



**SKRIPSI - ME 141501**

**STUDI PERANCANGAN *MULTI SALTER DUCK*  
PADA BANGUNAN APUNG TIPE PONTON**

**RAJENDRA ADI NAMBI  
NRP. 4210 100 017**

**Dosen Pembimbing :**

**Irfan Syarif Arief, ST., MT.  
NIP: 1969 1225 1997 02 1001**

**Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD.  
NIP: 1959 0410 1987 01 1001**

**JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2016**

*[Halaman sengaja dikosongkan]*



**FINAL PROJECT - ME 141501**

**DESIGN STUDY OF MULTI SALTER DUCK  
ON FLOATING STRUCTURE PONTOON TYPE**

**RAJENDRA ADI NAMBI  
NRP. 4210 100 017**

**Supervisor :**

**Irfan Syarif Arief, ST., MT.  
NIP: 1969 1225 1997 02 1001**

**Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD.  
NIP: 1959 0410 1987 01 1001**

**DEPARTEMENT OF MARINE ENGINEERING  
FACULTY OF OCEAN TECHNOLOGY  
SEPULUH NOPEMBER INSTITUT OF TECHNOLOGY  
SURABAYA  
2016**

*[Halaman sengaja dikosongkan]*

## LEMBAR PENGESAHAN

STUDI PERANCANGAN *MULTI SALTER DUCK* PADA  
BANGUNAN APUNG TIPE PONTON

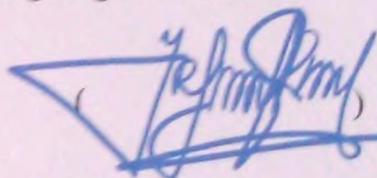
### TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Bidang Studi Marine Manufacture and Design (MMD)  
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknik Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

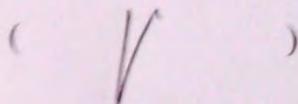
Oleh :  
**RAJENDRA ADI NAMBI**  
NRP : 4210100017

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :

Irfan Syarif Arief, ST., MT.  
NIP: 1969 1225 1997 02 1001



Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD.  
NIP: 1959 0410 1987 01 1001



SURABAYA  
AGUSTUS, 2016

*[Halaman sengaja dikosongkan]*

# LEMBAR PENGESAHAN

STUDI PERANCANGAN *MULTI SALTER DUCK* PADA  
BANGUNAN APUNG TIPE PONTON

## TUGAS AKHIR

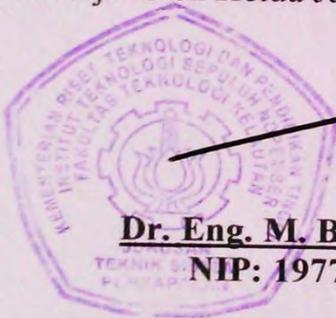
Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Bidang Studi Marine Manufacture and Design (MMD)  
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknik Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**RAJENDRA ADI NAMBI**

NRP : 4210100017

Disetujui oleh Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan :



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

**NIP: 1977 0802 2008 01 1007**

**SURABAYA  
AGUSTUS, 2016**

*[Halaman sengaja dikosongkan]*

## **STUDI PERANCANGAN *MULTI SALTER DUCK* PADA BANGUNAN APUNG TIPE PONTON**

**Nama Mahasiswa** : Rajendra Adi Nambi  
**NRP** : 4210 100 017  
**Jurusan** : Teknik Sistem Perkapalan  
**Dosen Pembimbing** : 1. Irfan Syarif Arief, ST., MT.  
2. Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD.

### **ABSTRAK**

Kondisi geografis negara Indonesia yang sebagian besar wilayahnya terdiri dari lautan, maka dilakukan pengembangan pemanfaatan energi kelautan dengan memanfaatkan kekuatan gelombang laut sebagai energi pembangkit listrik. Oleh karena itu dibutuhkan rancangan pengkonversi energi gelombang laut menjadi energi listrik yang sederhana dan diharapkan dapat diaplikasikan pada daerah-daerah pesisir pantai. Dalam penelitian ini, alat pengkonversi yang dirancang berupa multi salter duck pada bangunan apung tipe ponton. Dengan melakukan perhitungan maka dihasilkan beberapa desain yaitu; Desain salter duck dengan jumlah 4 buah dengan dimensi lebar 7,7 meter, dan diameter 5,04 meter. Desain ponton berjumlah 2 buah dengan masing-masing dimensi lebar 4 meter, panjang 8 meter, tinggi 7 meter dan sarat 5,2 meter. Desain poros dengan dimensi panjang 33,8 meter, diameter 13,62 meter dan torsi sebesar 99482,7 N.m. Desain roda gigi ratchet berjumlah 4 buah dengan masing-masing dimensi diameter luar 750 mm, tebal 180 mm, lubang poros 150 mm, jumlah gigi 30, kedalaman gigi 60 mm dan sudut gigi 60°. Selain itu diperlukan pawl sebagai pendorong roda gigi dengan torsi 26877,7 N.m

