistem oleh organisme trofik rendah (seperti kerang dan rumput laut) yang disesuaikan sebagai mitigasi terhadap limbah dari organisme tingkat trofik tinggi (seperti ikan) (White, 2007 dalam Jianguang *et al*, 2009). IMTA diterapkan sebagai solusi terhadap mitigasi limbah yang dikeluarkan dalam marikultur dan peningkatan efisiensi dari pakan sehingga tidak mencemari lingkungan.





Gambar 3. Sistem IMTA

(Barrington, K., Chopin, T. and Robinson, S. 2009)

## 2.5. Dasar Teori

### 2.5.1. Ikan Baronang

Ikan Baronang merupakan ikan herbivora yang termasuk dalam spesies *siganus* sp. Jenis Ikan Baronang yang memiliki kondisi ikan cepat tumbuh dan daya tahan toleran terhadap kondisi perubahan lingkungan adalah Ikan Baronang spesies *S. Guttatus* dan *S. Canaliculatus*.

- Terdapat 7 spesies ikan baronang di Indonesia diantaranya:
  1. *Siganus javus*
  2. *S. Argentinzaculatus*
  3. *S. Vermiculatus*
  4. *S. Guttatus*
  5. *S. Spinus*
  6. *S. Rivulatus*
  7. *S. Canaliculatus*





Gambar 4. Salah Satu Jenis Ikan Baronang

- Ciri Ikan Baronang Jantan yaitu:
  1. Ukuran Baronang jantan terutama matang telur adalah panjang baku 110 – 140 mm
  2. Berat jantan > 250
- Ciri Induk Ikan Baronang yaitu:
  1. Ikan betina lebih besar dari jantan
  2. Perut bagian bawah ikan betina lebih besar
  3. Lubang genital ikan baronang betina lebih besar
  4. Ukuran baronang betina terutama matang telur adalah panjang baku 130 – 210 mm
  5. Berat betina > 300 – 450
  6. Jika bagian perut baronang diurut, cairan berwarna jingga keluar dari lubang genital

#### **2.5.1.1. Makanan Ikan Baronang**

Ikan baronang memiliki mulut yang kecil, memiliki gigi seri pada masing-masing rahang, gigi geraham berkembang sempurna, dinding lambung agak tebal, dan usus halus yang panjang dan memiliki permukaan yang luas. Sesuai dengan



morfologi gigi dan saluran pencernaannya, ikan Baronang termasuk pemakan tumbuh tumbuhan.

1

### **2.5.1.2. Pertumbuhan dan Perkembangan Ikan Baronang**

Jumlah telur ikan Baronang bervariasi. Untuk ikan Baronang yang berukuran panjang 22 – 27 cm adalah 200.000 – 1.300.000 butir. Baronang *S. Canaliculatus* dapat mencapai berat 93 g/ekor selama 5 bulan pemeliharaan dari benih berukuran 25 g/ekor.

### **2.5.1.3. Habitat Ikan Baronang**

Sebagian besar ikan Baronang hidup dipantai yang banyak ditumbuhi tumbuhan laut seperti lamun. Ikan baronang sering dijumpai di daerah yang memiliki hutan bakau. Hal ini dikarenakan ikan Barinang merupakan ikan pemakan tumbuhan. Ikan baronang sangat peka terhadap perubahan lingkungan, hidup bergerombol dan aktif pada siang hari.

Penyebaran ikan beronang ini cukup luas, tetapi penyebaran setiap spesies sangat terbatas seperti yang terdapat di LON LIPI, daerah penyebaran setiap spesies sebagai berikut:

- a. *Siganus guttatus* penyebarannya di Sumatera (Bengkulu, Padang Deli), Jawa (P.Seribu, Cirebon, Balay, Surabaya), Kalimantan (Balik Papan), Sulawesi (Ujung Pandang, Bajo, Manado, Selayar) serta Maluku (Seram, P. Obo, Ternate, Ambon) dsb.
- b. *Siganus canaculatus* penyebarannya di Sumatera (Padang), Jawa (Ujung Kulon, Teluk Banten, P. Seribu) dan Maluku (Ternate, Bacan).
- c. *Siganus vulpinus* penyebarannya di Kalimantan (Birabirahan), Sulawesi (Masalembo, Ujung Pandang, Manado), Maluku (Ternate, Kajoa, Ambon, Seram) serta Irian (Manokwari).
- d. *Sirganus virgatus* penyebarannya di Sumatera (Pariaman, Padang, Bangka, Belitung), Jawa (P. Seribu, Bawean), Kalimantan (Sundakan) serta Sulawesi (Ujung Pandang, Bajo).



- e. *Siganus corallinus* penyebarannya di Sumatera, Jawa, Nusa Tenggara, Sulawesi dan Maluku.
- f. *Siganus chrysapilos* penyebarannya di Jawa (P. Seribu), Kalimantan (Sundakan), Sulawesi (Ujung Pandang, Manado, Slayar), Nusa Tenggara (Sumbawa), Maluku (P. Obi, Roti, Ambon dan sekitarnya).
- g. *Siganus spinus* penyebarannya di Sumatera (Bengkulu, Padang, Tapak Tuan), Jawa (P. Serinu, Pacitan, Karang Bolong, Prigi), Sulawesi (Ujung Pandang, Bajo, Manado), Nusa Tenggara, Timor, Bali, Maluku dan sekitarnya.
- h. *Siganus vermiculatus* penyebarannya di Sumatera (Bengkulu, Padang, Sibolga, Nias), Jawa (P. Seribu, Semarang), Kalimantan (Balik Papan dan Sundakan), Sulawesi (Ujung Pandang, Bulukumba, Manado, Sangihe), Maluku (Halmahera, Morotai, Ternate, Bacan, Ambon), Nusa Tenggara dan Timor.
- i. *Siganus puellus* penyebarannya di Jawa (P. Seribu), Sulawesi (Ujung Pandang), Maluku dan sekitarnya.
- j. *Siganus javus* penyebarannya di Sumatera (Deli, Sibolga, Bengkulu, Bangka, Belitung), Jawa (Jakarta, Cirebon, Semarang, Jepara, Surabaya, Pasuruan, Madura), Kalimantan (Stagen, Balik Papan) dan Sulawesi (Ujung Pandang, Bajo).
- k. *Siganus lineatus* penyebarannya di Maluku (Ternate, Morotai, Ambon dan sekitarnya).

#### **2.5.1.4. Pemilihan Induk Ikan Baronang**

Induk Ikan Baronang yang digunakan adalah induk hasil penangkapan dari alam. Standar kriteria induk Baronang yaitu: warna cerah, organ tubuh tidak cacat, tubuh kenyal dan gerakan aktif. Sebelum induk dipelihara dalam aquaculture induk terlebih dahulu diadaptasikan lingkungan terutama suhu dan salinitas.

#### **2.5.1.5. Nilai Ekonomis Ikan Baronang**

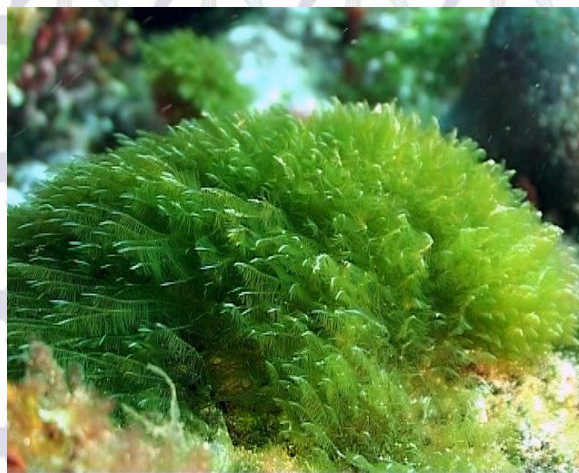
Ikan baronang merupakan jenis ikan laut yang bernilai ekonomis di perairan Indonesia. Ikan Baronang bernilai gizi tinggi dan telah di budidayakan secara



komersial di beberapa negara tropis. Ikan Baronang memiliki prospek yang baik untuk dibudidayakan pada wadah terkontrol seperti aquaculture. Hal ini dikarenakan ikan Baronang memiliki nilai ekonomis yang tinggi serta digemari masyarakat. Dewasa ini budidaya ikan Baronang semakin meningkat karena banyaknya permintaan dari dalam atau luar negeri.

### 2.5.2. Ganggang Laut

Tumbuhan ganggang merupakan tumbuhan yang termasuk kedalam tumbuhan talus, dikatakan seperti itu karena ganggang tidak memiliki akar, batang, dan daun secara jelas. Ganggang terdiri dari 2 yaitu ganggang bersel satu dan ganggang bersel banyak. Ganggang juga merupakan sekelompok organisme autotrof yaitu dapat menghasilkan makanannya sendiri tanpa memiliki organ nyata seperti akar, batang, daun, yang ada pada tumbuhan umumnya.



Gambar 5. Salah Satu Jenis Ganggang Laut

Ganggang biasanya ditemukan di pantai-pantai. Kebanyakan ganggang laut terdiri dari banyak sel karena itu dapat dilihat langsung bentuk dan warnanya.

Ganggang terbagi menjadi beberapa kelas yaitu:

- Cyanophyta (ganggang biru)
- Chlorophyta (ganggang hijau)
- Chrysophyta (ganggang keemasan)



- Phaeophyta (ganggang coklat)
- Rhodophyta (ganggang merah)

#### **2.5.2.1. Habitat Ganggang**

Ganggang hidup pada daerah litoral dan sub litoral dimana terdapat sinar matahari untuk melangsungkan proses fotosintesis. Pada umumnya ganggang ditemukan melekat pada terumbu karang, batuan, potongan karang, cangkang moluska dan sebagainya. Pertumbuhan ganggang dipengaruhi oleh faktor-faktor salinitas. Intensitas cahaya matahari dan kedalaman dasar laut adalah dua faktor penting dari pertumbuhan ganggang. Ganggang bersel banyak banyak melekat pada batuan diperairan dangkal.

Ganggang ada yang mengambang secara bebas dan ada juga yang hidup berdekatan dengan tepi laut yang dangkal yaitu pada Intertidal Zone atau daerah pasang surut air. Ganggang dapat ditemukan dalam jarak 40 meter (130 kaki) dibawah laut atau daerah yang masih terkena sinar matahari. Tumbuhan alga merupakan tumbuhan yang selalu menempati habitat yang lembab atau basah.

Berdasarkan habitat yang ditempatinya, ganggang dibedakan atas:

- a. Ganggang Subbaerial yaitu ganggang yang hidup didaerah permukaan
- b. Ganggang Intertidal yaitu ganggang yang secara periodeic muncul kepermukaan karena naik turun akibat pasang surut.
- c. Ganggang Subritosal yaitu ganggang yang berada dibawah permukaan air
- d. Ganggang Edafik yaitu ganggang yang hidup didalam tanah pada dasar perairan

#### **2.5.2.2. Makanan**

Alga memiliki sel kloroplas yang berwarna hijau. Sel kloroplas tersebut digunakan untuk melakukan fotosintesis. Hasil dari fotosintesis tersebut disimpan sebagai hasil bahan makanancadangan didalam selnya.



### **2.5.2.3. Perkembangbiakan**

Ada dua macam cara perkembangbiakan ganggang yaitu dengan cara aseksual dan seksual. Secara aseksual dilakukan dengan cara membentuk zoospora yang dilengkapi flagel berambut. Sedangkan secara seksual adalah anisogami dimana gaet jantan bergerak mendekati gamet betina dengan cara kemotaksis.

### **2.5.2.4. Peranan Ganggang Dalam Kehidupan**

Peranan ganggang dalam kehidupan yaitu:

#### **1. Bidang industri**

- Asam alginat yang dihasilkan ganggang oerang berperan untuk pembuatan plastik, kosmetik, dan tekstil
- *Navicula* sp yang mari membentuk tanah diatome yang dipakai sebagai bahan penyekat dinamit, penggosok dan saringan
- *Eucheuma spinosum*, merupakan pengasil agar-agar.

#### **2. Bidang Perikanan**

Ganggang yang berupa fitoplankton merupakan makanan ikan di laut.

#### **3. Dalam Ekosistem**

Pada ekosistem air, ganggang berfungsi sebagai komponen produsen paling utama

### **2.5.2.5. Keramba Akuakultur**

Keramba merupakan sarana yang digunakan sebagai budidaya ikan. Pada umumnya keramba ditempatkan di sungai sehingga air sungai dapat mengalir melewati keramba dan air bersirkulasi mengikuti arus. Keramba dapat ditempatkan tenggelam atau mengapung. Untuk di laut lepas, keramba ditempatkan mengapung.

### **2.5.2.6. Keramba Akuakultur Jaring Apung**

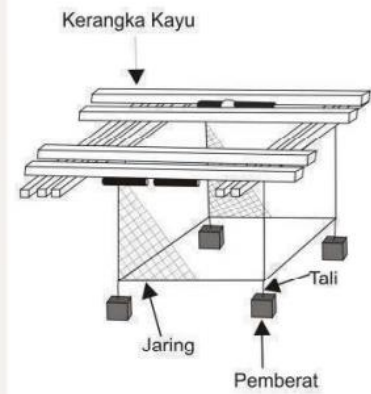
Keramba akuakultur jaring apung merupakan salah satu jenis sarana yang digunakan sebagai budidaya ikan. Kerangka Keramba akuakultur jaring apung terbuat dari bambu, kayu, pipa, atau besi. Keramba akuakultur jaring apung



biasanya berbentuk persegi dan diberi jaring serta pelampung agar struktur tetap terapung dipermukaan air.



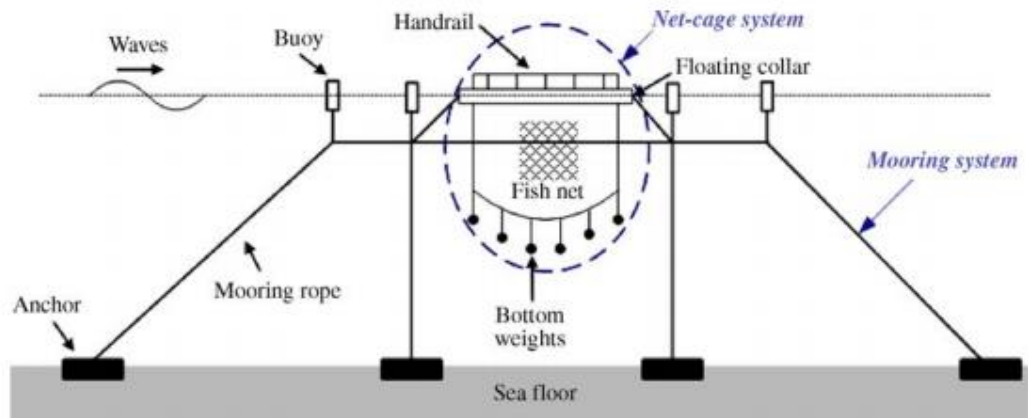
Gambar Karamba Jaring Apung



Ilustrasi Keramba Jaring Apung

Gambar 6. Keramba Akuakultur Jaring Apung Dengan Menggunakan Kayu

(Tim Perikanan WWF Indonesia, 2001)



Gambar 7. Keramba Akuakultur Jaring Apung Dengan Menggunakan Pipa

(Chai-Cheng Huang; Hung-Jie Tang; Jin-Yuan Liu, 2006)



### 2.5.3. Pipa

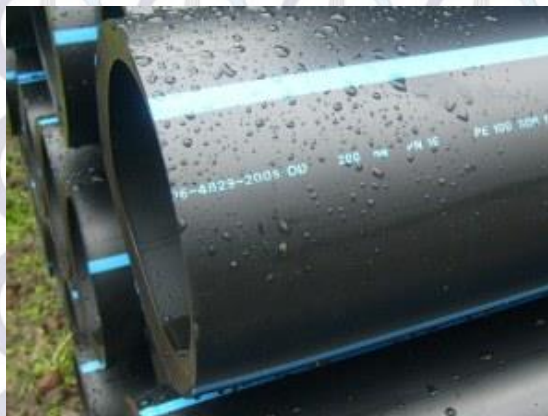
Pipa adalah suatu tabung yang digunakan untuk mengantar fluida/zat lainnya dari satu tempat ke tempat lainnya. Sebagai media pengantar, pipa akan dipengaruhi oleh tekanan dari dalam maupun dari luar pipa.

#### 2.5.3.1. Pipa High Density Polythelyene (HDPE)

Pipa HDPE adalah pipa yang terbuat dari bahan polyethylene dengan kepadatan tinggi sehingga jenis pipa yang dihasilkan dapat menahan gaya tekan yang lebih tinggi, kuat, lentur dan tahan terhadap bahan kimia.

HDPE (High Density Polythelyene adalah polietilena termoplastik yang terbuat dari minyak bumi. Untuk membuat 1 kg HDPE diperlukan 1,75 kg minyak bumi (sebagai energi dan bahan baku). HDPE memiliki kekuatan tensil dan gaya antar molekul yang tinggi. Bahan HDPE juga lebih keras dan bisa bertahan pada temperatur tinggi (120°C).

Pipa HDPE memiliki karakteristik yang lentur, sehingga dapat mengurangi penggunaan fitting atau sambungan. Pipa HDPE tidak mempunyai potensi untuk mengkontaminasi air. Pipa HDPE dapat digunakan untuk pipa instalasi air panas dan air dingin.



Gambar 8. Pipa HDPE



#### 2.5.4. Jaring Aquaculture

Jaring yang digunakan pada aquaculture biasanya terbuat dari bahan polythylene atau disebut jaring trawl. Ukuran mata jaring yang digunakan tergantung dari besarnya ikan yang akan dibudayakan. Kantong jaring terapung memiliki ukuran bervariasi sesuai dengan jenis ikan yang dibudidayakan. Untuk ikan air laut biasanya menggunakan kantong jaring yang berukuran 2 X 2 X 2 m sampai 5 X 5 X 5 m.

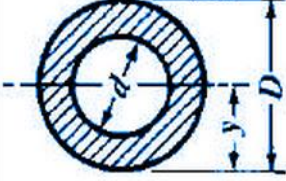
Tabel 1. Ukuran Mata Jaring Yang Digunakan Berdasarkan Ukuran Ikan Yang Dibudidayakan.

No.	Ukuran mata jaring	Ukuran ikan
1.	0,5 cm	1 – 2 cm
2.	1,0 cm	5 – 10 cm
3.	2,5 cm	20 – 30 cm
4.	> 2,5 cm	> 30 cm

#### 2.5.5. Jari Jari Girasi

Jari jari girasi merupakan jarak yang menunjukkan distribusi massa dari benda tersebut.

Tabel 2. Jari Jari Giras yang Digunakan

Section	Moment of Inertia	Radius of Gyration	Area	y
	$\frac{\pi(D^4 - d^4)}{64}$	$\frac{\sqrt{D^2 + d^2}}{4}$	$\frac{\pi(D^2 - d^2)}{4}$	$\frac{D}{2}$

#### 2.5.6. Hukum Archimedes

Floater yang dibuat nantinya harus mempunyai gaya angkat keatas yang lebih besar dari pada gaya-gaya yang bekerja ke bawah agar floater bisa terapung. Teori



yang dipakai sendiri adalah teori dari hukum Archimedes. Hukum Archimedes sendiri mempunyai rumus dasar:

$$F_A = \rho_a \times V_a \times g \dots\dots\dots(1)$$

dengan:

$F_A$  = Gaya keatas yang dialami benda (N)

$\rho_a$  = Massa Jenis zat cair ( $\text{kg/m}^3$ )

$V_a$  = Volume air yang terdesak ( $\text{m}^3$ )

$g$  = Percepatan Gravitasi ( $\text{m/det}^2$ )

### 2.5.7. Gerakan pada Bangunan Apung

Struktur terapung yang bergerak di atas permukaan laut mengalami gerakan osilasi. Gerakan osilasi terdiri dari 6 macam gerakan yaitu 3 gerakan translasi dan 3 gerakan rotasional dalam 3 arah sumbu gerakan.

6 macam gerakan osilasi yaitu:

a. Gerakan Translasi

- Surge, gerakan transversal arah sumbu x
- Heave, gerakan transversal arah sumbu y
- Sway, gerakan transversal arah sumbu z

d. Gerakan Rotasional

- Roll, gerakan rotasi arah x
- Pitch, gerakan rotasi arah z
- Yaw, gerakan rotasi arah y.

#### 2.5.7.1. Heave

*Heave* adalah gerakan osilasi translasi pada arah sumbu vertikal (sumbu z), dimana heaving adalah salah satu gerakan kapal pada permukaan perairan gelombang regular, dimana gerakan-gerakannya tersebut disebabkan oleh adanya gaya luar yang bekerja pada badan kapal yang tidak lain adalah gaya gelombang (Murtedjo, 1990). Secara umum persamaan gerakan heaving suatu bangunan terapung pada gelombang regular adalah:



$$a\ddot{z} + b\dot{z} + cz = F_0 \cos(\omega_e t) \dots\dots\dots(2)$$

dengan:

$a\ddot{z}$  : Inertial force

$b\dot{z}$  : Damping force

$cz$  : Restoring force

$F_0 \cos \omega_e t$  : Exciting force

### 2.5.7.2. Surge

Surge merupakan gerakan osilasi pada bangunan apung dimana arah pergerakan dari gerakan translasional ini mengacu pada sumbu utama yaitu sumbu longitudinal (sumbu x). Secara umum persamaan surge pada bangunan terapung adalah:

$$a\ddot{x} + b\dot{x} + cx = F_0 \cos \omega_e t \dots\dots\dots(3)$$

dengan:

$a\ddot{x}$  : Inertial force

$b\dot{x}$  : Damping force

$cx$  : Restoring force

$F_0 \cos \omega_e t$  : Exciting force

### 2.5.7.3. Sway

Sway merupakan gerak translasi pada bangunan terapung dengan sumbu Y sebagai pusat gerak. Persamaan umum bangunan apung pada kondisi swaying adalah:

$$a\ddot{y} + b\dot{y} + cy = F_0 \cos \omega_e t \dots\dots\dots(4)$$

dengan:

$a\ddot{y}$  : Inertial force

$b\dot{y}$  : Damping force

$cy$  : Restoring force

$F_0 \cos \omega_e t$  : Exciting force



#### 2.5.7.4. Roll

Rolling merupakan gerak rotasional dengan sumbu X sebagai pusat geraknya. Gerakan ini akan berpengaruh terhadap initial velocity sehingga perlu dilakukan perhitungan terhadap momen gaya.

Rumus umum dari persamaan gerak akibat *rolling* ialah:

$$a\ddot{\phi} + b\dot{\phi} + c\phi = M_o \cos \omega_e t \dots\dots\dots(5)$$

Dengan:

$M_o$  = Amplitudo momen eksitasi (m)

$\omega_e$  = Frekuensi gelombang *encountering* (hz)

$a\ddot{\phi}$  = *Inertial moment*

$b\dot{\phi}$  = *Damping Moment*

$c\phi$  = *Restoring Moment*

$M_o \cos \omega_e t$  = *Exciting moment*

#### 2.5.7.5. Pitch

*Pitching* merupakan gerak rotasional dengan sumbu Y sebagai pusat gerak.

Karena gerak *pitching* akan berpengaruh terhadap kesetimbangan posisi, maka momen yang terjadi akibat *pitching* perlu diperhitungkan. Rumus umum dari persamaan gerakan akibat *pitching* adalah:

$$a\ddot{\theta} + b\dot{\theta} + c\theta = M_o \cos \omega_e t \dots\dots\dots(6)$$

dengan:

$M_o$  = amplitudo momen eksitasi (m)

$\omega_e$  = frekuensi gelombang *encountering* (hz)

$a\ddot{\theta}$  = *Inertial Moment*

$b\dot{\theta}$  = *Damping Moment*

$c\theta$  = *Restoring Moment*

$M_o \cos \omega_e t$  = *Exciting Moment*



### 2.5.7.6. Yaw

Gerak *yaw* merupakan gerak rotasional pada sumbu Z sebagai pusat gerak. Sama halnya seperti pada gerak *rolling* dan *pitching*, gerak ini pun akan berpengaruh terhadap kesetimbangan struktur, sehingga perlu memperhitungkan momen gaya.

Persamaan umum untuk *yawing* ialah:

$$a\ddot{\phi} + b\dot{\phi} + c\phi = M_o \cos \omega_s t \dots\dots\dots(7)$$

dengan:

$M_o$  = amplitudo momen eksitasi (m)

$\omega_s$  = frekuensi gelombang *encountering* (hz)

$a\ddot{\phi}$  = *Inertial Moment*

$b\dot{\phi}$  = *Damping Moment*

$c\phi$  = *Restoring Moment*

$M_o \cos \omega_s t$  = *Exciting Moment*

### 2.5.8. Respon Bangunan Apung dalam Enam Derajat Kebebasan

Keenam gerakan yang dialami oleh bangunan apung merupakan osilasi linier dan harmonik. Respon gerakan tersebut dapat dinyatakan dalam persamaan diferensial gerakan kopel yaitu:

$$\sum_{n=1}^6 [(M_{jk} + A_{jk})\ddot{\zeta}_k + B_{jk}\dot{\zeta}_k + K_{jk}\zeta_k] = F_j e^{i\omega t}; \quad j, k = 1, 2, \dots, 6 \dots\dots\dots(8)$$

Dengan:

$M_{jk}$  : matriks massa dan momen inersia massa bangunan laut

$A_{jk}$  : matriks koefisien-koefisien massa tambah hidrodinamik

$B_{jk}$  : matriks koefisien-koefisien redaman hidrodinamik

$K_{jk}$  : matriks koefisien-koefisien kekakuan atau gaya dan momen hidrostatis

$F_j$  : matriks gaya eksitasi ( $F_1, F_2, F_3$ ) dan momen eksitasi ( $M_4, M_5, M_6$ )

dalam fungsi kompleks (dinyatakan oleh  $e^{i\omega t}$ )

$\zeta_k$  : elevasi gerakan pada mode ke  $k$



$\dot{\zeta}_k$  : elevasi kecepatan gerak pada mode ke  $k$

$\ddot{\zeta}_k$  : elevasi percepatan gerak pada mode ke  $k$

### 2.5.9. Karakteristik Gelombang

Hembusan angin yang berhembus secara kontinu merupakan salah satu penyebab terbentuknya gelombang dilaut. Angin yang berhembus terus menerus dengan jarak permukaan laut yang besar menyebabkan riak air tumbuh menjadi gelombang. Pada saat yang bersamaan riak baru akan terbentuk diatas gelombang yang sudah terbentuk sebelumnya dan akan berkembang menjadi gelombang baru. Siklus itu berjalan terus menerus hingga terlihat sebagai kombinasi perubahan panjang gelombang dan tinggi gelombang yang saling bertautan.

Menurut Triatmodjo (1999) gelombang laut dibagi menjadi 3 macam berdasarkan gaya pembangkitnya, yaitu: gelombang angin yang dibangkitkan oleh tiupan angin dipermukaan laut; gelombang pasang surut yang dibangkitkan oleh gaya tarik benda langit; dan gelombang tsunami yang terjadi karena letusan gunung berapi atau gempa di laut.

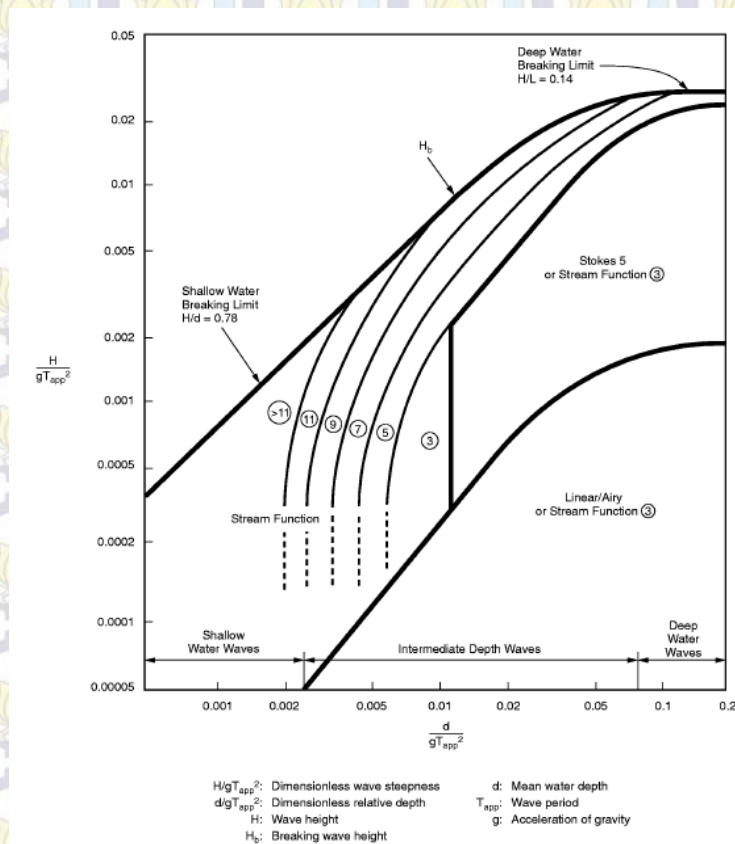
### 2.5.10. Penentuan Teori Gelombang

Teori gelombang dapat ditentukan dengan menggunakan grafik validitas. Dalam hal ini dibutuhkan parameter-parameter gelombang yang ada seperti: tinggi gelombang (H), periode gelombang (T), dan kedalaman air (d). Dengan menggunakan pendekatan formulasi matematika Mouselle (1981) sebagai berikut:

$$\frac{H}{gT^2} \text{ dan } \frac{d}{gT^2} \dots\dots\dots(9)$$

Hasil dari perhitungan tersebut disesuaikan dengan grafik daerah aplikasi teori gelombang pada gambar 9, gelombang yang digunakan dapat diketahui.





Gambar 9. Grafik Region of Validity (API RP 2A-WSD, 2007)

### 2.5.11. Spektrum Gelombang

Pemilihan spektrum energi gelombang didasarkan pada kondisi *real* laut yang ditinjau. Bila tidak ada maka dapat digunakan model spektrum yang dikeluarkan oleh berbagai institusi dengan mempertimbangkan kesamaan fisik lingkungan. Dari spektrum gelombang dapat diketahui parameter-parameter gelombang :

Tabel 3. Amplitudo dan tinggi gelombang pada spektrum

Profil Gelombang	Amplitudo	Tinggi
Gelombang rata-rata	$1,25\sqrt{m_0}$	$2,5\sqrt{m_0}$
Gelombang signifikan	$2,00\sqrt{m_0}$	$4,00\sqrt{m_0}$
Rata-rata 1/10 gelombang tertinggi	$2,55\sqrt{m_0}$	$5,00\sqrt{m_0}$



Rata-rata 1/1000 gelombang tertinggi	$3,44\sqrt{m_0}$	$6,67\sqrt{m_0}$
--------------------------------------	------------------	------------------

dengan:

$m_0$  = Luasan dibawah kurva spektrum (zero moment)

$$m_0 = \int_0^{\infty} S(\omega) d\omega \dots\dots\dots(10)$$

Spektrum gelombang yang dipakai dalam tugas akhir ini adalah spektrum JONSWAP. Persamaan spektrum JONSWAP merupakan modifikasi dari persamaan spektrum Pierson-Morkowitz yang disesuaikan dengan kondisi laut yang ada. Persamaan spektrum JONSWAP dapat ditulis sebagai berikut :

$$S_J(\omega) = A_\gamma S_{PM}(\omega) \gamma^{\exp\left(-0.5\left(\frac{\omega-\omega_p}{\sigma\omega_p}\right)^2\right)} \dots\dots\dots(11)$$

dengan :  $\gamma$  = parameter puncak (*peakedness parameter*)

$\omega$  = frekuensi

$\omega_0$  = frekuensi natural

$\sigma$  = parameter bentuk (*shape parameter*)

$\sigma = 0,07$  untuk  $\omega \leq \omega_0$

$\sigma = 0,09$  untuk  $\omega \geq \omega_0$

$\gamma$  = *peakness parameter*

Sedang nilai dari  $S_{PM}$  dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$S_{PM}(\omega) = \frac{5}{16} \cdot H_s^2 \omega_p^4 \cdot \omega^{-5} \exp\left(-\frac{5}{4}\left(\frac{\omega}{\omega_p}\right)^4\right) \dots\dots\dots(12)$$

dengan :  $H_s$  = tinggi gelombang signifikan

**2.5.12. Response Amplitude Operator (RAO)**



*Response Amplitude Operator* (RAO) atau disebut juga dengan *Transfer Function* merupakan fungsi respon gerakan dinamis struktur yang disebabkan akibat gelombang dengan rentang frekuensi tertentu. RAO merupakan alat untuk mentransfer gaya gelombang menjadi respon gerakan dinamis struktur. Menurut Chakrabarti (1987), persamaan RAO dapat dicari dengan rumus sebagai berikut :

$$RAO(\omega) = \frac{X_p(\omega)}{\eta(\omega)} \dots\dots\dots(13)$$

dimana :

- $X_p(\omega)$  = amplitudo struktur
- $\eta(\omega)$  = amplitudo gelombang

### 2.5.13. Spektrum Respon

Spektrum respon didefinisikan sebagai respon energi dari struktur akibat input energi gelombang dan *density spektrum energy*. Pada sistem linier, respon spektra didapat dengan mengkuadratkan RAO yang kemudian dikalikan dengan spektra gelombang, yang secara persamaan matematis ditulis :

$$S_R = [RAO(\omega)]^2 S(\omega) \dots\dots\dots(14)$$

dimana :

- $S_R$  = spektrum respons (m<sup>2</sup>-sec)
- $S(\omega)$  = spektrum gelombang (m<sup>2</sup>-sec)
- $RAO(\omega)$  = transfer function
- $\omega$  = ferkuensi gelombang (rad/sec)

Spektrum respon dapat digunakan untuk mengetahui besarnya respon maksimum yang mungkin terjadi dalam suatu rentang waktu tertentu. Spektra respon didefinisikan sebagai *respon energy density* pada struktur akibat gelombang, dalam hal ini berupa *energy density spectrum*.

### 2.5.14. Perhitungan Gaya Gelombang



Syarat pemilihan teori untuk perhitungan gaya gelombang yaitu:

- $D/\lambda > 1$  = Gelombang mendekati pemantulan murni, persamaan Morisson tidak dapat digunakan.
- $D/\lambda > 0,2$  = Difraksi gelombang diperhitungkan, persamaan Morisson tidak dapat digunakan.
- $D/\lambda < 0,2$  = Persamaan Morisson dapat digunakan.

Menurut Indiyono (2003) terdapat 3 teori yang dapat digunakan dalam perhitungan gaya gelombang yaitu:

1. Teori Morisson

Persamaan Morisson mengasumsikan bahwa gaya gelombang terdiri dari gaya inersia dan gaya drag (hambatan) yang dijumlahkan secara linier. Persamaan Morisson lebih tepat diterapkan pada kasus struktur dimana gaya drag pada struktur merupakan komponen yang dominan.

Secara umum persamaan Morrison yaitu:

$$F = F_D + F_I = C_D \frac{w}{2g} AU|U| + C_M \frac{w}{g} V \frac{\delta U}{\delta t} \dots\dots\dots(15)$$

Dengan:

F = Vektor gaya hidrodinamis per satuan panjang

FD = Vektor gaya drag per satuan panjang

FI = Vektor gaya inersia per satuan panjang

CD = Koefisien drag

w = Berat Jenis air

g = Percepatan gravitasi

A = Luas silinder per satuan panjang

V = Volume silinder per satuan panjang

U = Komponen vektor kecepatan dari air

|U| = Harga mutlak dari U

CM = Koefisien inersia

$\delta U$  = Komponen vektor percepatan lokal

$\delta t$

2. Teori Froude-krylov.



Froude-Krylov digunakan apabila gaya hambatan relatif kecil dan gaya inersia dianggap lebih berpengaruh. Teori ini mengadopsi metode tekanan gelombang incident dan bidang tekanan pada permukaan struktur.

### 3. Teori Difraksi

Teori difraksi digunakan pada struktur yang memiliki ukuran yang kurang lebih sama dengan panjang gelombang. Keberadaan struktur akan mempengaruhi perubahan arah pada medan gelombang disekitarnya.

#### **2.5.15. Konsep Pembebanan**

Dalam menentukan kemampuan struktur lepas pantai, struktur akan dipengaruhi beban yang terjadi pada bangunan tersebut. Menurut Soedjono, J.J. (1999) terdapat 4 beban yang harus dipertimbangkan dalam perancangan bangunan lepas pantai.

- a. Beban mati (Dead Load)
- b. Beban hidup (Live Load)
- c. Beban Kecelakaan (Accidental Load)
- d. Beban Lingkungan (Environmental Load)

##### **2.5.15.1. Beban Mati (Dead Load)**

Beban mati adalah semua beban yang berasal dari berat struktur, termasuk segala unsur tambahan tetap yang merupakan kesatuan dengan struktur tersebut.

##### **2.5.15.2. Beban Hidup (Live Load)**

Beban hidup adalah semua beban tidak tetap, kecuali beban angin, beban gempa dan pengaruh khusus lainnya. Meskipun dapat berpindah-pindah, beban hidup masih dapat diperhitungkan berdasarkan perhitungan sistematis.

##### **2.5.15.3. Beban Kecelakaan (Accidental Loads)**



Beban kecelakaan merupakan beban yang tidak terduga sebelumnya pada bangunan lepas pantai. Beban kecelakaan biasanya terjadi karena:

- a. Putusnya tali tambat (rantai jangkar)
- b. Putusnya tali kontrol
- c. Tabrakan dengan kapal dan lain-lain

#### **2.5.15.4. Beban Lingkungan (Environmental Loads)**

Beban lingkungan adalah beban yang terjadi karena adanya pengaruh lingkungan dimana struktur dioperasikan. Beban lingkungan yang terjadi pada struktur akuakultur ini adalah:

- a. Beban gelombang
- b. Beban Arus

#### **2.5.16. Sistem Mooring**

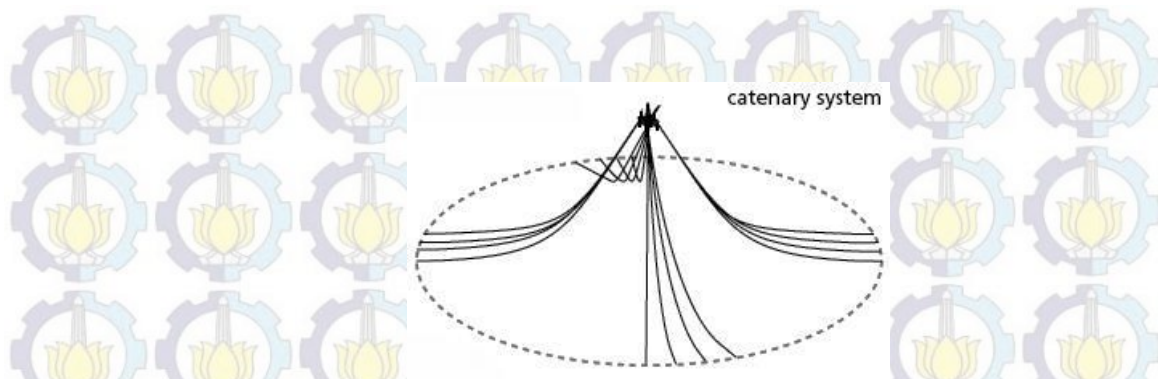
Menurut API RP 2SK 3<sup>rd</sup> tahun 2005, terdapat tiga tipe sistem tambat yang dibedakan yaitu *spread mooring*, *single point mooring* dan *dynamic positioning* (DP). *Spread mooring* merupakan sistem tambat yang sangat baik digunakan untuk bangunan apung berbentuk seperti kapal (*ship-shaped vessels*). Seiring dengan perkembangan jaman, *spread mooring* lebih banyak digunakan untuk bangunan tidak berbentuk seperti kapal. Hal itu dikarenakan sensitivitas terhadap arah datang lingkungan yang rendah.

*Spread mooring* dibedakan menjadi dua tipe yaitu:

- a. *Catenary Mooring*

*Catenary mooring* merupakan mooring yang digunakan pada kondisi perairan dangkal menuju dalam. Pada sistem tambat ini gaya pengembali dilakukan oleh berat dari mooring lines ([www.dredgingengineering.com](http://www.dredgingengineering.com)).

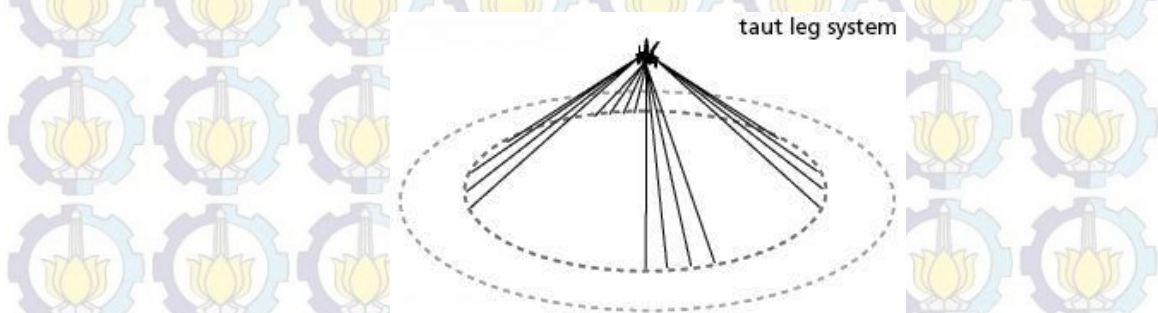




Gambar 10. Konfigurasi Sistem Tambat Tipe Catenary  
(www.dredgingengineering.com)

b. Taut Leg Mooring

Taut Leg Mooring merupakan mooring yang di gunakan pada kondisi laut dalam. Sistem mooring ini akan membentuk sudut antara tali tambat dengan dasar laut sehingga dapat menahan gaya horizontal dan vertikal.



Gambar 11. Konfigurasi Sistem Tambat Tipe Taut Leg  
(www.dredgingengineering.com)

Pemasangan mooring dilakukan tergantung dengan kebutuhan. Cara pemasangan yang bisa dipilih diantaranya:

- a. Dipasang menggunakan tali (mooring) dan pile pancang.
- b. Dipasang dengan piling, sehingga nantinya dapat bergerak naik turun tanpa ada gerakan lateral.
- c. Dipasang menggunakan masa konkrit atau jangkar kapal yang ditali.

### 2.5.16. Tegangan Tali Tambat

Gerakan akibat dari beban lingkungan menyebabkan adanya tarikan (*tension*) pada *mooring*. Tension yang terjadi dapat dibedakan menjadi :



1. *Mean Tension*

Mean tension adalah tension pada mooring yang berkaitan dengan mean offset.

2. *Maximum Tension*

*Maximum tension* adalah *mean tension* yang mendapat pengaruh dari kombinasi frekuensi gelombang dan *low frequency tension*.