***Kata Kunci: Energi gelombang laut, Salter Duck, Ponton, Poros, Roda gigi ratchet & pawl.***

*[Halaman sengaja dikosongkan]*

## ***DESIGN STUDY OF MULTI SALTER DUCK ON FLOATING STRUCTURE PONTOON TYPE***

**Name** : Rajendra Adi Nambi  
**NRP** : 4210 100 017  
**Department** : Marine Engineering  
**Supervisor** : 1. Irfan Syarif Arief, ST., MT.  
2. Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD.

### ***ABSTRACT***

*Geographical of Indonesia which most of its territory consists of seas, then the development of marine energy utilization by leveraging the power of ocean waves as an energy power plants. Therefore it takes a draft converting ocean wave energy into electrical energy that is simple and can be applied in coastal areas. In this study, converter tool which is designed in the form of multi salter duck on the floating structure pontoon type. By doing calculations then produced several designs namely; Design salter duck with 4 pieces with a dimensiowidth of 7.7 meters and a diameter of 5.04 meters. Design pontoon totaling 2 pieces with each dimension width of 4 meters, 8 meters long, 7 meters high and 5.2 meters loaded. Shaft design with dimensions of length of 33.8 meters, diameter of 13.62 meters and a torque of 99482.7 N.m Ratchet gear wheel design consists of 4 pieces with each dimension of outer diameter 750 mm, 180 mm thick, 150 mm bore, the number of teeth 30, 60 mm tooth depth and tooth angle of 60 °. Also required pawl as a spur gear with a torque of 26877.7 N.m.*

***Keywords: Wave energy, Salter Duck, Pontoon, Shaft, Ratchet gear & pawl.***

*[Halaman sengaja dikosongkan]*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, serta sholawat dan salam kepada baginda Rasulullah Nabi Muhammad SAW, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

Melalui lembar ini, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih dan penghormatan yang sebesar-besarnya atas dukungan, bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, yaitu:

1. Bapak dan Ibu tercinta yang telah memberi masukan, dukungan, dan nasehat sehingga penulis dapat melewati tahap sarjana ini.
2. Adik-adik saya Tiwi, Yogy, dan Andini serta keluarga saya yang telah memberikan dukungan dan semangat selama pengerjaan skripsi ini.
3. Bapak Irfan Syarif Arief, ST., MT. sebagai dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu untuk membimbing penulis menyelesaikan penelitian ini.
4. Bapak Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD. yang telah meluangkan waktu untuk membimbing penulis menyelesaikan penelitian ini.
5. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Sistem Perkapalan yang telah memberikan ilmu beserta pengalamannya selama ini.
6. Kepada teman – teman PINISI 10 yang selalu memberikan motivasi, dukungannya selama mengerjakan skripsi ini.
7. Kepada teman – teman di LABKOM dan MESKAP yang selalu menyediakan tempat yang nyaman untuk mengerjakan skripsi ini.
8. Serta semua pihak yang telah membantu saya yang namanya tidak dapat penulis sebutkan satu -persatu.

Penulis berharap semoga untuk kedepannya akan ada usaha untuk penyempurnaan skripsi ini karena masih jauh dari kesempurnaan.

Akhir kata penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Karena itu, penulis memohon saran dan kritik yang sifatnya membangun demi kesempurnaannya dan semoga bermanfaat bagi kita semua. Amiin

Surabaya, Agustus 2016

Penulis,

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
ABSTRAK .....	v
ABSTRACT .....	vii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xv
DAFTAR TABEL .....	xvii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	3
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Tujuan Skripsi.....	4
1.5. Manfaat.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Gelombang Air Laut.....	5
2.1.1. Definisi .....	5
2.1.2. Bagian-bagian gelombang .....	6
2.1.3. Teori Gelombang Linear .....	7
2.2 Salter Duck.....	9
2.2.1. Definisi.....	9
2.2.2. Desain Salter Duck .....	11
2.2.3. Diameter Salter Duck .....	11

2.2.4. Stiffness / Kekakuan Benda .....	13
2.2.5. Momen Inersia.....	13
2.2.6. Konversi Power .....	15
2.3. Bangunan Apung.....	15
2.4. Poros.....	17
2.4.1. Definisi.....	17
2.4.2. Jenis-Jenis Poros. ....	17
2.4.3. Sifat-Sifat Poros Yang Harus Diperhatikan .....	19
2.4.4. Perhitungan Poros .....	20
2.5. Roda Gigi. ....	27
<b>BAB III  METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>29</b>
3.1. Identifikasi dan Perumusan Masalah.....	29
3.2. Studi Literatur. ....	29
3.3. Pengumpulan Data. ....	30
3.4. Perhitungan Desain .....	31
3.5 Pembuatan Model.....	31
3.6. Verifikasi.....	32
3.7. Kesimpulan dan Saran.....	32
3.8. Flowchart Metodologi Penelitian. ....	33
<b>BAB IV  ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>35</b>
4.1. Data Tinggi dan Kecepatan Gelombang. ....	35
4.1.1. Rata - Rata Tinggi Gelombang.....	36
4.1.2. Rata - Rata Kecepatan Gelombang .....	37

4.1.3. Panjang Gelombang dan Periode Gelombang..	38
4.2. Salter Duck .....	38
4.2.1. Dimensi Salter Duck .....	38
4.2.2. Menghitung Jari-Jari Stern ( $R_2$ ).....	39
4.2.3. Menghitung Jari-Jari Paunch ( $R_0$ ) .....	39
4.2.4. Menghitung Jari-Jari Ideal Paunch ( $R_0'$ ) .....	40
4.2.5. Menghitung Panjang Garis Permukaan Air ( $LD$ ).....	41
4.2.6. Menghitung Lebar Salter Duck ( $B$ ).....	41
4.2.7. Menghitung Displacement Salter Duck ( $M$ ) ....	42
4.2.8. Menghitung Sudut Sumbu Rotasi Dengan Ujung Paunch ( $\alpha$ ) .....	42
4.2.9. Menghitung Momen Inersia ( $I$ ) .....	43
4.2.10. Menentukan Titik Berat ( $r_D$ ).....	43
4.2.11. Daya Yang Dikonversikan Salter Duck ( $P_D$ )	44
4.2.12. Berat Salter Duck .....	45
4.3. Ponton.....	46
4.3.1. Dimensi Ponton .....	46
4.3.2. Konstruksi .....	47
4.3.3. Berat Konstruksi Ponton .....	55
4.4. Poros.....	58
4.4.1. Material Poros. ....	58
4.4.2. Tegangan Geser Izin Material ( $\tau_{max}$ ) .....	58
4.4.3. Torsi Pada Poros.....	61
4.4.4. Diameter Poros.....	62

4.4.5. Momen Inersia Poros ( $J$ ) .....	62
4.4.6. Tegangan Geser Pada Poros ( $\tau_0$ ) .....	63
4.4.7. Fillet Radius ( $r$ ). .....	63
4.4.8. Pengunci Roda Gigi Pada Poros.....	64
4.5. Gear Ratchet & Pawl.....	67
4.5.1. Spesifikasi Gear Ratchet & Pawl. ....	67
4.5.2. Torsi Gear Ratchet. ....	68
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	71
5.1. Kesimpulan.....	71
5.2. Saran.....	73
DAFTAR PUSTAKA .....	75
LAMPIRAN .....	77

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 : Susunan Gelombang Air Laut .....	7
Gambar 2.2 : Gelombang Laut Linear.....	8
Gambar 2.3 : (a) Salter Duck, (b) Multi Salter Duck .....	10
Gambar 2.4 : Dimensi Salter Duck .....	11
Gambar 2.5 : Bangunan Apung .....	16
Gambar 2.6 : Ratchet Gear .....	28
Gambar 3.1 : Flowchart Metodologi Penelitian .....	33
Gambar 4.1 : Area pengambilan data gelombang laut .....	35
Gambar 4.2 : Dimensi Salter Duck .....	38
Gambar 4.3 : Dimensi profil memanjang .....	50
Gambar 4.4 : Ukuran fillet radius ( $r$ ) pada poros bulat padat.....	64
Gambar 4.5 : Referensi ukuran key .....	66
Gambar 4.6 : Dimensi gear ratchet.....	68
Gambar 4.7 : Dimensi pawl.....	68