Menurut *API-RP2SK 3rd edition*, *maximum tension* dapat ditentukan dengan prosedur dibawah ini:

1.  $T_{lfmax} > T_{wfmax}$  , maka:

$$T_{max} = T_{mean} + T_{lfmax} + T_{wfsig} \dots\dots\dots(16)$$

2.  $T_{wfmax} > T_{lfmax}$  , maka:

$$T_{max} = T_{mean} + T_{wfmax} + T_{lfsig} \dots\dots\dots(17)$$

dengan:

$T_{mean}$  = *mean tension*

$T_{max}$  = *maximum tension*

$T_{wfmax}$  = *maximum wave frequency tension*

$T_{wfsig}$  = *significant wave frequency tension*

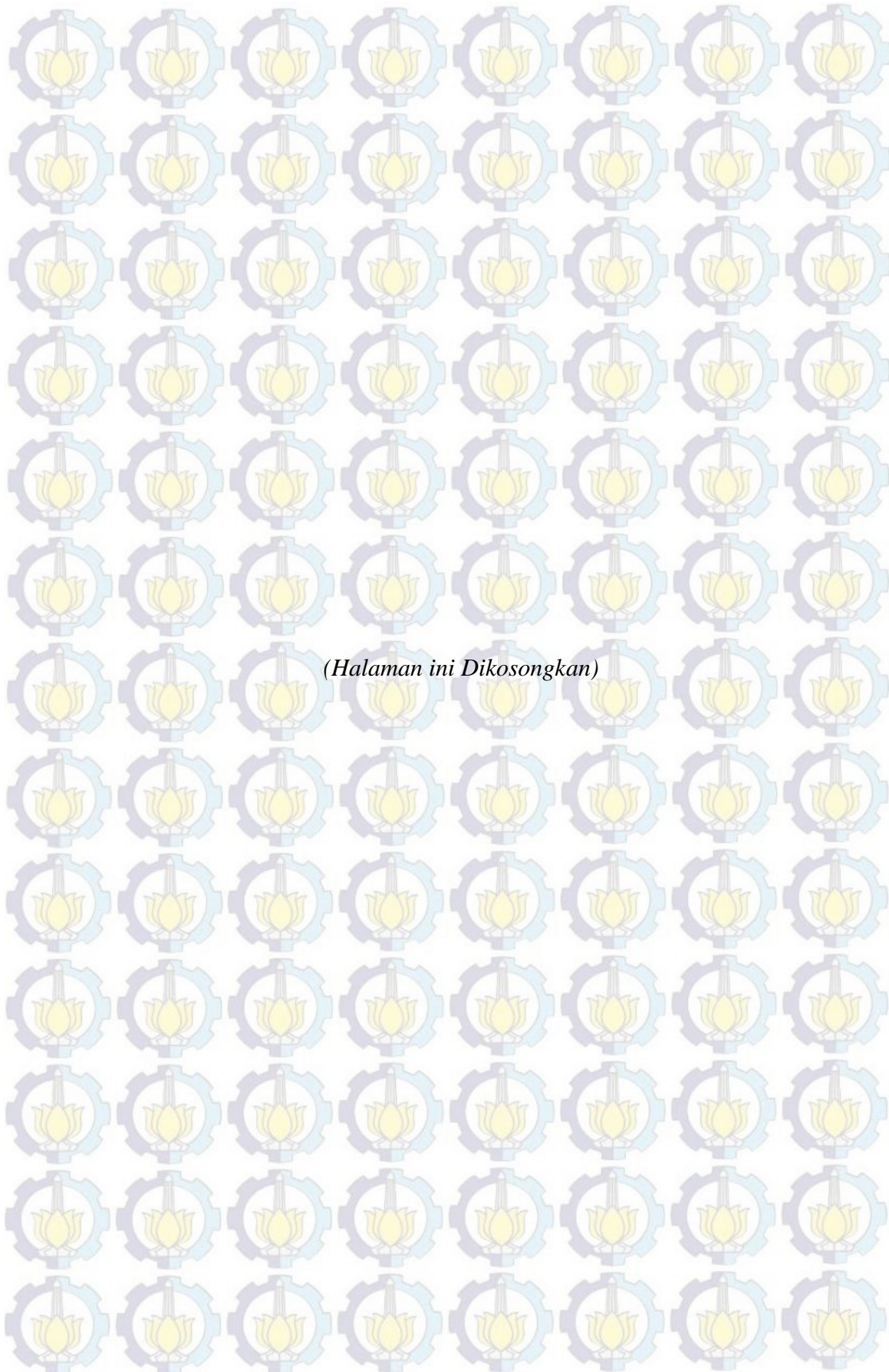
$T_{lfmax}$  = *maximum low-frequency tension*

$T_{lfsig}$  = *significant low-frequency tension*

Untuk mengetahui desain sistem tambat aman atau tidak, harus dilakukan pengecekan. Salah satunya pengecekan dapat dilakukan pada nilai *tension* pada masing-masing tali tambat. *Tension* pada tali tambat harus sesuai dengan kriteria *safety factor* yang terdapat pada *rule*. Pada tugas akhir ini *rule* yang dipakai sebagai acuan adalah ABS. ABS (2004) telah menetapkan *safety factor* untuk *mooring line* harus lebih besar dari 1,67. Persamaan *safety factor* adalah:

$$Safety\ Factor = \frac{Minimum\ Breaking\ Load}{Maximum\ Tension} \dots\dots\dots(18)$$

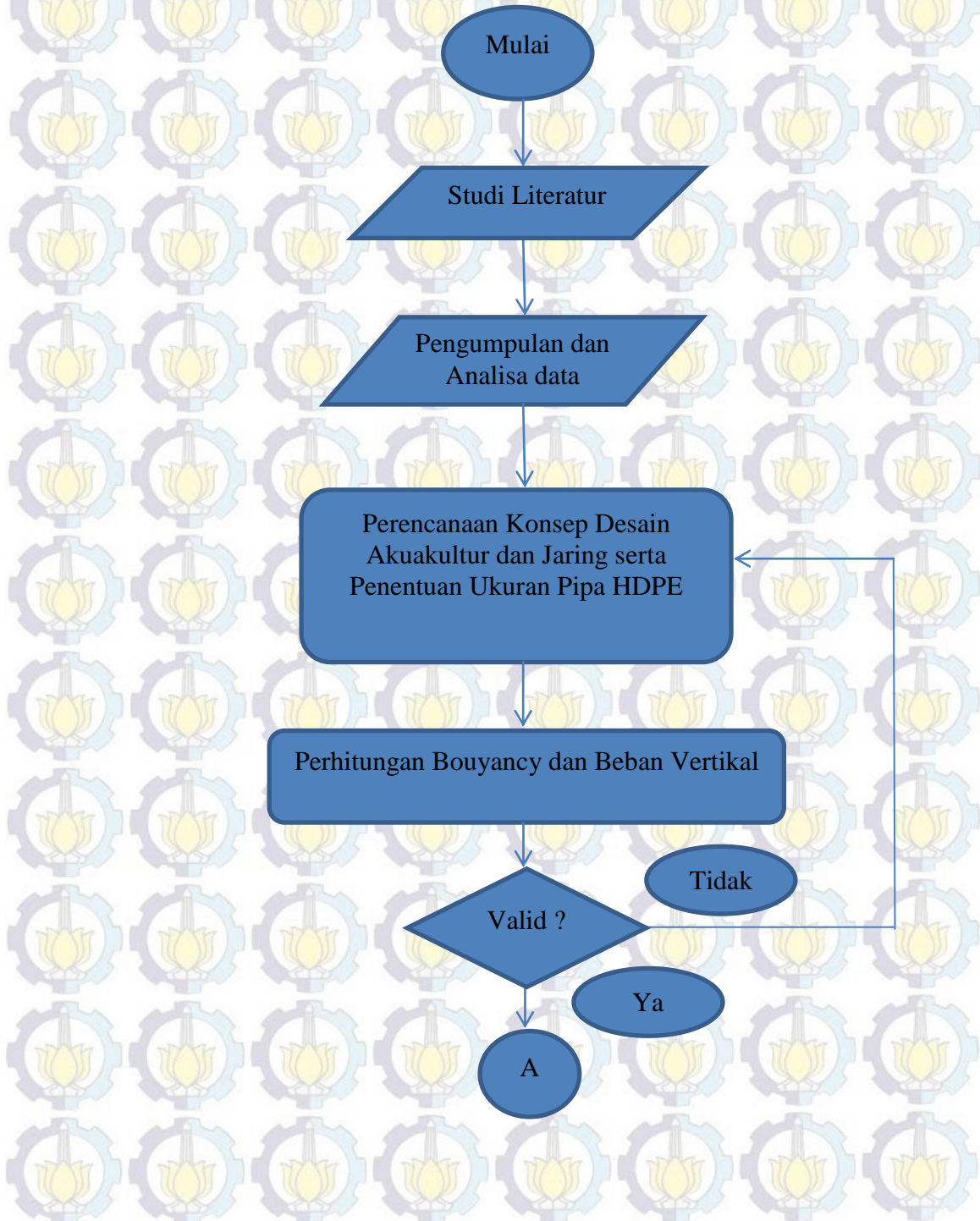




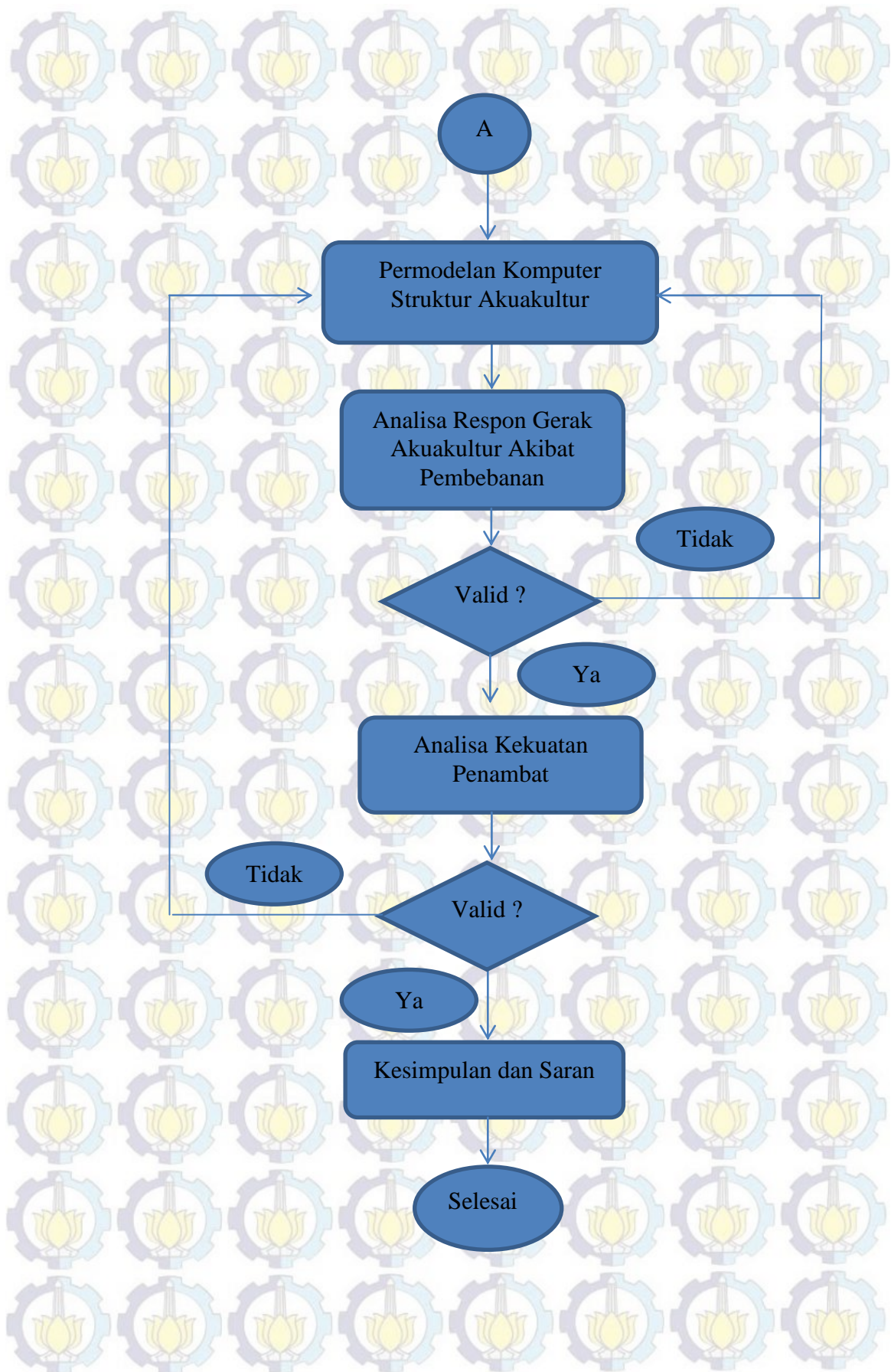


**BAB III**  
**METODOLOGI PENELITIAN**

**3.1. Metode Penelitian**









## 3.2. Penjelasan Diagram Alir Metodologi Penelitian

### 3.2.1. Mulai

Langkah awal yang dilakukan adalah merumuskan masalah yang akan dibahas dan batasan permasalahannya.

### 3.2.2. Studi Literatur

Pada tahapan ini dilakukan pengumpulan buku, paper, maupun jurnal untuk dipelajari. Literatur yang di kumpulkan merupakan literatur yang dapat dijadikan acuan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini. Literatur yang di kumpulkan mengacu pada penelitian terdahulu yang pernah membahas hal serupa.

### 3.2.3. Pengumpulan Data

Pengumpulan data struktur akuakultur berupa data karakteristik Ikan Baronang, dan data ganggang laut. Pengumpulan data karakteristik ikan Baronang mempermudah pemilihan lokasi yang tepat dalam melakukan desain akuakultur untuk budidaya ikan Baronang.

Data Karakteristik Ikan Baronang yaitu:

Tabel 4. Data Karakteristik Ikan Baronang

<b>Kondisi Perairan</b>	<b>Persyaratan Kualitas Air</b>	<b>Pakan</b>	<b>Ukuran Ikan Baronang</b>
Tenang dengan kecepatan arus 20 ~ 40 cm.detik	Kadar garam berkisar antara 27 ~ 32 ppt	Tumbuhan Ganggang	Jantan: memiliki panjang baku 110 – 140 mm
Bersih dari pencemaran dan bebas hama.	Suhu air berkisar antara 28 ~ 32 <sup>0</sup> C		Betina: memiliki panjang baku 130 – 210 mm
	O <sup>2</sup> (oksigen) berkisar antara 7 ~ 8 ppm		



Nitrat 0,9 ~ 3,4 ppm dan phospat 0,2 ~ 0,5 ppm.		
---	--	--

### **3.2.4. Perencanaan Konsep Desain Akuakultur dan Jaring serta Penentuan Ukuran Pipa HDPE**

Pada tahapan ini dilakukan perencanaan terhadap konsep desain floater akuakultur. Hal ini dilakukan agar struktur dapat menyesuaikan dengan kondisi Ikan Baronang dan lingkungan yang ada.

Hal yang direncanakan yaitu:

- Bentuk Akuakultur.
- Cara kerja Akuakultur.
- Penentuan jenis tambat yang dipakai
- Penentuan Ukuran Pipa HDPE yang dipakai sesuai pasaran

### **3.2.5. Perhitungan Bouyancy dan Beban Vertikal**

Pada step ini dilakukan serta perhitungan bouyancy untuk mengetahui apakah desain dan ukuran pipa yang telah ditentukan memiliki upward force yang lebih besar dibanding downward force.

### **3.2.6. Permodelan Akuakultur serta Analisa RAO**

Permodelan perlu diperlukan karena sangat berpengaruh terhadap perhitungan kekuatan akuakultur dan jaring serta kekuatan penambat akuakultur. Permodelan dilakukan untuk menemukan dimensi dan konfigurasi yang tepat dari Akuakultur dan Jaring. Akuakultur dan jaring akan dimodelkan menggunakan software Autocad 2014 dan Maxsurf Advance Modeller V8i 20





### **3.2.7. Analisa Respon Gerak Akuakultur Akibat Beban Gelombang**

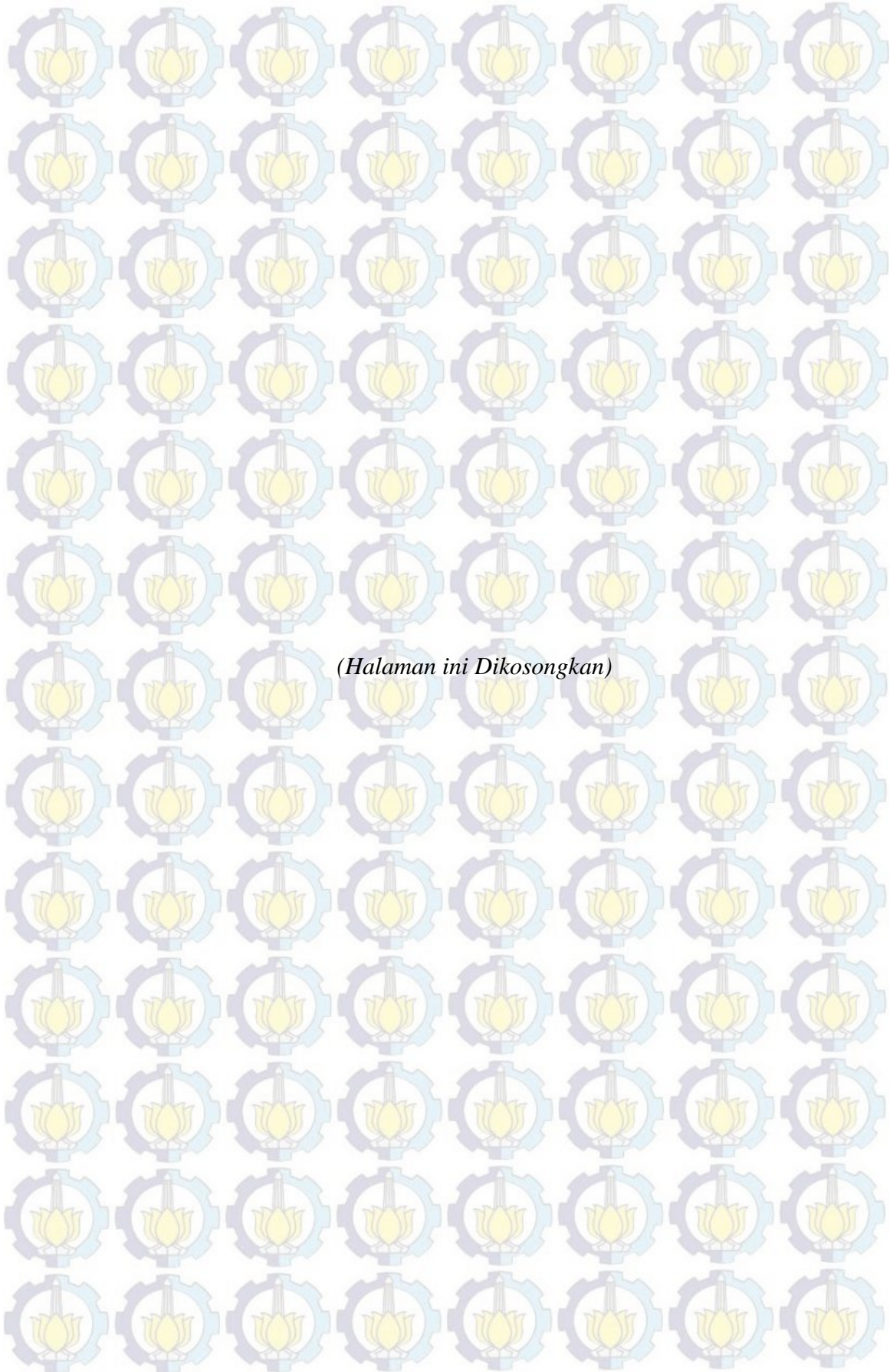
Setelah melakukan permodelan, tahapan selanjutnya adalah menganalisa respon akuakultur dan jaring akibat adanya beban gelombang. Respon gerak akuakultur dianalisis dengan menggunakan software ANSY Workbench 16.0

### **3.2.8. Analisa Kekuatan Penambat Struktur**

Pada tahapan ini akan dianalisa kekuatan tambat pada struktur apakah kuat menahan struktur dan proses penambatan yang dipilih untuk struktur akuakultur.

Analisa kekuatan tambat akan menggunakan software ANSYS Workbench 16.0







## BAB IV DATA DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Data Yang Digunakan Untuk Perhitungan

#### 4.1.1. Data Pipa

Jenis pipa yang digunakan adalah pipa jenis HDPE. HDPE (High Density Polyethylene adalah polietilena termoplastik yang terbuat dari minyak bumi. Untuk membuat 1 kg HDPE diperlukan 1,75 kg minyak bumi (sebagai energi dan bahan baku). HDPE memiliki kekuatan tensil dan gaya antar molekul yang tinggi. Bahan HDPE juga lebih keras dan bisa bertahan pada temperatur tinggi ( $120^{\circ}\text{C}$ ).

Pipa HDPE memiliki karakteristik yang lentur, sehingga dapat mengurangi penggunaan fitting atau sambungan. Pipa HDPE tidak mempunyai potensi untuk mengkontaminasi air. Pipa HDPE dapat digunakan untuk pipa instalasi air panas dan air dingin.



Gambar 12. Pipa HDPE



Tabel 5. Sifat Mekanis HDPE

PROPERTY	TEST METHOD	ASTM SI UNITS	ENGLISH UNITS
Density (Natural)	D1505	0.944g/cc	
Density (Black)	D1505	0.955g/cc	
Flow Rate(190/21.6)	D1238	8.75 g/10 min.	
Tensile Strength @ Ultimate	D638	31.0 MPa	5000psi
Tensile Strength @ Yield	D638	22.8 MPa	3500psi
Ultimate Elongation	D638	>800%	>800%
Flexural Modulus (2% secant)	D790	827MPa	120,000psi
Environmental Stress Crack Resistance (ESCR) Condition C	D1693	>5,000 hrs.	>5,000 hrs.
Brittleness Temperature	D746	<-117 C	<-180 F
Vicat Softening Temperature	D1525	126 C	259 F
Hardness, Shore D	D2240	66	66
Thermal Expansion Coefficient	D696	1.8x10(-4) cm/cm/C	1.0x10(-4) in/in/F
HYDROSTATIC DESIGN BASIS	D2837	11.0MPa @ 23 C	1600psi @ 73.4F
CELL CLASSIFICATION	D3350	345464C**	345464B**
MATERIAL CLASSIFICATION	D1248	Type III Category 5	Grade P34 Class C or B

#### 4.1.2. Ikan

Ikan yang dipilih untuk dibudidayakan adalah Ikan Baronang. Ikan Baronang merupakan ikan herbivora yang termasuk dalam spesies *signanus sp.* Ikan Baronang yang dibudidayakan sebanyak 300 ekor dengan tiap ekor memiliki berat panen sebesar 221 gr.

Tabel 6. Hasil Pemeliharaan Ikan Baronang di KJA Selama 6 Bulan

Pemeliharaan  
(Umar; Niwan; Gani, 2014)

BULAN KE	JUMLAH (EKOR)	BERAT (GRAM)	PANJANG (CM)	SR (%)	SGR (%)
0	300	60	13	100.0	0
1	285	83	16.5	95.0	1.08
2	271	97.5	18	90.3	0.54
3	264	120.5	20	88.0	0.71
4	257	155	20.5	85.7	0.84
5	249	185.6	21.9	83.0	0.60
6	242	221	23	80.7	0.58



$$1 \text{ ekor} = 221 \text{ gr}$$

$$300 \text{ ekor} = 221 \text{ gr} \times 300 \text{ ekor}$$

$$300 \text{ ekor} = 66300 \text{ gr} = 66.3 \text{ kg} = 0.066 \text{ T}$$

#### 4.1.3. Kerang dan Rumput Laut

Karena memakai sistem *Integrated Multi Trophic Aquaculture* (IMTA) maka dibutuhkan kerang dan rumput laut. Kerang berfungsi sebagai pengolah bahan organik sisa dari ikan baronang sedangkan rumput laut disamping sebagai pakan ikan baronang juga berfungsi sebagai pengolah bahan anorganik dari ikan baronang. Kerang yang akan di gunakan memiliki berat sebesar 10 kg dan rumput laut memiliki berat sebesar 20 kg.

$$\text{Kerang} = 10 \text{ kg}$$

$$\text{Seaweed} = 20 \text{ kg}$$

#### 4.1.4. Beban Hidup

Beban hidup atau live load yang digunakan dalam perhitungan yaitu 2 orang lelaki dewasa dengan berat masing-masing sebesar 75 kg.

$$2 \times 75 = 150 \text{ kg}$$

#### 4.1.5. Data Lingkungan

Data lingkungan yang digunakan berupa tinggi gelombang. Lokasi penelitian yang dipilih adalah Gili Ketapang. Berikut adalah data lingkungan yang didapat dari BMKG berupa tinggi gelombang yang terjadi sepanjang tahun 2014.