*[Halaman sengaja dikosongkan]*

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1; Nilai Faktor Koreksi Momen Puntir ( $K_m$ ) dan Momen Bending ( $K_b$ ). .....	26
Tabel 4.1; Data Tinggi Gelombang Laut Selatan Jawa Timur Oktober 2014 – September 2015 .....	36
Tabel 4.2; Data Kecepatan Gelombang Laut Selatan Jawa Timur Oktober 2014 – September 2015 .....	37
Tabel 4.3; Data Panjang dan Periode Gelombang Laut Selatan Jawa Timur Oktober 2014 – September 2015 .....	38
Tabel 4.4; Jarak lengkungan profil paunch ( $R_0$ ) .....	40
Tabel 4.5; Displacement salter duck ( $M$ ) .....	42
Tabel 4.6; Ukuran dan berat konstruksi ponton .....	57
Tabel 4.7; Faktor a berdasarkan surface finish material.....	58
Tabel 4.8; Faktor temperatur .....	59
Tabel 4.9; Faktor reability .....	60
Tabel 4.10; Ukuran standar lebar dan kedalaman key. ....	66

*[Halaman sengaja dikosongkan]*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Kebutuhan energi yang meningkat dan sumber daya yang terus berkurang membuat kita sebagai penerus generasi yang akan datang harus dapat mencari alternatif pemanfaatan energi lain selain energi yang tak terbarukan.

Jika masih bergantung pada energi tidak terbarukan, maka di masa depan kita akan kesulitan untuk memanfaatkan energi ini karena keterbatasan populasi dari energi tersebut. Dilihat dari kondisi geografis negara Indonesia yang sebagian besar wilayahnya terdiri dari lautan, maka dilakukan pengembangan pemanfaatan energi kelautan dengan memanfaatkan kekuatan ombak sebagai energi pembangkit listrik.

Secara umum, potensi energi samudra yang dapat menghasilkan listrik dapat dibagi kedalam 3 jenis potensi energi yaitu energi pasang surut (*tidal power*), energi gelombang laut (*wave energy*) dan energi panas laut (*ocean thermal energy*). Meskipun pemanfaatan energi jenis ini di Indonesia masih memerlukan berbagai penelitian mendalam, tetapi secara sederhana dapat dilihat bahwa probabilitas menemukan dan memanfaatkan potensi energi gelombang laut dan energi panas laut lebih besar dari energi pasang surut.

Pada dasarnya prinsip kerja teknologi yang mengkonversi energi gelombang laut menjadi energi listrik adalah mengakumulasi energi gelombang laut untuk memutar turbin generator. Karena itu sangat penting memilih lokasi yang secara topografi memungkinkan akumulasi energi. Meskipun penelitian untuk mendapatkan teknologi yang optimal dalam mengkonversi energi gelombang laut masih terus dilakukan, saat ini, ada beberapa alternatif teknologi yang dapat dipilih.

Kebutuhan biaya besar dan teknologi tinggi ini akan semakin terasa bila menyangkut lokasi di lepas pantai; baik di perairan dalam (*deepwater*) atau bahkan di perairan sangat dalam (*ultra deepwater*). Hal ini disebabkan tingkat kesulitan, resiko, dan ketidakpastian yang lebih besar bila dibandingkan dengan pekerjaan di daratan pada umumnya.

Sebuah inovasi pemanfaatan energi gelombang laut. Dengan memanfaatkan energi gelombang laut kita bisa menciptakan energi listrik yang baru yang dibantu dengan sebuah alat yang dinamakan dengan *salter duck*. *Salter duck* ini memanfaatkan gelombang laut sebagai sumber utama yang akan dikonversi menjadi sumber listrik. *Salter duck* dapat mengkonversi energi gelombang laut menjadi energi yang dapat digunakan. Banyak manfaat yang diambil dari *salter duck*, salah satunya adalah *salter duck* sebagai penggerak utama generator dengan memanfaatkan gerakan pitching dari *salter duck*. Sebagai

penggerak utama untuk generator, dibutuhkan perancangan desain *salter duck* yang sederhana dan mudah realisasikan.

## 1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan permasalahan yang akan dibahas di tugas akhir ini adalah;

1. Bagaimana desain perancangan *multi salter duck* yang sederhana pada bangunan apung tipe ponton?
2. Bagaimana desain konstruksi penyusun *multi salter duck* seperti *salter duck*, ponton, poros, dan roda gigi?