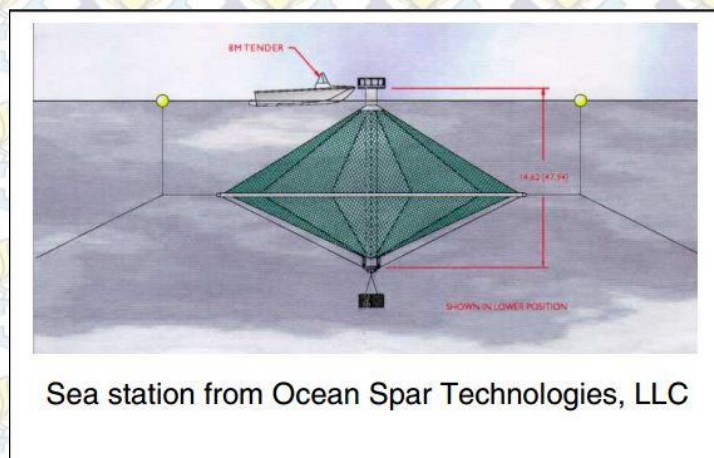
Tabel 7. Data Tinggi Gelombang dan Jumlahnya Pada Tahun 2014

Tahun 2014	
Tinggi (m)	Jumlah
0	45
0,1	84
0,2	53
0,3	43
0,4	37
0,5	30
0,6	21
0,7	15
0,8	18
0,9	7
1	4
1,1	4
1,2	2
1,3	1
1,5	1

## 4.2. Perancangan Awal Struktur Aquaculture

### 4.2.1. Penentuan Konsep Desain Aquaculture

Dalam penentuan konsep Aquaculture ini dilakukan survey terhadap jenis atau tipe tipe aquaculture yang sudah ada dan telah di install di dunia. Berikut adalah beberapa konsep desain Aquaculture yang ada didunia



Gambar 13. Aquaculture Tipe Spar

(Scott D.C.B., Muir J.F. Offshore cage systems: A practical overview)

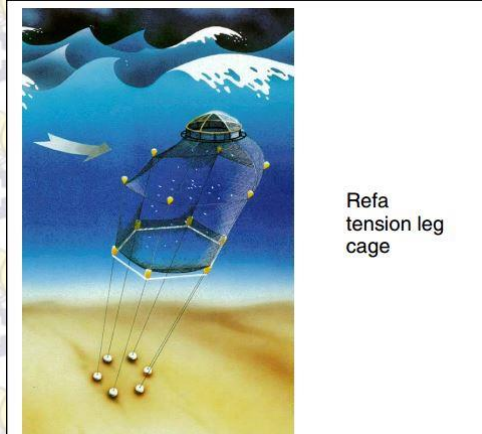




Semi-submersible off-shore system from Farnoceen International AB

Gambar 14. Aquaculture Tipe Semisubmesible

(Scott D.C.B., Muir J.F. Offshore cage systems: A practical overview)



Gambar 15. Tension Leg Aquaculture

(Scott D.C.B., Muir J.F. Offshore cage systems: A practical overview)



Gambar 16. Circle Cage Aquaculture

([www.stargold.co.id](http://www.stargold.co.id))



Dari keempat desain tersebut, dilakukan perbandingan desain mana yang mungkin digunakan dalam tugas akhir ini.

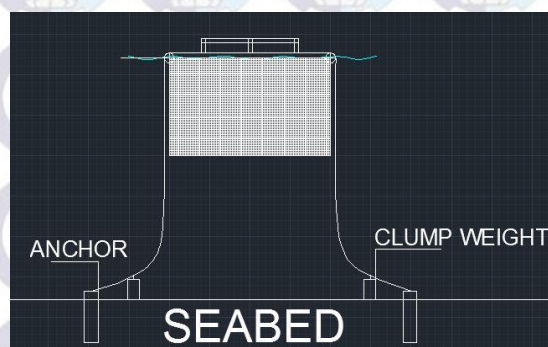
Karena hasil dari tugas akhir ini digunakan untuk membantu nelayan di pesisir pantai laut Jawa, oleh karena itu desain yang dipilih harus familiar dan sesuai dengan keadaan nelayan Indonesia. Diantara ke 4 desain tersebut dipilih desain yang memiliki bentuk sesederhana mungkin dan semudah mungkin didapat dipasaran dan mudah dalam pengoperasiannya. Desain yang dipilih yaitu Circle Cage Aquaculture karena memiliki desain yang sederhana dan bahan bahan dalam pembuatannya mudah didapat dipasaran.

#### 4.2.1.1. Circle Cage Aquaculture

Circle cage Aquaculture atau biasa di sebut dengan keramba jaring apung bulat merupakan struktur Aquaculture berbentuk lingkaran yang terbuat dari pipa HDPE dengan sistem tertambat dengan menggunakan mooring.



Gambar 17. Circle Cage Aquaculture  
([www.google.com](http://www.google.com))



Gambar 18. Sketsa Desain Circle Cage Aquaculture



## **4.2.2. Konsep Desain Aquaculture**

### **4.2.2.1. Variabel yang dipertimbangkan**

Dalam penentuan konsep desain ini terdapat 3 komponen utama yang harus dipertimbangkan yaitu:

a. Pipa HDPE

Pada komponen ini variabel yang perlu dipertimbangkan yaitu

- Dimensi atau ukuran pipa HDPE
- Berat pipa HDPE
- Eksistensinya dipasaran

b. Jaring

Pada komponen ini variabel yang perlu dipertimbangkan yaitu

- Berat jaring yang akan dipakai
- Ukuran atau dimensi mesh dari jaring
- Eksistensinya di pasaran

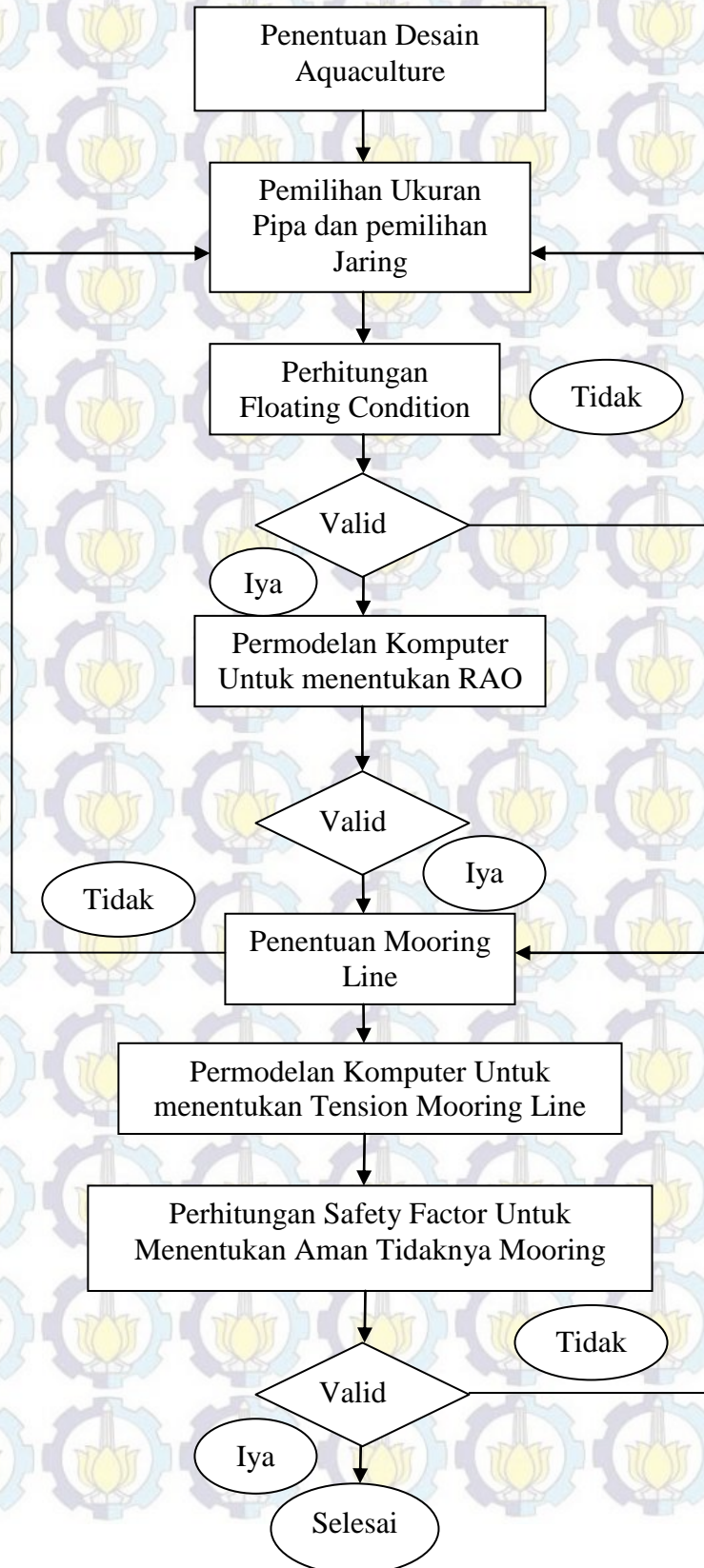
c. Mooring

Pada komponen ini variabel yang perlu dipertimbangkan yaitu

- Jenis mooring line yang digunakan
- Dimensi mooring line
- Panjang mooring line yang sesuai
- Pemberat mooring yang akan digunakan



#### 4.2.2.2. Flowchart Konsep Desain Aquaculture





### 4.2.3. Pemilihan Ukuran Pipa HDPE

Metode yang digunakan dalam pemilihan ukuran Pipa HDPE yaitu dengan cara melakukan perhitungan *Floating Condition* untuk mengetahui apakah ukuran pipa yang dipilih memiliki gaya *bouyancy* lebih besar dari pada gaya berat yang berkerja pada struktur sehingga ukuran pipa tersebut dapat digunakan. Ukuran pipa HDPE yang akan diperhitungkan dipilih berdasarkan ukuran pipa yang sudah ada dipasaran.

Tabel 8. Ukuran Pipa HDPE Dipasaran

#### PE 3608/3408 IPS HDPE PIPE SIZES

Pressure Rating		DR 7 ( 267psi )			DR 7.3 ( 254psi )			DR 9 ( 200psi )			DR 11 ( 160psi )			DR 13.5 ( 128psi )			DR 15.5 ( 110psi )		
Nominal Size	Actual O.D.	Min. wall	Average I.D.	Weight lb/ft	Min. wall	Average I.D.	Weight lb/ft	Min. wall	Average I.D.	Weight lb/ft	Min. wall	Average I.D.	Weight lb/ft	Min. wall	Average I.D.	Weight lb/ft	Min. wall	Average I.D.	Weight lb/ft
3/4"	1.05"	0.150"	0.732"	0.184	0.144"	0.745"	0.178	0.117"	0.803"	0.150	0.095"	0.848"	0.125	---	---	---	---	---	---
1"	1.315"	0.188"	0.917"	0.289	0.180"	0.933"	0.279	0.146"	1.005"	0.234	0.120"	1.062"	0.197	---	---	---	---	---	---
1 1/4"	1.66"	0.237"	1.157"	0.460	0.227"	1.178"	0.444	0.184"	1.269"	0.372	0.151"	1.340"	0.312	---	---	---	---	---	---
1 1/2"	1.90"	0.271"	1.325"	0.603	0.260"	1.348"	0.582	0.211"	1.452"	0.488	0.173"	1.534"	0.409	---	---	---	---	---	---
2"	2.375"	0.339"	1.656"	0.943	0.325"	1.685"	0.762	0.264"	1.816"	0.762	0.216"	1.917"	0.639	0.176"	2.002"	0.531	0.153"	2.050"	0.467
3"	3.500"	0.500"	2.440"	2.047	0.479"	2.484"	1.656	0.389"	2.676"	1.656	0.318"	2.825"	1.387	0.259"	2.950"	1.153	0.226"	3.021"	1.015
4"	4.500"	0.643"	3.137"	3.384	0.616"	3.193"	2.737	0.500"	3.440"	2.737	0.409"	3.633"	2.294	0.333"	3.793"	1.906	0.290"	3.885"	1.678
5"	5.375"	0.768"	3.747"	4.830	0.736"	3.814"	4.663	0.597"	4.109"	3.903	0.489"	4.339"	3.272	0.398"	4.531"	2.718	0.347"	4.640"	2.396
5"	5.563"	0.795"	3.878"	5.172	0.762"	3.947"	4.182	0.618"	4.253"	4.182	0.506"	4.491"	3.505	0.412"	4.689"	2.912	0.359"	4.802"	2.564
6"	6.625"	0.946"	4.619"	7.336	0.908"	4.701"	5.932	0.736"	5.064"	5.932	0.602"	5.348"	4.971	0.491"	5.585"	4.130	0.427"	5.719"	3.637
7"	7.125"	1.018"	4.967"	8.195	0.976"	5.056"	8.200	0.792"	5.447"	6.863	0.648"	5.752"	5.750	0.528"	6.006"	4.779	0.460"	6.150"	3.985
8"	8.625"	1.232"	6.013"	12.433	1.182"	6.120"	10.054	0.958"	6.593"	10.054	0.784"	6.963"	8.425	0.639"	7.271"	7.001	0.556"	7.445"	6.164
10"	10.750"	1.536"	7.494"	19.314	1.473"	7.628"	15.618	1.194"	8.218"	15.618	0.977"	8.678"	13.089	0.796"	9.062"	10.875	0.694"	9.280"	9.576
12"	12.750"	1.821"	8.889"	27.170	1.747"	9.047"	21.970	1.417"	9.747"	21.970	1.159"	10.293"	18.412	0.944"	10.748"	15.298	0.823"	11.006"	13.471
14"	14.000"	2.000"	9.760"	32.758	1.918"	9.934"	26.489	1.556"	10.702"	26.489	1.273"	11.302"	22.199	1.037"	11.801"	18.445	0.903"	12.085"	16.242
16"	16.00"	2.286"	11.154"	42.786	2.192"	11.353"	34.598	1.778"	12.231"	34.598	1.455"	12.916"	28.994	1.185"	13.487"	24.092	1.032"	13.812"	21.214
18"	18.00"	2.571"	12.549"	54.151	2.466"	12.773"	43.788	2.000"	13.760"	43.788	1.636"	14.531"	36.696	1.333"	15.173"	30.491	1.161"	15.538"	26.849
20"	20.00"	2.857"	13.943"	66.853	2.740"	14.192"	54.059	2.222"	15.289"	54.059	1.818"	16.145"	45.304	1.481"	16.859"	37.643	1.290"	17.265"	33.146
22"	22.00"	3.143"	15.337"	80.170	3.014"	15.611"	65.412	2.444"	16.818"	65.412	2.000"	17.760"	54.818	1.630"	18.545"	45.548	1.419"	18.991"	40.107
24"	24.00"	3.429"	16.731"	96.267	3.288"	17.030"	92.988	2.667"	18.347"	77.845	2.182"	19.375"	65.237	1.778"	20.231"	54.206	1.548"	20.717"	47.731
26"	26.00"	---	---	---	3.562"	18.449"	110.192	2.889"	19.876"	92.050	2.364"	20.989"	76.563	1.926"	21.917"	63.617	1.677"	22.444"	56.018
28"	28.00"	---	---	---	---	---	---	3.111"	21.404"	106.750	2.545"	22.604"	88.795	2.074"	23.603"	73.781	1.806"	24.170"	64.967
30"	30.00"	---	---	---	---	---	---	3.333"	22.933"	121.633	2.727"	24.218"	101.934	2.222"	25.289"	84.697	1.935"	25.897"	74.580
32"	32.00"	---	---	---	---	---	---	3.556"	24.462"	139.452	2.909"	25.833"	116.670	2.370"	26.975"	96.367	2.065"	27.623"	84.855
34"	34.00"	---	---	---	---	---	---	3.091"	27.447"	130.930	3.091"	27.447"	130.930	2.519"	28.661"	109.332	2.194"	29.350"	96.209
36"	36.00"	---	---	---	---	---	---	---	---	---	3.273"	29.062"	146.780	2.667"	30.347"	121.960	2.323"	31.076"	107.395

### 4.2.4. Jaring dan Pemberat

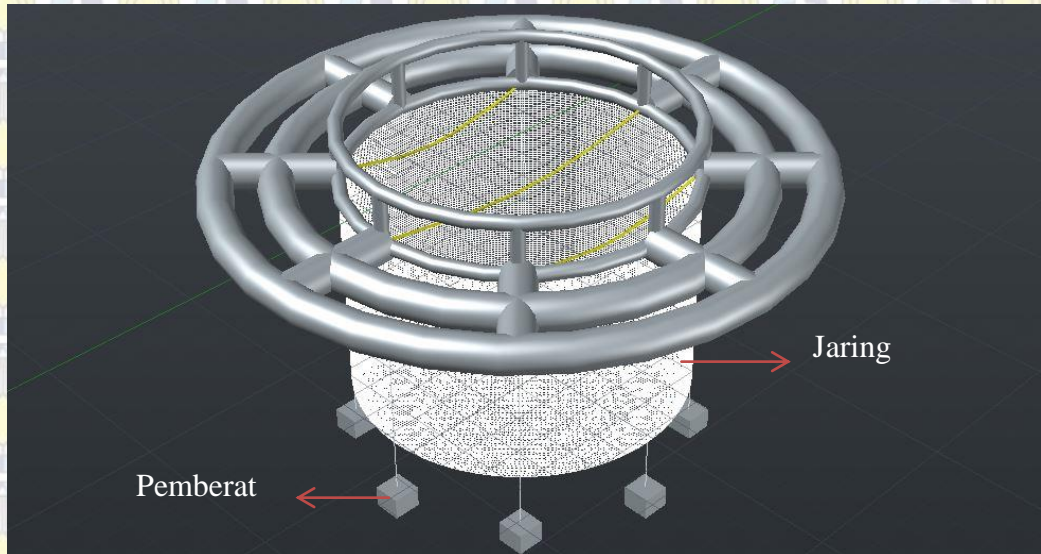
Jaring yang digunakan adalah jaring berbahan dasar polyethylene (PE). Menggunakan jaring berbahan dasar Polyethylene karena jaring polyethylene memiliki sifat material yang kuat dibanding jenis jaring lainnya dan lebih mudah didapatkan dipasaran. Ukuran mesh 0,75 – 1 inch dengan luas 75,36 m<sup>2</sup> dan berat sebesar 10 kg. Menggunakan ukuran mesh 0,75 – 1 inch karena ikan baronang memiliki ukuran 13 cm pada keadaan belum siap panen dan memiliki ukuran 45 cm pada keadaan siap panen. Pemberat jaring sebanyak 8 buah masing-masing



memiliki berat sebesar 5 kg. Dilakukan pemberian pemberat pada jaring agar jaring tetap berada pada posisinya ketika terkena arus.

*Jaring = 10 kg*

*Pemberat = 8 × 5 = 40 kg*



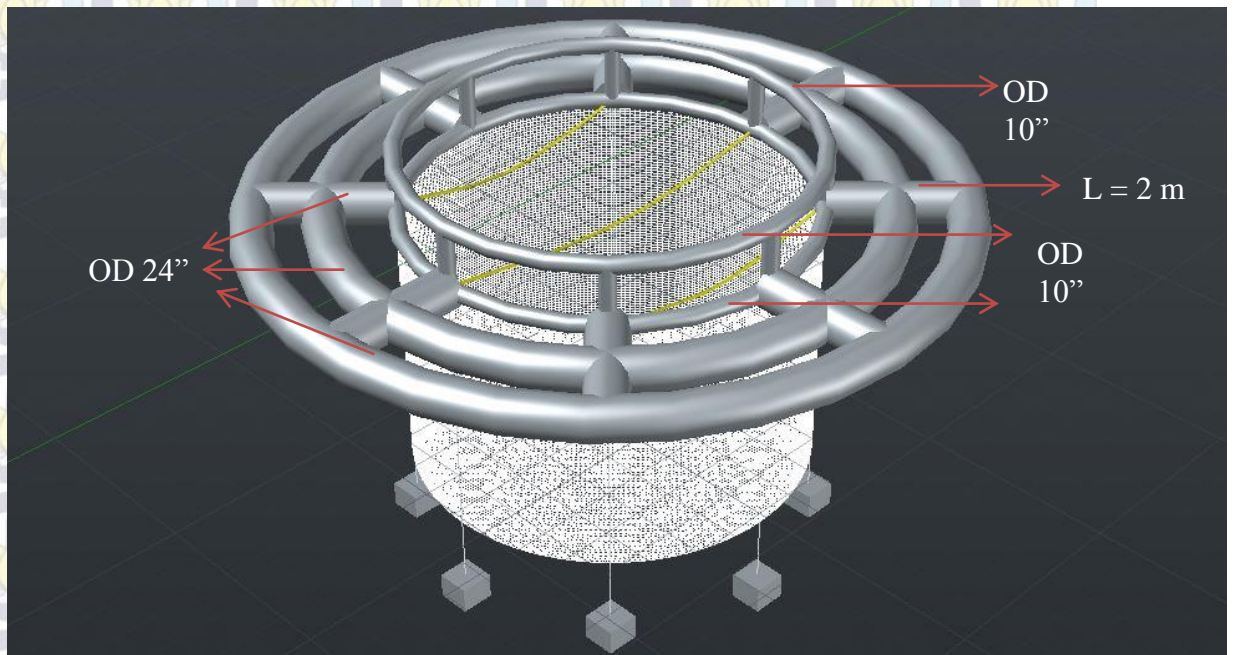
Gambar 19. Jaring dan Pemberat

#### 4.2.5. Perhitungan Floating Condition untuk Pemilihan Ukuran Pipa

Dengan melakukan percobaan satu persatu menggunakan perhitungan *floating condition* didapatkan ukuran optimal yang dapat digunakan dalam Tugas Akhir ini adalah Pipa berdiameter 24 inch dengan ketebalan 2,182 inch dan pipa berdiameter 10 inch dengan ketebalan 0,977. Pipa ini juga berfungsi sebagai tempat jalan bagi nelayan yang akan mengontrol pertumbuhan Ikan Baronang.

Berikut dijabarkan perhitungan yang dilakukan dalam pemilihan ukuran pipa yang akan digunakan.

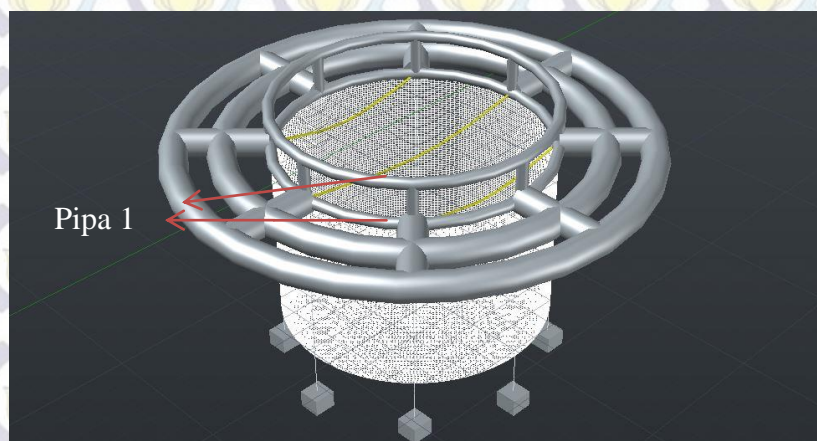




Gambar 20. Spesifikasi Pipa Pada Sangkar Akuakultur

- Pipa 1

- Outside Diameter (OD) = 10 inch = 0,254 m
- Thickness (wt) = 0,977 inch = 0,025 m
- Inside Diameter (ID) = OD - 2 wt = 0,204 m
- Density ( $\rho$  pipa) = 970 kg/m<sup>3</sup>
- Keliling Pipa (L) =  $2 \times \pi \times (\frac{1}{2} \text{OD})^2 = 18,84 \text{ m}$
- Volume (V) =  $\frac{1}{4} \times \pi \times (\text{OD}^2 - \text{ID}^2) \times L = 0,337 \text{ m}^3$
- Jumlah = 2 buah

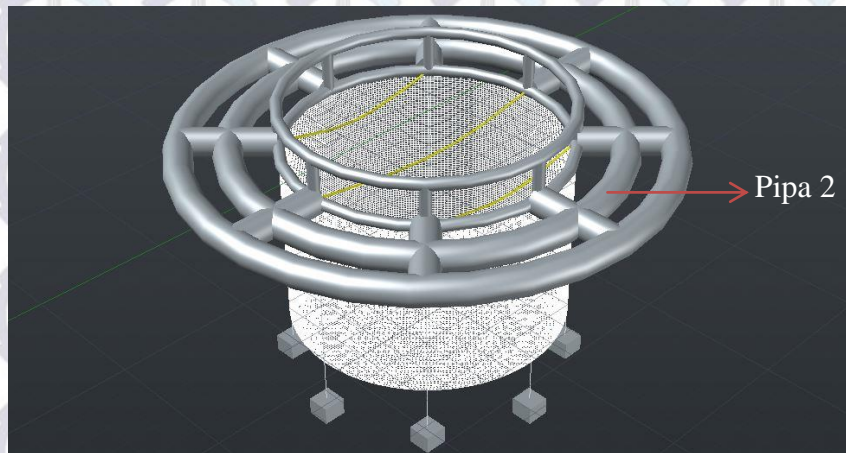




Gambar 21. Pipa 1

- Pipa 2

- Outside Diameter (OD) = 24 inch = 0,6096 m
- Thickness (wt) = 2,182 inch = 0,055 m
- Inside Diameter (ID) = OD - 2 wt = 0,623 m
- Density ( $\rho$  pipa) = 970 kg/m<sup>3</sup>
- Keliling Pipa (L) =  $2 \times \pi \times (\frac{1}{2} \text{ OD})^2$  = 25,12 m
- Volume (V) =  $\frac{1}{4} \times \pi \times (\text{OD}^2 - \text{ID}^2) \times L$  = 3,787 m<sup>3</sup>
- Jumlah = 1 buah

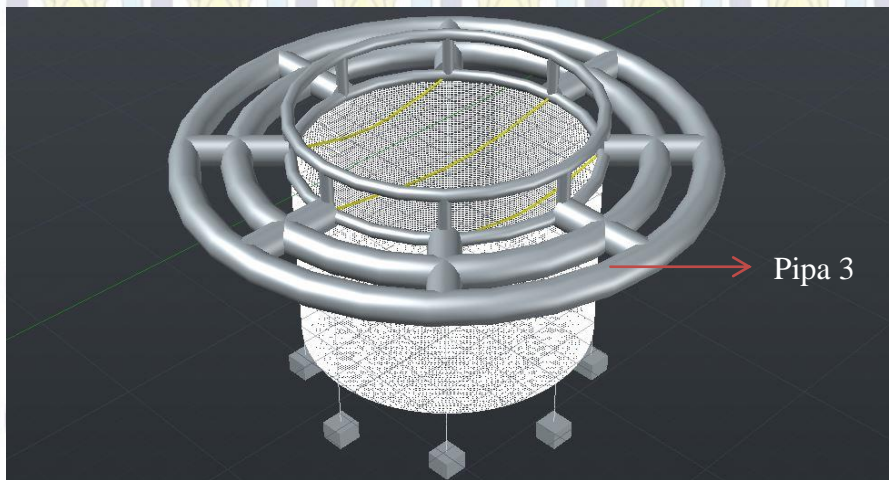


Gambar 22. Pipa 2

- Pipa 3

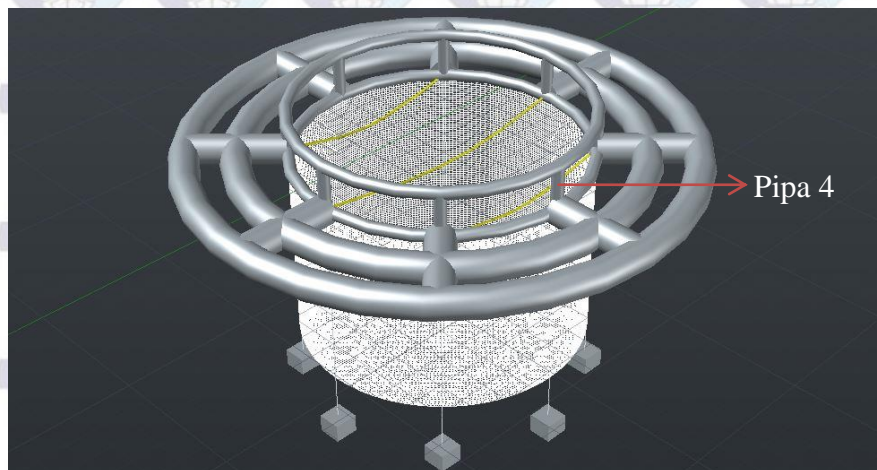
- Outside Diameter (OD) = 24 inch = 0,6096 m
- Thickness (wt) = 2,182 inch = 0,055 m
- Inside Diameter (ID) = OD - 2 wt = 0,623 m
- Density ( $\rho$  pipa) = 970 kg/m<sup>3</sup>
- Keliling Pipa (L) =  $2 \times \pi \times (\frac{1}{2} \text{ OD})^2$  = 31,40 m
- Volume (V) =  $\frac{1}{4} \times \pi \times (\text{OD}^2 - \text{ID}^2) \times L$  = 4,733 m<sup>3</sup>
- Jumlah = 1 buah





Gambar 23. Pipa 3

- Pipa 4
  - Outside Diameter (OD) = 10 inch = 0,254 m
  - Thickness (wt) = 0,977 inch = 0,025 m
  - Inside Diameter (ID) = OD - 2 wt = 0,204 m
  - Density ( $\rho$  pipa) = 970 kg/m<sup>3</sup>
  - Keliling Pipa (L) =  $2 \times \pi \times (\frac{1}{2} \text{ OD})^2 = 0,92 \text{ m}$
  - Volume (V) =  $\frac{1}{4} \times \pi \times (\text{OD}^2 - \text{ID}^2) \times L = 0,016 \text{ m}^3$
  - Jumlah = 8 buah

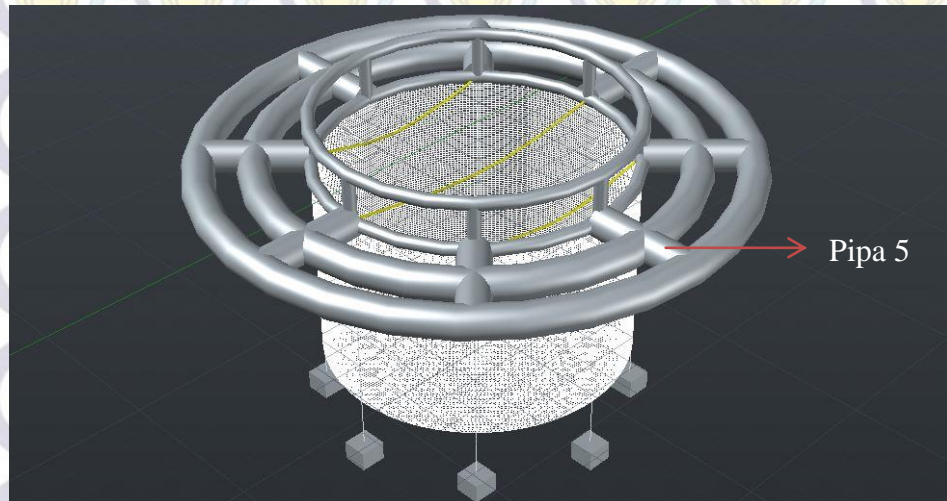


Gambar 24. Pipa 4

- Pipa 5
  - Outside Diameter (OD) = 24 inch = 0,762 m
  - Thickness (wt) = 2,182 inch = 0,055 m



- Inside Diameter (ID) =  $OD - 2 \text{ wt} = 0,623 \text{ m}$
- Density ( $\rho$  pipa) =  $970 \text{ kg/m}^3$
- Panjang Pipa (L) =  $2 \times \pi \times (\frac{1}{2} OD)^2 = 2 \text{ m}$
- Volume (V) =  $\frac{1}{4} \times \pi \times (OD^2 - ID^2) \times L = 4,733 \text{ m}^3$
- Jumlah = 8 buah



Gambar 25. Pipa 5

#### 4.2.6. Gaya Berat dan Bouyancy Struktur

##### 4.2.6.1. Gaya Berat

- Pipa 1
  - Volume (V) =  $0,337 \text{ m}^3$
  - Pipe Density ( $\rho$  Pipe) =  $970 \text{ kg/m}^3$
  - Jumlah (n) = 2
  - Gaya Berat =  $V \times \rho \text{ Pipe} \times n = 653 \text{ kg} = 0,653 \text{ T}$
- Pipa 2
  - Volume (V) =  $2,424 \text{ m}^3$
  - Pipe Density ( $\rho$  Pipe) =  $970 \text{ kg/m}^3$
  - Jumlah (n) = 1
  - Gaya Berat =  $V \times \rho \text{ Pipe} \times n = 3673 \text{ kg} = 2,351 \text{ T}$
- Pipa 3
  - Volume (V) =  $3,030 \text{ m}^3$



- Pipe Density ( $\rho$  Pipe) =  $970 \text{ kg/m}^3$
- Jumlah (n) = 1
- Gaya Berat =  $V \times \rho \text{ Pipe} \times n = 3673 \text{ kg} = 2,939 \text{ T}$
- Pipa 4
  - Volume (V) =  $0,016 \text{ m}^3$
  - Pipe Density ( $\rho$  Pipe) =  $970 \text{ kg/m}^3$
  - Jumlah (n) = 1
  - Gaya Berat =  $V \times \rho \text{ Pipe} \times n = 3673 \text{ kg} = 0,128 \text{ T}$
- Pipa 5
  - Volume (V) =  $0,193 \text{ m}^3$
  - Pipe Density ( $\rho$  Pipe) =  $970 \text{ kg/m}^3$
  - Jumlah (n) = 8
  - Gaya Berat =  $V \times \rho \text{ Pipe} \times n = 3673 \text{ kg} = 1,498 \text{ T}$
- Total Gaya Berat Pipa = Pipa 1 + Pipa 2 + Pipa 3 + Pipa 4 + Pipa 5
  - =  $0,653 \text{ T} + 2,351 \text{ T} + 2,939 \text{ T} + 0,128 \text{ T} + 1,498 \text{ T}$
  - =  $7,569 \text{ T}$

#### 4.2.6.2. Bouyancy

- Pipa 1
  - Volume (V) =  $0,337 \text{ m}^3$
  - Sea Water Density ( $\rho$  sea) =  $1025 \text{ kg/m}^3$
  - Jumlah (n) = 2
  - Bouyancy =  $V \times \rho \text{ sea} \times n = 3673 \text{ kg} = 0,690 \text{ T}$
- Pipa 2
  - Volume (V) =  $2,424 \text{ m}^3$
  - Sea Water Density ( $\rho$  sea) =  $1025 \text{ kg/m}^3$
  - Jumlah (n) = 1
  - Bouyancy =  $V \times \rho \text{ sea} \times n = 3673 \text{ kg} = 2,484 \text{ T}$
- Pipa 3
  - Volume (V) =  $3,030 \text{ m}^3$



- Sea Water Density ( $\rho$  sea) = 1025 kg/m<sup>3</sup>
- Jumlah (n) = 1
- Bouyancy =  $V \times \rho$  sea  $\times n = 3673$  kg = 3,106 T
- Pipa 5
  - Volume (V) = 0,193 m<sup>3</sup>
  - Sea Water Density ( $\rho$  sea) = 1025 kg/m<sup>3</sup>
  - Jumlah (n) = 8
  - Bouyancy =  $V \times \rho$  sea  $\times n = 3673$  kg = 1,582 T
- Total Bouyancy Pipa = Pipa 1 + Pipa 2 + Pipa 3 + Pipa 5  
 = 0,690 T + 2,484 T + 3,106 T + 0,135 T + 1,582 T  
 = 7,997 T

#### 4.2.7. Floating Condition

- Total Gaya Berat = Total Berat Pipa + Berat Jaring + Berat Pemberat + Berat Beban Hidup + Berat Kerang  
 = 7,569 T + 0,01 T + 0,04 T + 0,15 T + 0,01 T  
 = 7,779 T
- Total Bouyancy = Bouyancy Pipa 1 + Bouyancy Pipa 2 + Bouyancy Pipa 3 + Bouyancy Pipa 5  
 = 7,518 T
- Floating Condition = T Bouyancy – T Gaya Berat  
 = 7,518 T - 7,779 T  
 = -0,261 T

Karena dari hasil dari perhitungan *floating condition* diketahui bahwa gaya *Bouyancy* lebih besar dari pada Gaya Berat maka dengan begitu dapat disimpulkan bahwa ukuran pipa ini dapat digunakan karena tidak akan tenggelam atau akan berada dalam keadaan terapung.

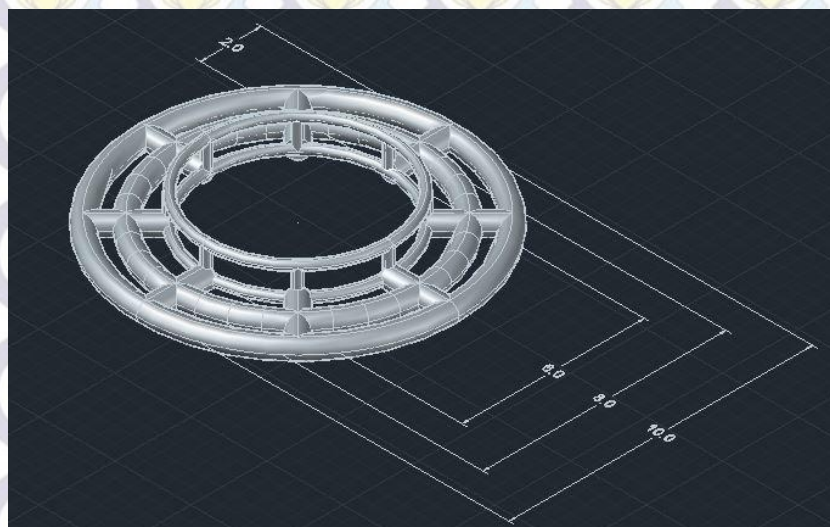


### 4.3. Analisa Permodelan Komputer

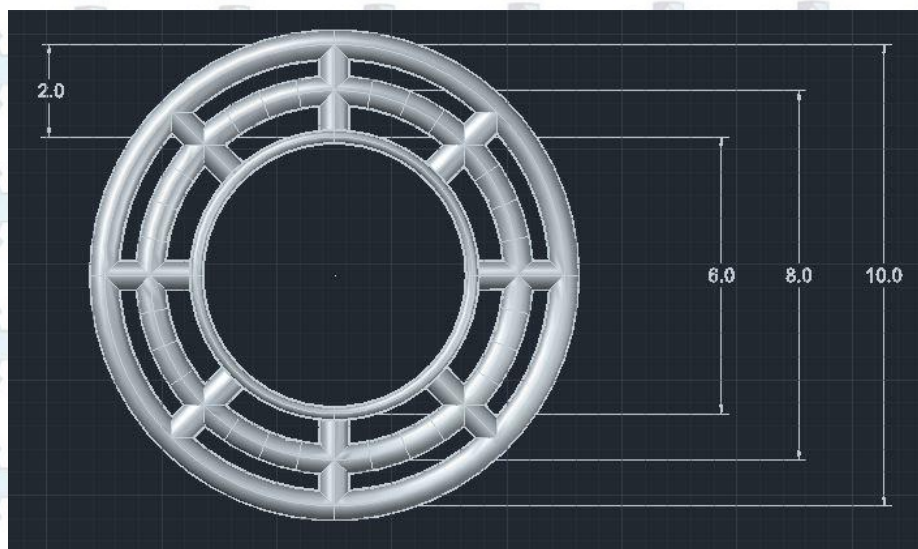
#### 4.3.1. Model

Permodelan struktur Aquaculture dibantu dengan menggunakan Autocad 2014 3D lalu di-export dengan format .iges/.sat untuk selanjutnya di-import pada permodelan Ansys Workbench. Permodelan yang dilakukan hanya memodelkan strukturnya saja tanpa jaring.

#### 4.3.2. Geometri

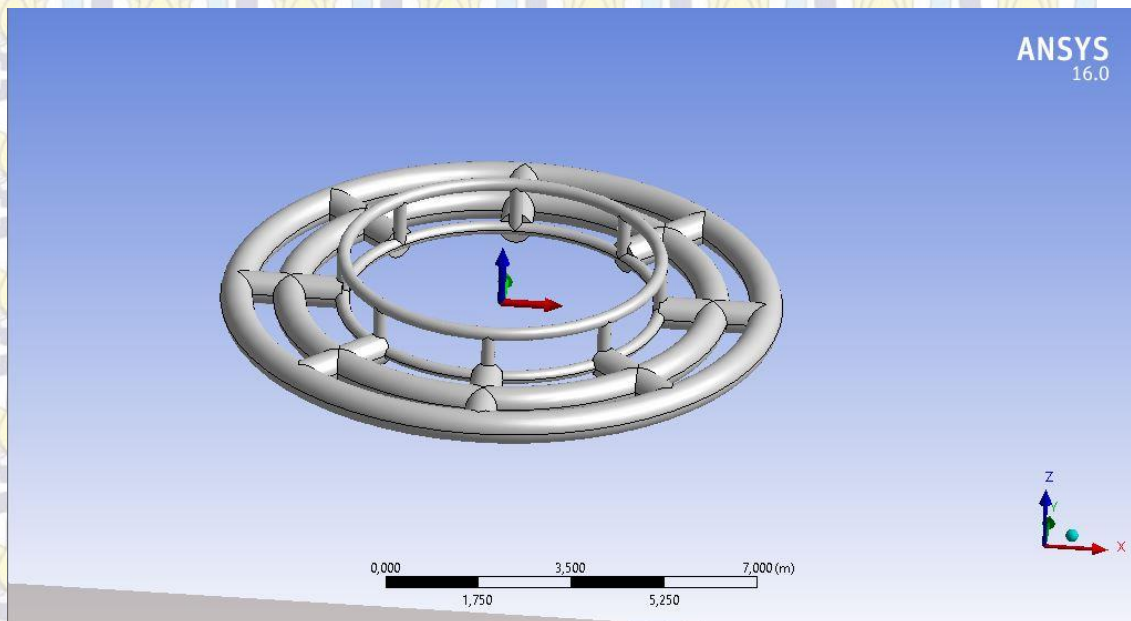


Gambar 26. Geometri 3D Struktur Pada AutoCAD 2014



Gambar 27. Tampak Atas Geometri 3D Struktur Pada AutoCAD 2014





Gambar 28. Geometri 3D Struktur Pada ANSYS Workbench

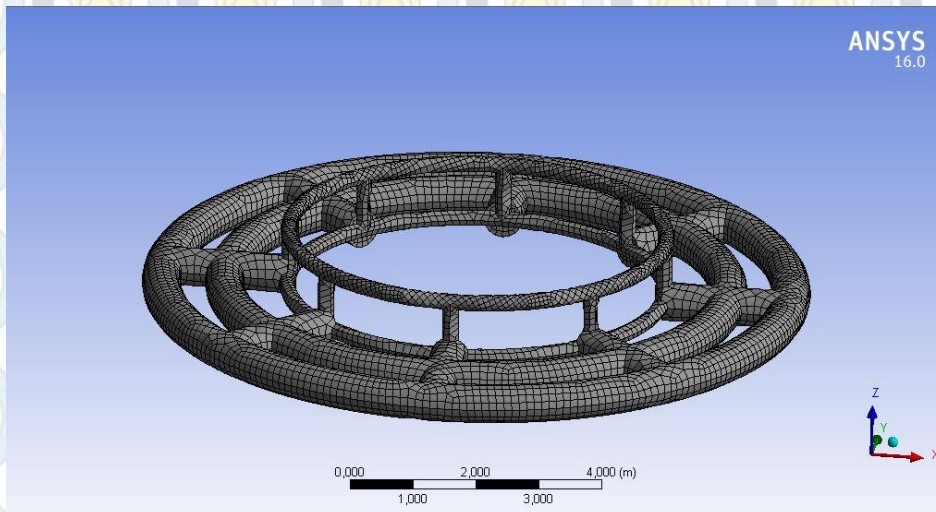
#### 4.3.3. Mesh

Meshing menggunakan tipe yang sudah terkontrol dari software ANSYS dengan detail mesh sebagai berikut

Tabel 9. Detail Meshing Menggunakan Software ANSYS Workbench

Object Name	Mesh
State	Meshed
<b>Details of Mesh</b>	
<b>Defaults</b>	
Global Control	Basic Controls
<b>Mesh Parameters</b>	
Defeaturing Tolerance	0,09 m
Max Element Size	0,2 m
Max Allowed Frequency	1,106 Hz
Meshing Type	Program Controlled
<b>Generated Mesh Information</b>	
Number of Nodes	11890
Number of Elements	11946
Number of Diff Nodes	5246
Number of Diff Elements	4634





Gambar 29. Meshing Model Struktur Pada ANSYS Workbench

#### 4.4. RAO Free Floating dan Tertambat

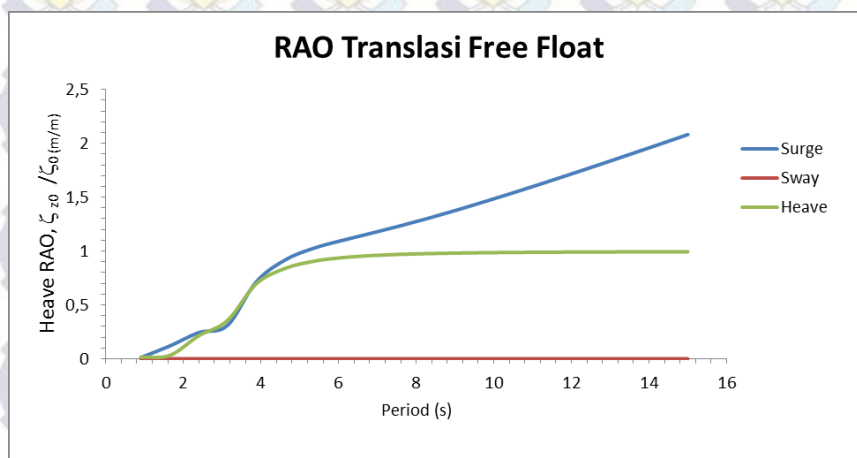
##### 4.4.1. Data Gelombang

Data gelombang yang dipakai adalah 20 tahunan dengan tinggi gelombang signifikan sebesar 2,35 meter, dengan Periode 6,67 s

##### 4.4.2. RAO Free Floating

Pada step ini akan dianalisa bagaimana respon gerakan struktur terhadap gelombang setinggi 1 m.

##### 4.4.2.1. RAO Translasi Terapung Bebas



Gambar 30. Grafik Hasil Analisa RAO Translasi Struktur Pada Keadaan Free Floating



Tabel 10. Hasil Analisa RAO Translasi Struktur Free Floating pada Periode 6,67 s

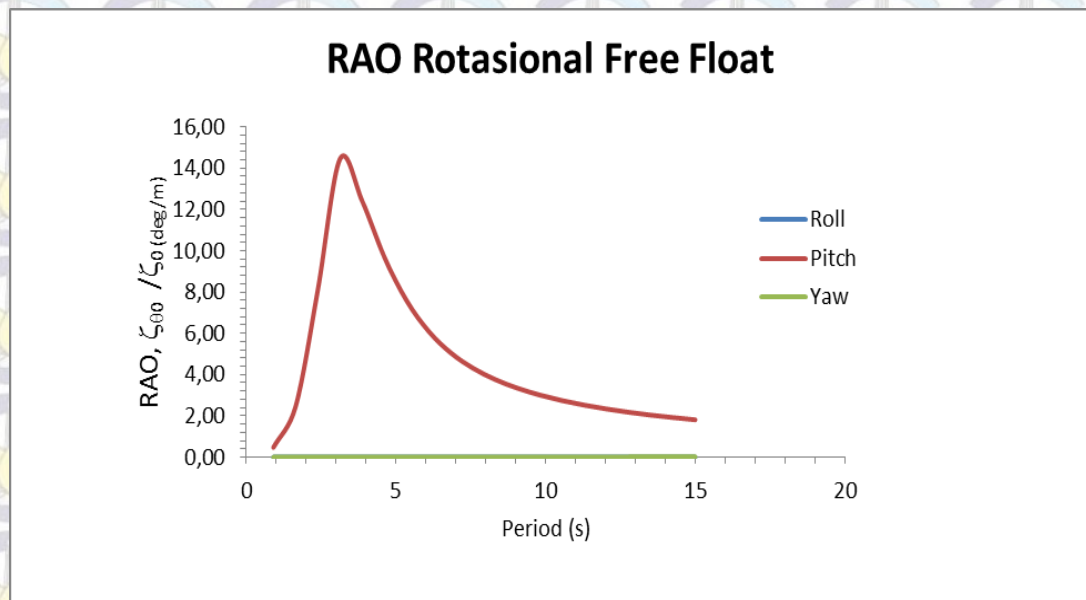
	Period (s)	Nilai
Surge	6,67 (s)	1,16 m/m
Sway	6,67 (s)	$3,8 \times 10^{-5}$ m/m
Heave	6,67 (s)	0,95 m/m

Dari tabel diatas diketahui amplitudo dari RAO translasi dengan data gelombang periode ( $T$ ) = 6,67 s diperoleh nilai Surge sebesar 1,16 m/m yang terjadi pada, untuk Sway memiliki nilai amplitudo sebesar  $3,8 \times 10^{-5}$  m/m dan untuk Heave diperoleh nilai amplitudo sebesar 0,95 m/m.

Untuk gelombang dengan tinggi signifikan 2,35 m didapatkan hasil

- Surge = 2,726 m
- Sway =  $8,93 \times 10^{-5}$  m
- Heave = 2,23 m

#### 4.4.2.2. RAO Rotasi Free Floating



Gambar 31. Grafik Hasil Analisa rak Rotasi Struktur Pada Keadaan Free Floating



Tabel 11. Hasil Analisa Respon Gerak Rotasi Struktur Keadaan Free Floating pada Periode 6,67 s

	Periode (s)	Nilai Amplitudo
Roll	6,67 (s)	$2,48 \times 10^{-5}$ deg/m
Pitch	6,67 (s)	5,04 deg/m
Yaw	6,67 (s)	$2,53 \times 10^{-3}$ deg/m

Dari tabel diatas diketahui amplitudo dari RAO Rotasi dengan data gelombang periode ( $T$ ) = 6,67 s diperoleh nilai amplitudo Roll sebesar  $2,48 \times 10^{-5}$  deg/m , untuk Pitch memiliki nilai amplitudo sebesar 5,04 deg/m dan untuk Yaw diperoleh nilai amplitudo sebesar  $2,53 \times 10^{-3}$  deg/m.

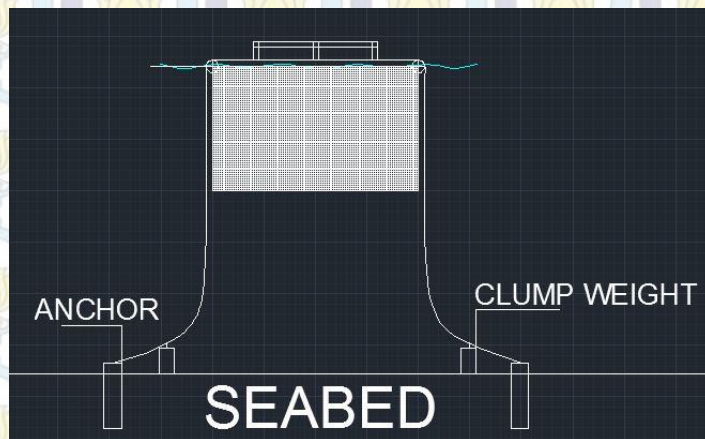
Untuk gelombang dengan tinggi signifikan 2,35 m didapatkan hasil

- Roll =  $6,41 \times 10^{-5}$  deg
- Pitch = 11,75 deg
- Yaw =  $5,94 \times 10^{-3}$  deg

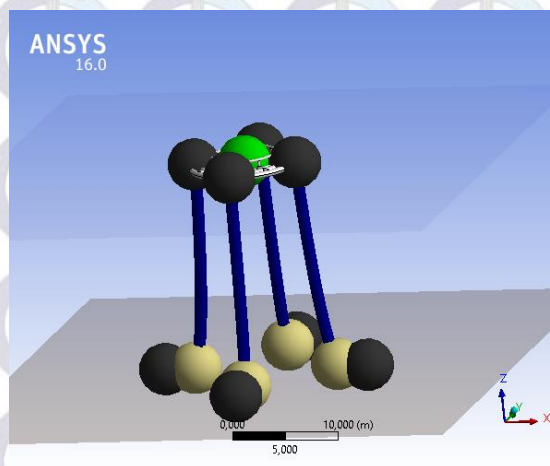
#### 4.4.3. Permodelan dan Analisa Mooring

Pada struktur Aqaculture yang dibuat, diberikan 4 mooring di setiap  $45^\circ$  struktur. Jenis mooring yang digunakan adalah catenary dan tali mooring menggunakan wire rope. Di setiap mooring line akan diberikan clump weight sebagai pemberat tali. Clump weight berguna untuk menahan tali agar tidak banyak bergerak ketika laut mengalami surut.





Gambar 32. Sket Permodelan Mooring Menggunakan AUTOCAD 2014



Gambar 33. Permodelan Mooring Menggunakan ANSYS Workbench

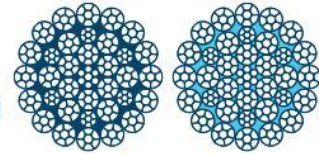
#### 4.4.4. Wire Rope

Wire Rope yang digunakan merupakan produk dari Bridon yaitu Endurance DYFORM 34LR & 34LRI 1960 grade. Pemilihan ukuran wire rope dilakukan dengan menggunakan bantuan software ANSYS AQWA untuk mencari tension. Setelah itu dilakukan perhitungan safety factor untuk mengetahui apakah wire rope yang digunakan aman atau tidak. Setelah dilakukan percobaan terhadap berbagai ukuran dan jenis wire rope didapatkan ukuran wire rope yang paling optimal yaitu wire rope dengan ukuran diameter 17 mm dengan spesifikasi sebagai berikut. Dengan kedalaman 20 m, panjang tali yang digunakan sepanjang 23 m.





### Endurance **DYFORM**® 34LR & 34LRPI



Diameter	Approx. nominal length mass	Minimum breaking force (Fmin)				Axial stiffness @20% load	Torque generated @20% load		Metallic cross section
		EIPS / 1960 grade		EEIPS / 2160 grade			Ordinary	Lang's	
mm	kg/m	kN	tonnes	kN	tonnes	MN	N.m	N.m	mm <sup>2</sup>
<b>Dyform 34x7</b>									
10	0.50	92.1	9.39	96.7	9.9	5.8	1.5	3.3	58
11	0.61	111	11.4	117	11.9	7.0	2.0	4.4	70
12	0.72	133	13.5	139	14.2	8.3	2.5	5.7	84
13	0.85	156	15.9	163	16.7	9.7	3.2	7.3	98
14	0.98	181	18.4	190	19.3	11	4.0	9.1	114
15	1.13	207	21.1	218	22.2	13	5.0	11	131
16	1.28	236	24.0	248	25.2	15	6.0	14	149
17	1.45	266	27.1	279	28.5	17	7.2	16	168
18	1.62	298	30.4	313	31.9	19	8.6	19	188
19	1.81	333	33.9	349	35.6	21	10	23	210
20	2.00	368	37.6	387	39.4	23	12	27	232
21	2.21	406	41.4	426	43.5	25	14	31	256

Gambar 34. Pilihan Wire Rope tipe Endurance DYFORM 34LR & 34LRPI 1960 grade

(Bridon Oil and Gas).

#### 4.4.5. Clump Weight

Pada mooring line ditambahkan clump weight. Clump weight berfungsi sebagai pemberat pada mooring line agar tali tidak mengalami pergerakan pada saat kondisi laut surut. Clump weight yang digunakan memiliki dimensi dengan diameter 400 mm dan tinggi 110 mm dan memiliki berat 40 kg. Posisi clump weight pada mooring line yaitu berada pada 9,5 m dari titik fixed point. Berikut spesifikasi clump weight yang digunakan.

KV-XX	Dimension : D 400mm, H 110mm Weight: 40 - 446 kg (35- 384 kg in water) Available: 5 off. (KV-08, 09, 10, 11, 12)	
-------	--	--

Gambar 35. Spesifikasi Clump Weight yang Digunakan

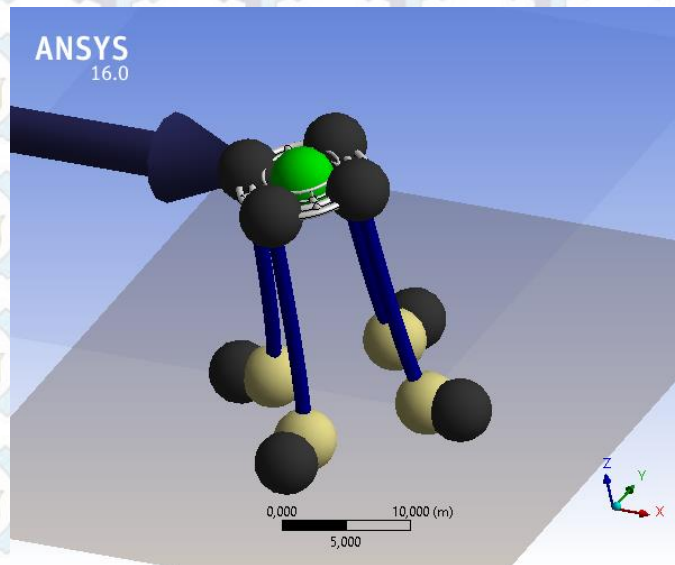
(www.ikm.com)

### 4.5 Solusi Untuk Analisa Mooring

#### 4.5.1. RAO Tertambat

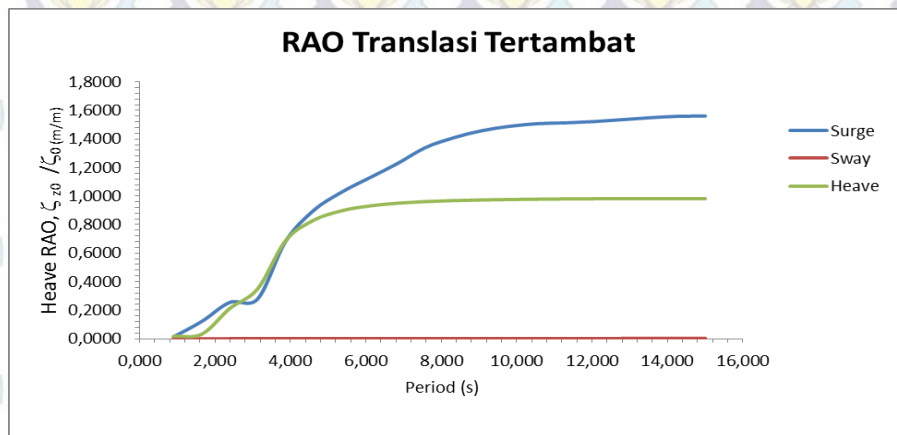
Pada step ini akan dianalisa bagaimana respon gerakan struktur terhadap gelombang reguler dalam keadaan tertambat.





Gambar 36. Permodelan Mooring Pada ANSYS Workbench saat Terkena Gelombang

#### 4.5.1.1. Gerakan Translasi Dalam Keadaan Tertambat



Gambar 37. Grafik Hasil Analisa RAO Translasi Struktur Pada Keadaan Tertambat

Tabel 12. Hasil Analisa RAO Struktur Dalam Keadaan Tertambat

	Period (s)	Nilai Amplitudo
Surge	6,67 s	1,22 m/m



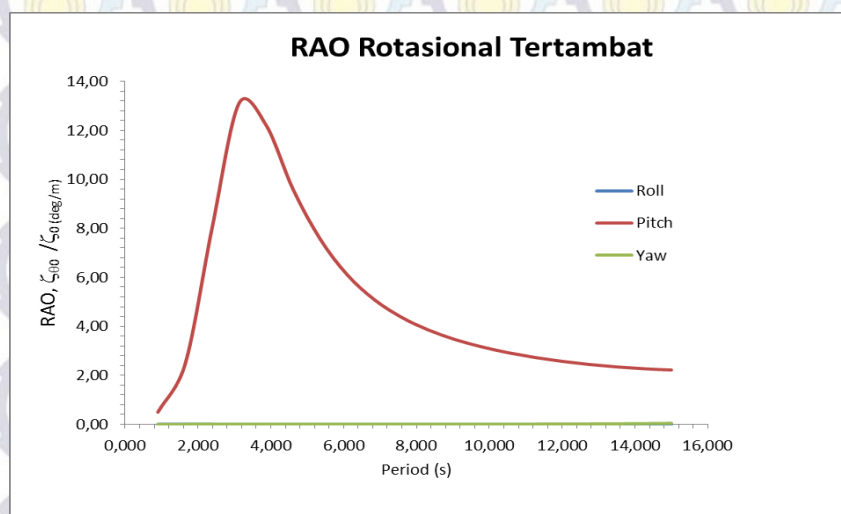
Sway	0,91 rad/s	$2 \times 10^{-4}$ m/m
Heave	0,91 rad/s	0,94 m/m

Dari tabel diatas dengan dengan data gelombang periode ( $T$ ) = 6,67 s diketahui amplitudo dari RAO translasi diperoleh dengan nilai Surge sebesar 1,22 m/m, untuk Sway memiliki nilai sebesar  $2 \times 10^{-4}$  m/m dan untuk Heave diperoleh nilai amplitudo sebesar 0,94 m/m.

Untuk gelombang dengan tinggi signifikan 2,35 m didapatkan hasil

- Surge = 2,86 m
- Sway =  $4,7 \times 10^{-4}$  m
- Heave = 2,20 m

#### 4.5.1.3. Gerakan Rotasi Dalam Keadaan Tertambat



Gambar 38. Grafik Hasil Analisa RAO Rotasi Struktur Pada Keadaan Tertambat

Tabel 13. Hasil Analisa RAO Terbesar Gerak Rotasi Struktur Dalam Keadaan Tertambat pada Periode 6,67 s

	Period (s)	Nilai Puncak
Roll	6,67 s	$1 \times 10^{-4}$ deg/m
Pitch	6,67 s	5,09 deg/m



Yaw	6,67 s	0,018 deg/m
-----	--------	-------------

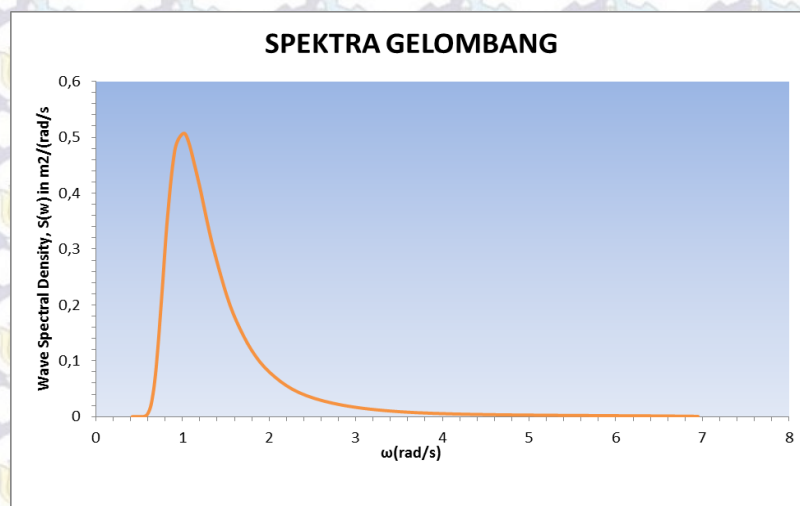
Dari tabel diatas dengan data gelombang periode ( $T$ ) = 6,67 s diketahui nilai amplitudo dari RAO Rotasi tertambat diperoleh dengan nilai Roll sebesar  $1 \times 10^{-4}$  deg/m, untuk Pitch memiliki nilai sebesar 5,09 deg/m dan untuk Yaw diperoleh nilai amplitudo pada sebesar  $1,8 \times 10^{-2}$  deg/m.

Untuk gelombang dengan tinggi signifikan 2,35 m didapatkan hasil

- Roll =  $2,35 \times 10^{-4}$  deg
- Pitch = 11,96 deg
- Yaw =  $4,2 \times 10^{-2}$  deg

#### 4.5.2. Spektrum Gelombang

Spektrum Gelombang merupakan penjumlahan energi dari seluruh komponen gelombang reguler per satuan permukaan ( $1.0\text{m}^2$ ). Spektra gelombang yang digunakan pada analisa gerak gelombang irreguler adalah Spektrum JONSWAP. Sesuai data gelombang yang ada yaitu  $H_s = 2,35$ ;  $T_p = 6,67$ ;  $\gamma = 1$  grafik spektra gelombangnya yaitu



Gambar 39. Spektrum JONSWAP dengan  $H_s = 2,35$ ;  $T_p = 6,67$ ; dan  $\gamma = 1$

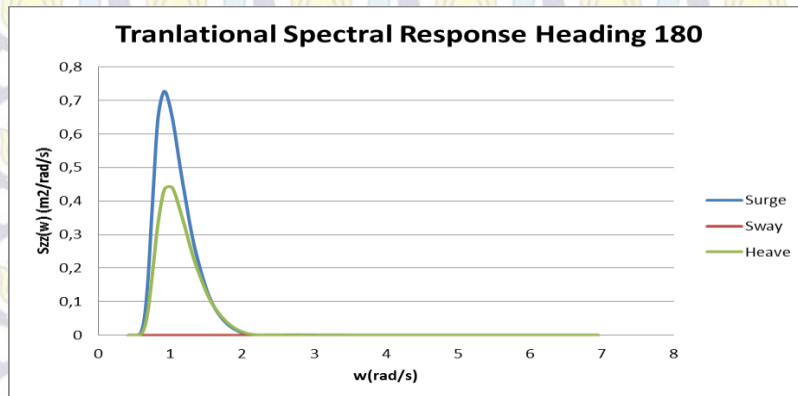
#### 4.5.3. Respon Struktur Pada Gelombang Irreguler

Besarnya respon gerakan struktur Aquaculture pada gelombang irreguler di sajikan dalam bentuk grafik spektrum respon. Grafik spektrum respon diperoleh dari



analisa hidrodinamika software ANSYS AQWA dengan menggunakan Spektrum Jonswap untuk  $H_s = 2,35$ ;  $T_p = 6,67$  ; dan  $\gamma = 1$  dan rentang frekuensi 0,4 – 6,9 rad/s

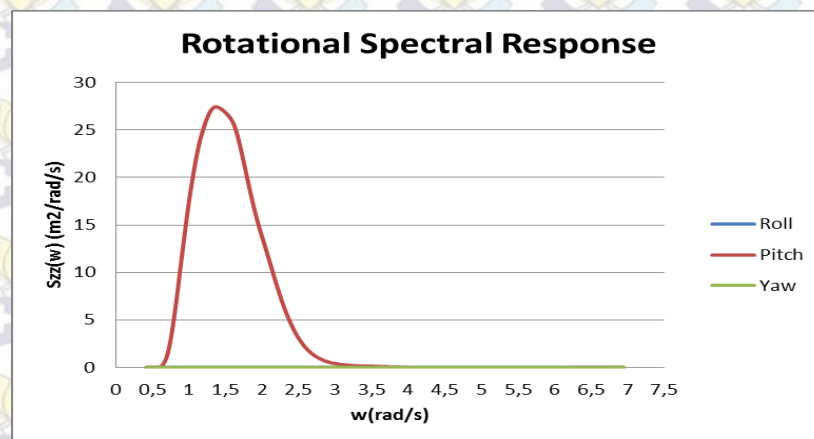
#### 4.5.3.1. Respon Spektra Gerak Translasi



Gambar 40. Spektrum respon tranlasi heading  $180^0$  dalam keadaan tertambat

Untuk gerak translasi pada struktur Aquaculture dengan sistem catenary mooring untuk heading  $180^0$ , nilai terbesar terjadi pada gerak surge dengan besaran respon  $0,72 m^2/rad/s$  pada frekuensi  $0,91 rad/s$ . Dan untuk gerak heave menghasilkan spektra respon sebesar  $0,49 m^2/rad/s$  pada frekuensi  $1 rad/s$ .

#### 4.5.3.1. Respon Spektra Gerak Rotasi



Gambar 41. Spektrum respon rotasi heading  $180^0$  dalam keadaan tertambat



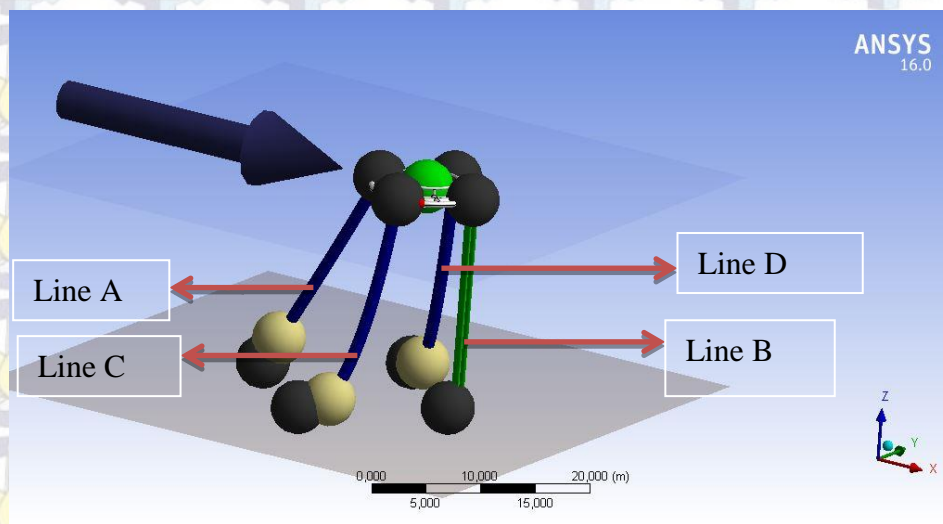
Untuk gerak rotasi pada struktur Aquaculture dengan sistem catenary mooring untuk heading  $180^0$ , nilai terbesar terjadi pada gerak pitch dengan besaran respon  $27,5 \text{ m}^2/\text{rad/s}$  pada frekuensi  $1,36 \text{ rad/s}$ . Dan untuk gerak roll dan yaw menghasilkan spektra respon yang sangat kecil sehingga diabaikan.

#### 4.5.4. Pemilihan Mooring Line

Mooring line di tentukan dengan cara memperhitungkan safety factor dari tiap mooring line. Dilakukan pencarian Mooring tension dengan menggunakan software ANSYS AQWA. Menurut rule API RP 2SK Agar tali dinyatakan aman maka harus memenuhi safety factor yang ditentukan lebih besar dari 1,67 Dimana rumus perhitungannya adalah:

$$\text{Safety Factor} = \frac{\text{Minimum Breaking Load}}{\text{Maximum Tension}}$$

Berikut adalah hasil dari analisa mooring tension.



Gambar 42. Hasil Permodelan Mooring Menggunakan ANSYS Workbench



Tabel 14. Hasil Analisa Tension Mooring Line Dengan Diameter 15 mm

LINE	MAX TENSION	MBL	SF	KRITERIA	KETERANGAN
	(KN)	(KN)			
A	355,57	218	0,613102	1,67	Tidak Memenuhi
B	0,14	218	1614,815	1,67	Memenuhi
C	0,27	218	813,4328	1,67	Memenuhi
D	0,27	218	819,5489	1,67	Memenuhi

Tabel 15. Hasil Analisa Tension Mooring Line Dengan Diameter 16 mm

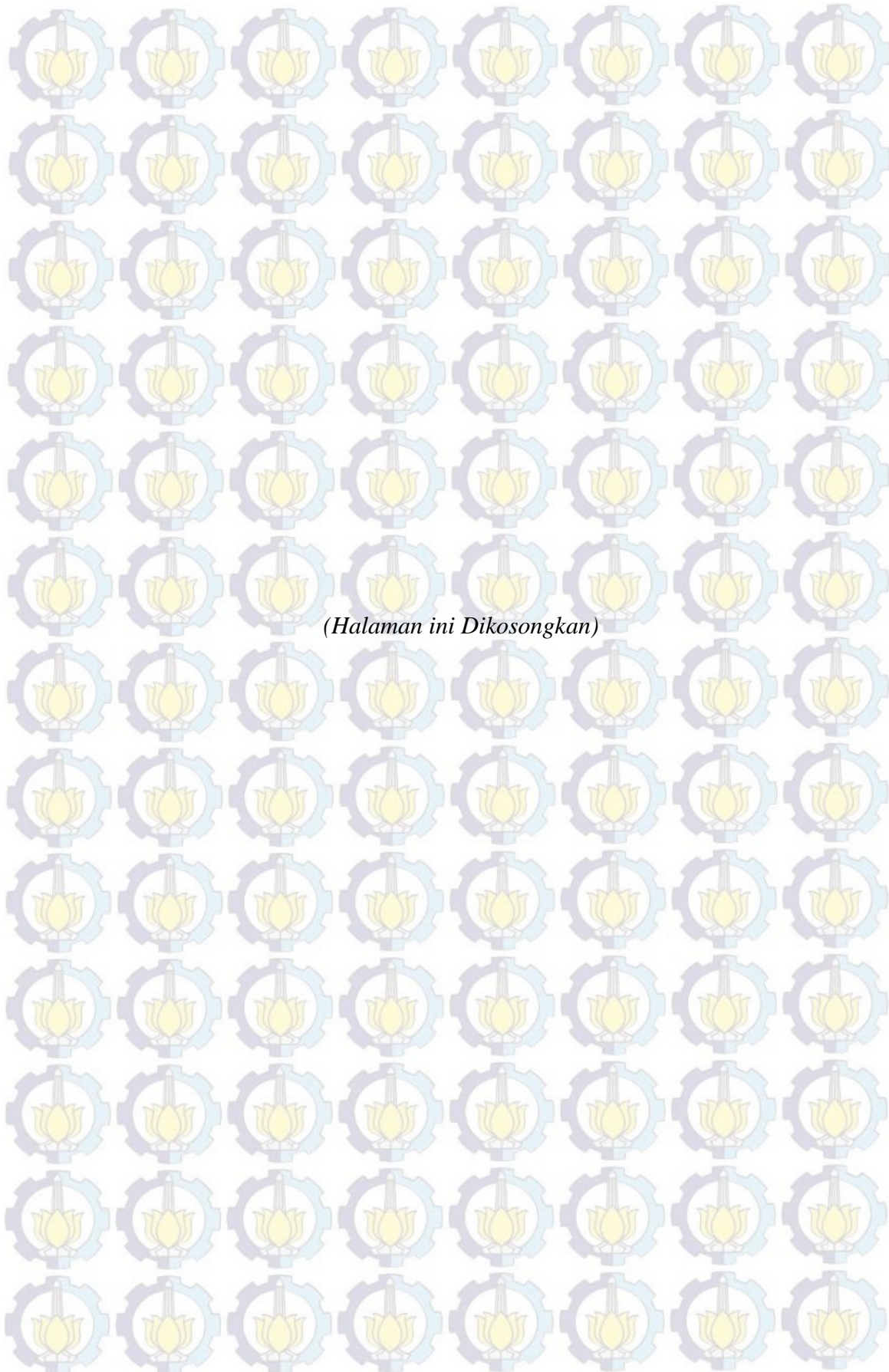
LINE	MAX TENSION	MBL	SF	KRITERIA	KETERANGAN
	(KN)	(KN)			
A	346,97	248	0,714757	1,67	Tidak Memenuhi
B	0,15	248	1653,333	1,67	Memenuhi
C	0,28	248	895,3069	1,67	Memenuhi
D	0,28	248	898,5507	1,67	Memenuhi

Tabel 16. Hasil Analisa Tension Mooring Line Dengan Diameter 17 mm

LINE	MAX TENSION	MBL	SF	KRITERIA	KETERANGAN
	(KN)	(KN)			
A	28,25	266	9,416839	1,67	Memenuhi
B	0,77	266	343,8247	1,67	Memenuhi
C	0,34	266	787,9147	1,67	Memenuhi
D	0,34	266	786,1217	1,67	Memenuhi

Dari 3 wire rope yang memiliki ukuran berbeda di pilih satu yang sesuai dengan kriteria yaitu harus memiliki nilai safety factor lebih dari 1,67. Wire rope dengan ukuran diameter 17 mm dipilih karena memiliki tension yang terbesar nilainya safety factornya yang memenuhi kriteria. Karena lebih dari 1,67 maka mooring line yang di desain aman.





*(Halaman ini Dikosongkan)*



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN.

#### 5.1 Kesimpulan.

Dari pengerjaan Tugas Akhir Desain Aquaculture dengan menggunakan pipa HDPE, dapat ditarik kesimpulan diantaranya:

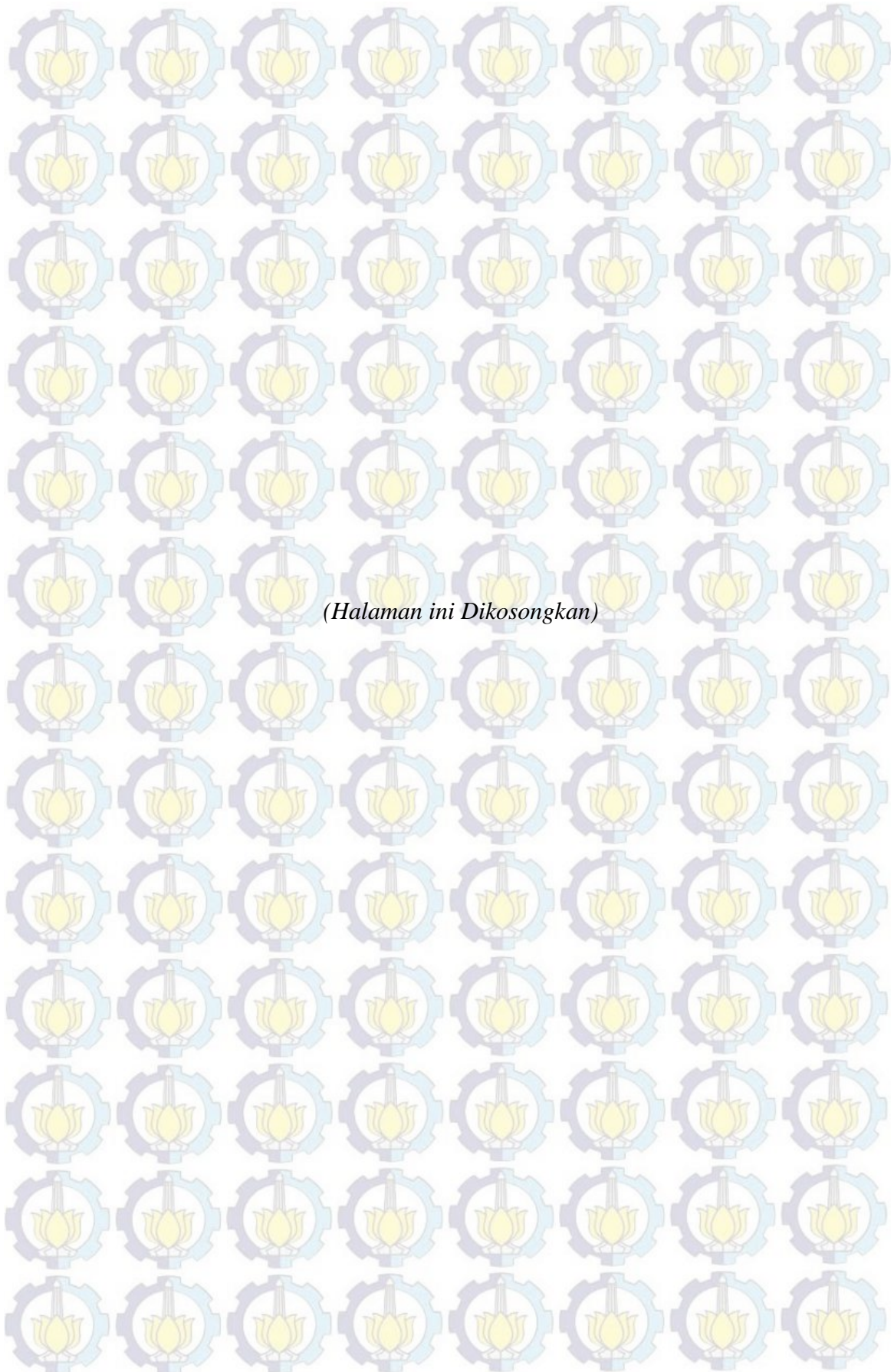
1. Konsep Aquaculture yang digunakan adalah Circle Cage Aquaculture dengan menggunakan pipa berbahan dasar HDPE. Desain Struktur berbentuk lingkaran dengan diameter struktur yang paling luar yaitu 10 m. Jaring yang digunakan adalah jaring berbahan dasar polyethylene (PE) dengan ukuran mesh 0,75 – 1 inch dengan luas 75,36 m<sup>2</sup> dengan berat total 10 kg dan diberikan 8 pemberat jaring yang masing-masing memiliki bobot 5 kg.
2. Ukuran pipa yang digunakan ukuran pipa yang paling besar berdiameter 24” dan yang paling kecil berdiameter 10”
3. Untuk sistem mooring menggunakan sistem catenary mooring dengan menggunakan wire rope sebagai mooring line. Ukuran yang dipilih yaitu berdiameter 17 mm dengan panjang 23 meter dan diberi clump weight pada posisi 3 meter dari tali terbawah.

#### 5.2 Saran.

Beberapa saran yang bisa dipertimbangkan untuk penelitian selanjutnya:

1. Memodelkan Jaring dalam permodelan komputer.
2. Perlu lebih memperhitungkan kekuatan pile atau anchor yang digunakan untuk mooring.
3. Bisa memperhitungkan umur kelelahan pipa, sehingga bisa tau pasti berapa lama pipa HDPE dapat bertahan







## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN.

#### 5.1 Kesimpulan.

Dari pengerjaan Tugas Akhir Desain Aquaculture dengan menggunakan pipa HDPE, dapat ditarik kesimpulan diantaranya:

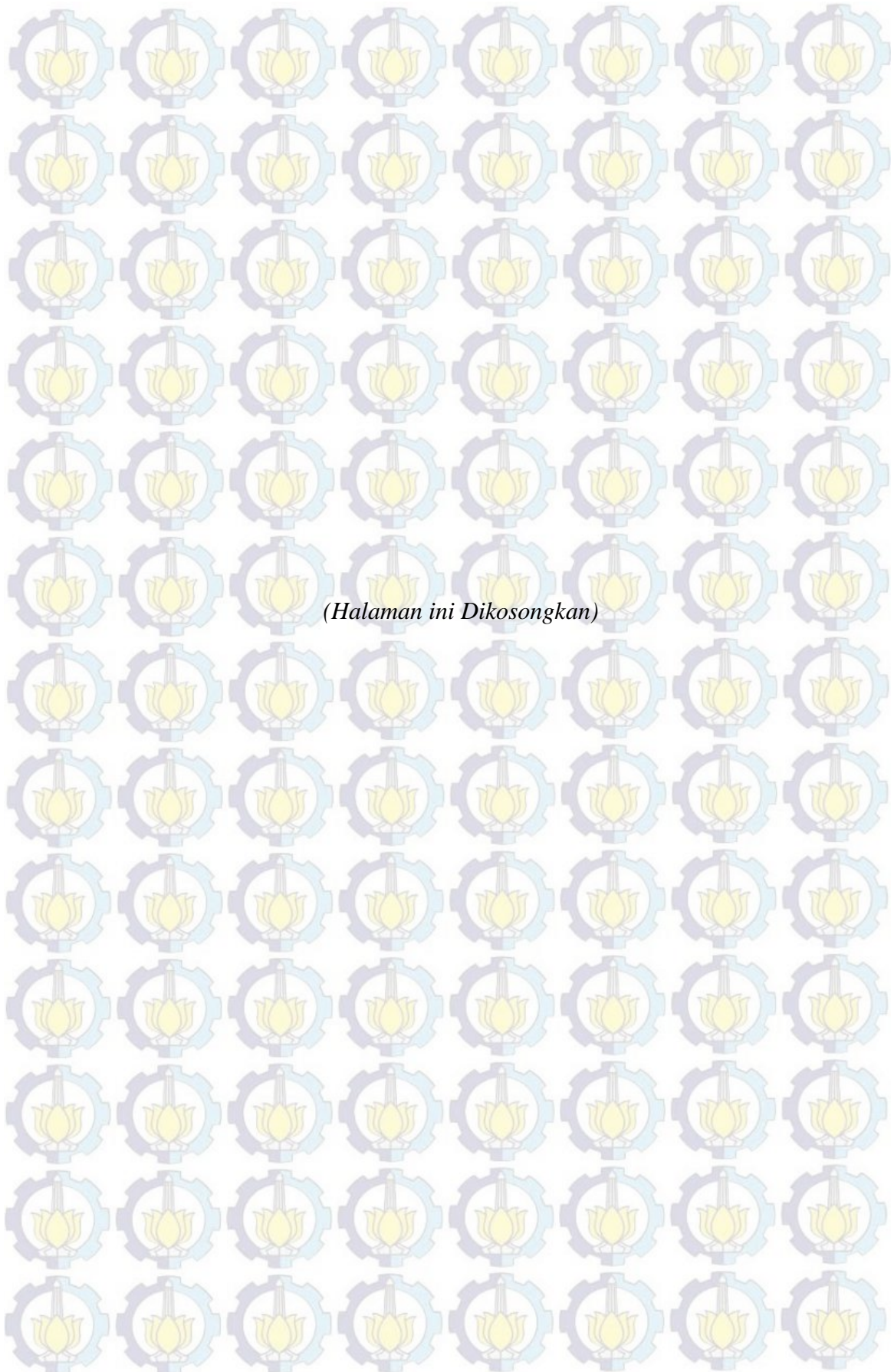
1. Konsep Aquaculture yang digunakan adalah Circle Cage Aquaculture dengan menggunakan pipa berbahan dasar HDPE. Desain Struktur berbentuk lingkaran dengan diameter struktur yang paling luar yaitu 10 m. Jaring yang digunakan adalah jaring berbahan dasar polyethylene (PE) dengan ukuran mesh 0,75 – 1 inch dengan luas 75,36 m<sup>2</sup> dengan berat total 10 kg dan diberikan 8 pemberat jaring yang masing-masing memiliki bobot 5 kg.
2. Ukuran pipa yang digunakan ukuran pipa yang paling besar berdiameter 24” dan yang paling kecil berdiameter 10”
3. Untuk sistem mooring menggunakan sistem catenary mooring dengan menggunakan wire rope sebagai mooring line. Ukuran yang dipilih yaitu berdiameter 17 mm dengan panjang 23 meter dan diberi clump weight pada posisi 3 meter dari tali terbawah.

#### 5.2 Saran.

Beberapa saran yang bisa dipertimbangkan untuk penelitian selanjutnya:

1. Memodelkan Jaring dalam permodelan komputer.
2. Perlu lebih memperhitungkan kekuatan pile atau anchor yang digunakan untuk mooring.
3. Bisa memperhitungkan umur kelelahan pipa, sehingga bisa tau pasti berapa lama pipa HDPE dapat bertahan







## DAFTAR PUSTAKA

American Petroleum Institute. (2000). *“Recommended Practice for Planning, Designing and Constructing Fixed Offshore Platform – Working Stress Design”*. Recommended Practice 2A – WSD.

Arsyad, M.N., 1980. “Piara Ikan dalam Kurungan Trubus No.126”.

Arsyad, M.N., 1981. “Peranan Hukum Adat dalam Pengelolaan Perikanan Perairan”.

API RP 2SK. 2005. “Design and Analysis of Stationkeeping Systems for Floating Structures”. American Petroleum Institute. USA.

Bardach, J.E., Ryther, J.H., dan W.L.Mc. Larney. 1972. *“Aquaculture”*. Birmingham, Alabama: Alabama Agricultural Experiment Station. Auburn University.

Bhattacharyya. R. 1978. *“Dynamics of Marine Vehicles”*, New York: John Wiley & Sons Inc.

Chakrabarti, S.K., 1987. *“Hydrodynamics of Offshore Structures”*, USA: Computational

Djarmiko, E. B., 2012. “Perilaku dan Operabilitas Bangunan Laut diatas Gelombang Acak”. Surabaya: ITS Press.

FAO. 2005. Review of the state of world marine fishery resources. FAO Fisheries Technical Paper 457. Rome, FAO.

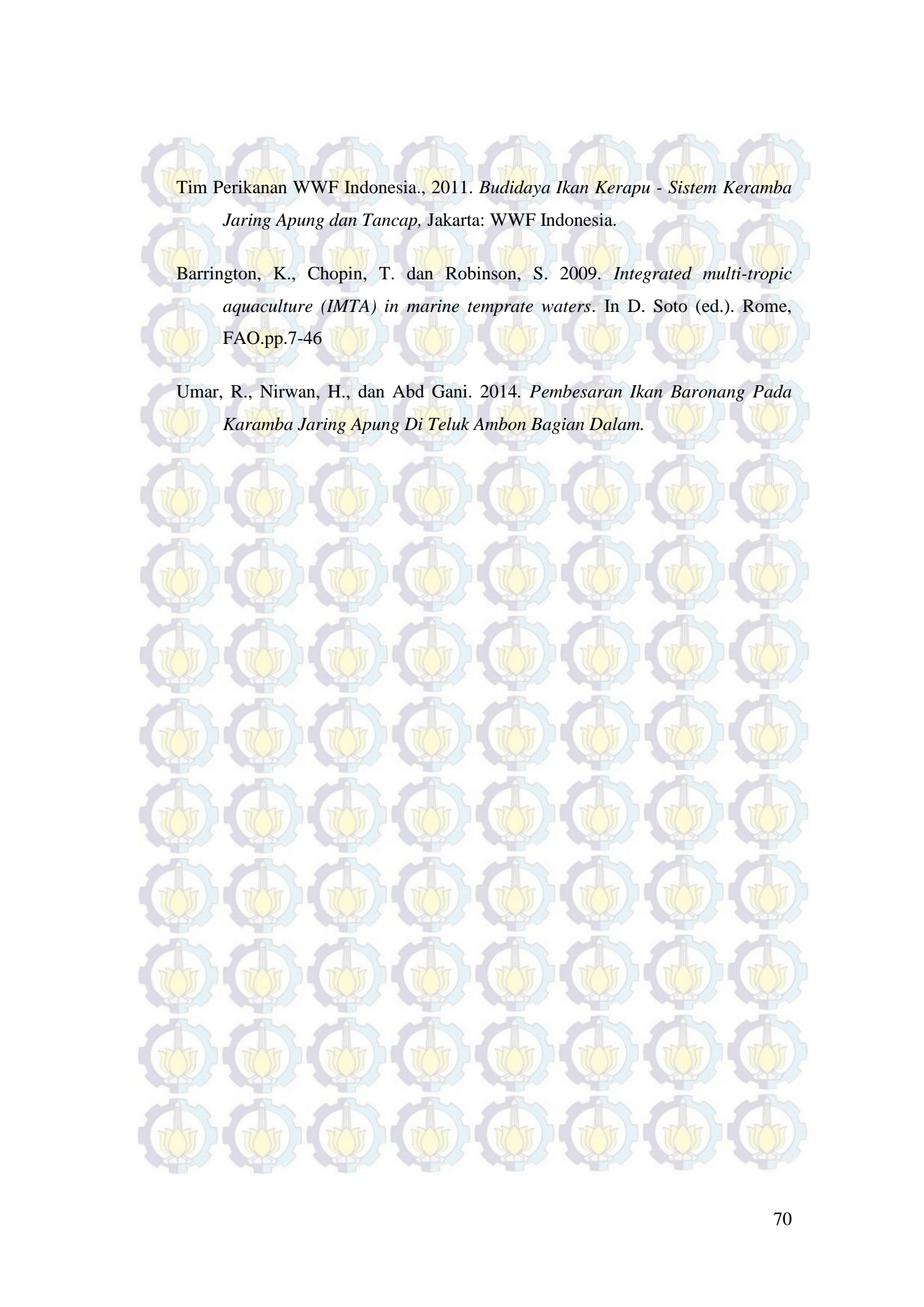
Indiyono, P. 2004. “Hidrodinamika Bangunan Lepas Pantai”. Surabaya. SIC.

Soedjono, J.J.1998. “Diktat Mata kuliah Konstruksi Bangunan Laut II. Surabaya: Jurusan Teknik Kelautan” ITS.

Sutomo, J. 1999. “Handout Hidrodinamika II”, Surabaya : FTK – ITS.

Suyuthi, Abdillah, 2006. *“Stabilitas Dinamis Keramba Lepas Pantai Tipe Self Tensioning Structure”*. Jurnal Teknologi Kelautan.





Tim Perikanan WWF Indonesia., 2011. *Budidaya Ikan Kerapu - Sistem Keramba Jaring Apung dan Tancap*, Jakarta: WWF Indonesia.

Barrington, K., Chopin, T. dan Robinson, S. 2009. *Integrated multi-tropic aquaculture (IMTA) in marine temperate waters*. In D. Soto (ed.). Rome, FAO.pp.7-46

Umar, R., Nirwan, H., dan Abd Gani. 2014. *Pembesaran Ikan Baronang Pada Karamba Jaring Apung Di Teluk Ambon Bagian Dalam*.



SPEKTRA GELOMBANG FREE FLOATING

Surge

$\omega$	$S_j(\omega)$	SM	RAO	RAO <sup>2</sup>	Sr( $\omega$ )
(rad/s)	(m <sup>2</sup> /rad/s)		m/m	m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup> /(rad/s)
0,41888	0	1	2,081698179	4,333467	0
0,44067	1,76E-10	4	1,990026712	3,960206	6,97E-10
0,46486	2,14E-08	2	1,899139643	3,606731	7,71E-08
0,49186	1,2E-06	4	1,809178829	3,273128	3,92E-06
0,52219	3,36E-05	2	1,720359564	2,959637	9,94E-05
0,5565	0,000507	4	1,632952571	2,666534	0,001352
0,59564	0,004424	2	1,547305226	2,394153	0,010591
0,6407	0,0238	4	1,463882685	2,142953	0,051003
0,69313	0,083819	2	1,383293986	1,913502	0,160388
0,75491	0,20406	4	1,306287527	1,706387	0,348205
0,82879	0,360532	2	1,23364222	1,521873	0,548684
0,91869	0,482303	4	1,165569305	1,358552	0,655234
1,03047	0,5063	2	1,09976089	1,209474	0,612357
1,17322	0,428752	4	1,026083827	1,052848	0,451411
1,36188	0,298074	2	0,916473925	0,839924	0,25036
1,62284	0,17072	4	0,712408483	0,507526	0,086645
2,00751	0,079067	2	0,308520764	0,095185	0,007526
2,63119	0,027886	4	0,243175536	0,059134	0,001649
3,81707	0,006397	2	0,118867703	0,01413	9,04E-05
6,94897	0,000585		0,013259412	0,000176	1,03E-07

Sway

$\omega$	$S_j(\omega)$	SM	RAO	RAO <sup>2</sup>	Sr( $\omega$ )
(rad/s)	(m <sup>2</sup> /rad/s)		m/m	m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup> /(rad/s)
0,41888	0	1	2,59E-05	2,59E-05	0,00E+00
0,44067	1,76E-10	4	2,70E-05	2,70E-05	4,76E-15
0,46486	2,14E-08	2	2,61E-05	2,61E-05	5,58E-13
0,49186	1,2E-06	4	2,51E-05	2,51E-05	3,01E-11
0,52219	3,36E-05	2	2,33E-05	2,33E-05	7,82E-10
0,5565	0,000507	4	2,52E-05	2,52E-05	1,28E-08
0,59564	0,004424	2	2,58E-05	2,58E-05	1,14E-07
0,6407	0,0238	4	2,68E-05	2,68E-05	6,38E-07
0,69313	0,083819	2	2,80E-05	2,80E-05	2,34E-06
0,75491	0,20406	4	2,95E-05	2,95E-05	6,01E-06
0,82879	0,360532	2	3,30E-05	3,30E-05	1,19E-05
0,91869	0,482303	4	3,80E-05	3,80E-05	1,83E-05
1,03047	0,5063	2	4,36E-05	4,36E-05	2,21E-05
1,17322	0,428752	4	5,37E-05	5,37E-05	2,30E-05
1,36188	0,298074	2	6,64E-05	6,64E-05	1,98E-05
1,62284	0,17072	4	7,70E-05	7,70E-05	1,32E-05
2,00751	0,079067	2	8,56E-05	8,56E-05	6,77E-06
2,63119	0,027886	4	1,09E-04	1,09E-04	3,05E-06
3,81707	0,006397	2	4,73E-05	4,73E-05	3,03E-07
6,94897	0,000585		3,11E-05	3,11E-05	1,82E-08

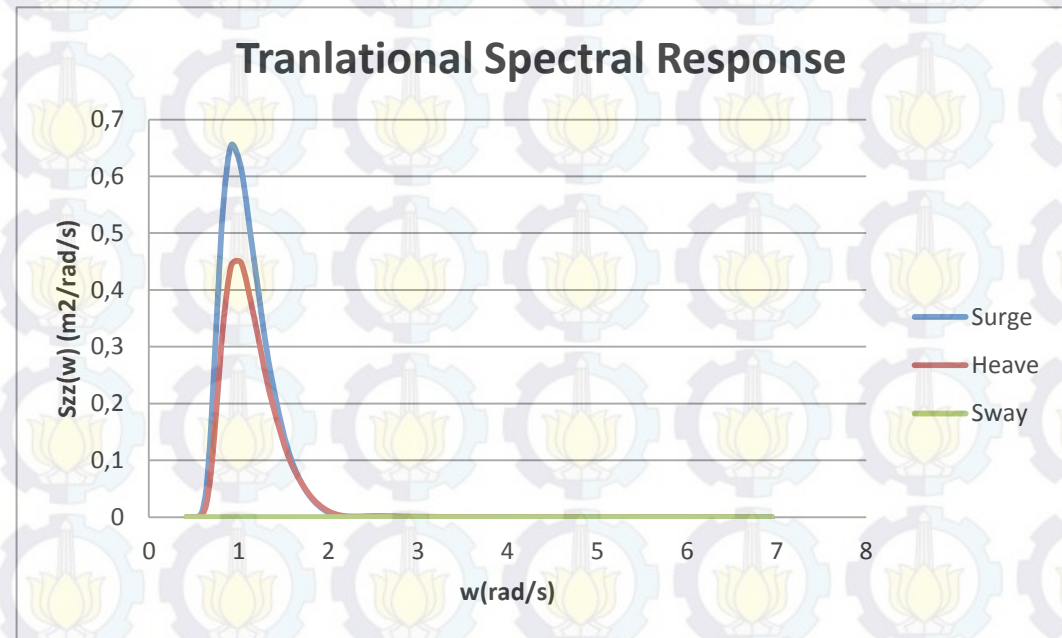


Heave

$\omega$	$S_j(\omega)$	SM	RAO	RAO <sup>2</sup>	Sr( $\omega$ )
(rad/s)	(m <sup>2</sup> /rad/s)		m/m	m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	m2/(rad/s)
0,41888	0	1	0,994588554	9,89E-01	0,00E+00
0,44067	1,76E-10	4	0,993929803	9,88E-01	1,74E-10
0,46486	2,14E-08	2	0,993141234	9,86E-01	2,11E-08
0,49186	1,2E-06	4	0,992184401	9,84E-01	1,18E-06
0,52219	3,36E-05	2	0,99100405	9,82E-01	3,30E-05
0,5565	0,000507	4	0,989523232	9,79E-01	4,96E-04
0,59564	0,004424	2	0,987621546	9,75E-01	4,31E-03
0,6407	0,0238	4	0,985121429	9,70E-01	2,31E-02
0,69313	0,083819	2	0,981725395	9,64E-01	8,08E-02
0,75491	0,20406	4	0,976932943	9,54E-01	1,95E-01
0,82879	0,360532	2	0,969825208	9,41E-01	3,39E-01
0,91869	0,482303	4	0,958646059	9,19E-01	4,43E-01
1,03047	0,5063	2	0,939807594	8,83E-01	4,47E-01
1,17322	0,428752	4	0,905629575	8,20E-01	3,52E-01
1,36188	0,298074	2	0,838596046	7,03E-01	2,10E-01
1,62284	0,17072	4	0,69497633	4,83E-01	8,25E-02
2,00751	0,079067	2	0,354076773	1,25E-01	9,91E-03
2,63119	0,027886	4	0,21300523	4,54E-02	1,27E-03
3,81707	0,006397	2	0,031086152	9,66E-04	6,18E-06
6,94897	0,000585		0,016094614	2,59E-04	1,52E-07



frekuensi (rad/s)	SURGE	HEAVE	SWAY
0,41888	0	0,00E+00	0,00E+00
0,44067	6,97E-10	1,74E-10	4,76E-15
0,46486	7,71E-08	2,11E-08	5,58E-13
0,49186	3,92E-06	1,18E-06	3,01E-11
0,52219	9,94E-05	3,30E-05	7,82E-10
0,5565	0,001352	4,96E-04	1,28E-08
0,59564	0,010591	4,31E-03	1,14E-07
0,6407	0,051003	2,31E-02	6,38E-07
0,69313	0,160388	8,08E-02	2,34E-06
0,75491	0,348205	1,95E-01	6,01E-06
0,82879	0,548684	3,39E-01	1,19E-05
0,91869	0,655234	4,43E-01	1,83E-05
1,03047	0,612357	4,47E-01	2,21E-05
1,17322	0,451411	3,52E-01	2,30E-05
1,36188	0,25036	2,10E-01	1,98E-05
1,62284	0,086645	8,25E-02	1,32E-05
2,00751	0,007526	9,91E-03	6,77E-06
2,63119	0,001649	1,27E-03	3,05E-06
3,81707	9,04E-05	6,18E-06	3,03E-07
6,94897	1,03E-07	1,52E-07	1,82E-08





## Roll

$\omega$	$S_j(\omega)$	SM	RAO	RAO <sup>2</sup>	Sr( $\omega$ )
(rad/s)	(m <sup>2</sup> /rad/s)		m/m	m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup> /(rad/s)
0,41888	0	1	1,59E-05	2,52E-10	0
0,44067	1,76E-10	4	1,57E-05	2,47E-10	4,34E-20
0,46486	2,14E-08	2	1,57E-05	2,48E-10	5,29E-18
0,49186	1,2E-06	4	1,52E-05	2,31E-10	2,76E-16
0,52219	3,36E-05	2	1,64E-05	2,69E-10	9,04E-15
0,5565	0,000507	4	1,62E-05	2,62E-10	1,33E-13
0,59564	0,004424	2	1,63E-05	2,66E-10	1,17E-12
0,6407	0,0238	4	1,49E-05	2,21E-10	5,26E-12
0,69313	0,083819	2	1,54E-05	2,37E-10	1,99E-11
0,75491	0,20406	4	1,65E-05	2,73E-10	5,57E-11
0,82879	0,360532	2	1,94E-05	3,76E-10	1,36E-10
0,91869	0,482303	4	2,48E-05	6,13E-10	2,96E-10
1,03047	0,5063	2	3,92E-05	1,54E-09	7,79E-10
1,17322	0,428752	4	7,38E-05	5,45E-09	2,34E-09
1,36188	0,298074	2	1,65E-04	2,73E-08	8,15E-09
1,62284	0,17072	4	4,20E-04	1,76E-07	3,01E-08
2,00751	0,079067	2	1,05E-03	1,11E-06	8,76E-08
2,63119	0,027886	4	7,31E-04	5,35E-07	1,49E-08
3,81707	0,006397	2	1,14E-03	1,31E-06	8,36E-09
6,94897	0,000585		2,72E-03	7,37E-06	4,31E-09

## Pitch

$\omega$	$S_j(\omega)$	SM	RAO	RAO <sup>2</sup>	Sr( $\omega$ )
(rad/s)	(m <sup>2</sup> /rad/s)		m/m	m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup> /(rad/s)
0,41888	0	1	1,81E+00	3,285976	0
0,44067	1,76E-10	4	1,92E+00	3,683395	6,48E-10
0,46486	2,14E-08	2	2,04E+00	4,160637	8,89E-08
0,49186	1,2E-06	4	2,18E+00	4,741411	5,68E-06
0,52219	3,36E-05	2	2,34E+00	5,459242	0,000183
0,5565	0,000507	4	2,52E+00	6,362793	0,003226
0,59564	0,004424	2	2,74E+00	7,524985	0,033288
0,6407	0,0238	4	3,01E+00	9,059268	0,215615
0,69313	0,083819	2	3,34E+00	11,15029	0,934608
0,75491	0,20406	4	3,76E+00	14,11294	2,879883
0,82879	0,360532	2	4,30E+00	18,51565	6,675485
0,91869	0,482303	4	5,04E+00	25,43874	12,26918
1,03047	0,5063	2	6,08E+00	37,01636	18,7414
1,17322	0,428752	4	7,58E+00	57,41456	24,61662
1,36188	0,298074	2	9,68E+00	93,7891	27,95612
1,62284	0,17072	4	1,24E+01	153,8296	26,26182
2,00751	0,079067	2	1,45E+01	208,8671	16,51459
2,63119	0,027886	4	8,11E+00	65,78657	1,834521
3,81707	0,006397	2	2,46E+00	6,053851	0,038725
6,94897	0,000585		4,74E-01	0,224455	0,000131

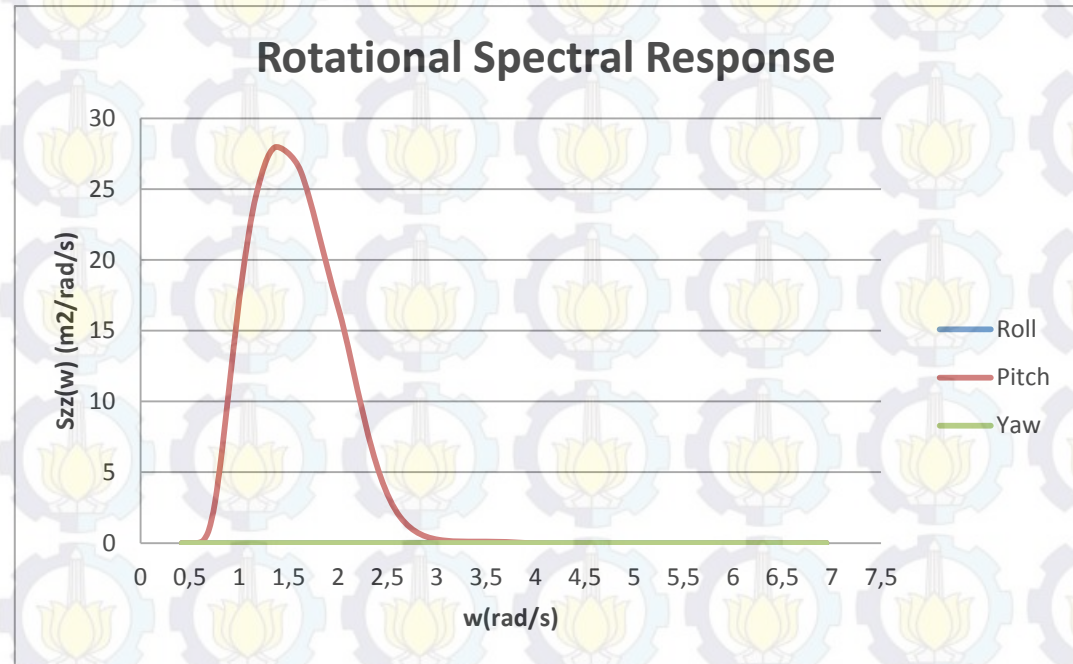


Yaw

$\omega$	$S_j(\omega)$	SM	RAO	RAO <sup>2</sup>	Sr( $\omega$ )
(rad/s)	(m <sup>2</sup> /rad/s)		m/m	m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	m2/(rad/s)
0,41888	0	1	1,99E-02	0,000395	0
0,44067	1,76E-10	4	1,78E-02	0,000317	5,57E-14
0,46486	2,14E-08	2	1,58E-02	0,00025	5,34E-12
0,49186	1,2E-06	4	1,39E-02	0,000194	2,32E-10
0,52219	3,36E-05	2	1,21E-02	0,000147	4,95E-09
0,5565	0,000507	4	1,05E-02	0,000109	5,54E-08
0,59564	0,004424	2	8,88E-03	7,89E-05	3,49E-07
0,6407	0,0238	4	7,41E-03	5,49E-05	1,31E-06
0,69313	0,083819	2	6,04E-03	3,65E-05	3,06E-06
0,75491	0,20406	4	4,78E-03	2,28E-05	4,65E-06
0,82879	0,360532	2	3,60E-03	1,3E-05	4,69E-06
0,91869	0,482303	4	2,53E-03	6,4E-06	3,09E-06
1,03047	0,5063	2	1,55E-03	2,41E-06	1,22E-06
1,17322	0,428752	4	7,62E-04	5,8E-07	2,49E-07
1,36188	0,298074	2	7,70E-04	5,93E-07	1,77E-07
1,62284	0,17072	4	1,50E-03	2,25E-06	3,84E-07
2,00751	0,079067	2	1,83E-03	3,35E-06	2,65E-07
2,63119	0,027886	4	1,15E-03	1,32E-06	3,69E-08
3,81707	0,006397	2	2,44E-03	5,93E-06	3,8E-08
6,94897	0,000585		1,83E-04	3,34E-08	1,95E-11



frekuensi (rad/s)	ROLL	PITCH	YAW
0,41888	0	0,00E+00	0,00E+00
0,44067	4,34E-20	6,48E-10	5,57E-14
0,46486	5,29E-18	8,89E-08	5,34E-12
0,49186	2,76E-16	5,68E-06	2,32E-10
0,52219	9,04E-15	1,83E-04	4,95E-09
0,5565	1,33E-13	3,23E-03	5,54E-08
0,59564	1,17E-12	3,33E-02	3,49E-07
0,6407	5,26E-12	2,16E-01	1,31E-06
0,69313	1,99E-11	9,35E-01	3,06E-06
0,75491	5,57E-11	2,88E+00	4,65E-06
0,82879	1,36E-10	6,68E+00	4,69E-06
0,91869	2,96E-10	1,23E+01	3,09E-06
1,03047	7,79E-10	1,87E+01	1,22E-06
1,17322	2,34E-09	2,46E+01	2,49E-07
1,36188	8,15E-09	2,80E+01	1,77E-07
1,62284	3,01E-08	2,63E+01	3,84E-07
2,00751	8,76E-08	1,65E+01	2,65E-07
2,63119	1,49E-08	1,83E+00	3,69E-08
3,81707	8,36E-09	3,87E-02	3,80E-08
6,94897	4,31E-09	1,31E-04	1,95E-11





## BIODATA PENULIS



Muhammad Hafiz Aziz, dilahirkan di Jakarta pada tanggal 16 Juni 1993. Pendidikan formal dimulai di TK Al-Itihadiyah. Setelah itu dilanjutkan dengan meneyam pendidikan dasar di SDN Cipete Utara 03 Pagi Jakarta. Kemudian dilanjutkan dengan pendidikan menengah pertama di SMP Negeri 68 Jakarta. Melanjutkan ke jenjang berikutnya pada pendidikan menengah atas di SMA Negeri 6 Jakarta dan lulus pada tahun 2011. Kemudian penulis melanjutkan studi S1 di Jurusan Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi

Kelautan – Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS). Selama masa perkuliahan, penulis aktif di organisasi kemahasiswaan khususnya Himpunan Mahasiswa Teknik Kelautan (HIMATEKLA). Aktif sebagai tim Underwater Robotic Club (URC) Jurusan Teknik Kelautan. Pada tahun 2015 penulis melakukan kerja praktek di PT. SYNERGY ENGINEERING dan PT. YUDHA SATRIA. Pada Juli 2015 penulis dapat menyelesaikan tugas akhirnya, yang mengangkat pada satu bidang keahlian di Jurusan Teknik Kelautan, yaitu Struktur Bangunan Lepas Pantai.