## 1.3. Batasan Masalah

Dari permasalahan yang akan diselesaikan, maka perlu adanya batasan masalah agar pembahasan tidak melebar dan mempermudah dalam hal analisa. Batasan yang diberikan sebagai berikut;

1. Data gelombang laut yang digunakan berasal dari data gelombang laut di samudra Hindia sebelah selatan Jawa Timur tepatnya di Kabupaten Malang, Kecamatan Roworante sekitar Pulau Sempu.
2. Hanya menghitung komponen-komponen penyusun *multi salter duck* yang dipasang/diletakkan pada dua buah ponton seperti *Salter duck*, ponton, roda gigi, dan poros.
3. Desain yang dirancang berdasarkan perhitungan manual dan belum dianalisa menggunakan *software* yang berkaitan.

#### **1.4. Tujuan Skripsi**

Tujuan yang ingin dicapai dari skripsi ini adalah;

1. Untuk mendapatkan desain perancangan *multi salter duck* yang sederhana pada bangunan apung tipe ponton.
2. Untuk mengetahui desain *salter duck*, desain ponton, desain poros, dan desain roda gigi.

#### **1.5. Manfaat**

Manfaat penelitian yang akan didapatkan setelah penulisan skripsi ini adalah;

1. Dengan adanya penelitian ini, dapat menghasilkan desain rancangan *multi salter duck* yang dipasang pada dua buah ponton.
2. Dapat menghasilkan rancang bangun pembangkit listrik yang sederhana dan dapat dengan mudah diaplikasikan didaerah pesisir.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Gelombang Air Laut**

##### **2.1.1. Definisi**

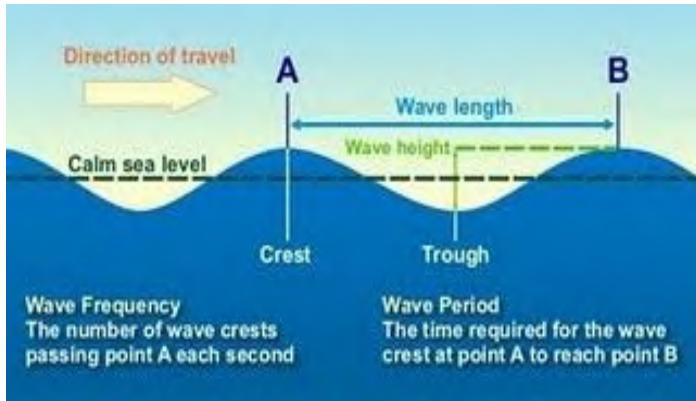
Gelombang air laut adalah pergerakan naik dan turunnya air dengan arah tegak lurus permukaan air laut yang membentuk kurva/grafik *sinusoidal*. Gelombang selalu menimbulkan sebuah ayunan air yang bergerak tanpa henti – hentinya pada lapisan permukaan laut dan jarang dalam keadaan sama sekali diam. Hembusan angin sepoi – sepoi pada cuaca yang tenang sekalipun sudah cukup menimbulkan riak gelombang. Sebaiknya dalam keadaan dimana terjadi badai yang besar dapat menimbulkan suatu gelombang besar yang dapat mengakibatkan suatu kerusakan hebat pada kapal – kapal atau daerah – daerah pantai.

Gelombang / ombak yang terjadi di lautan dapat diklasifikasikan menjadi beberapa macam tergantung kepada gaya pembangkitnya. Pembangkit gelombang laut dapat disebabkan oleh: angin (gelombang angin), gaya tarik menarik bumi-bulan-matahari (gelombang pasang-surut), gempa (vulkanik atau tektonik) di dasar laut (gelombang *tsunami*), ataupun gelombang yang disebabkan oleh gerakan kapal.

### 2.1.2. Bagian-bagian gelombang

Susunan gelombang dilautan baik bentuk maupun macamnya sangat bervariasi dan kompleks. Untuk itu para ahli mendesain sebuah model gelombang buatan untuk memudahkan dalam mempelajarinya, walaupun bentuk gelombang ini kemungkinan tidak akan dijumpai sama seperti gelombang laut yang sebenarnya. Bagian-bagian gelombang ideal adalah :

- *Crest* : merupakan titik tertinggi atau puncak sebuah gelombang
- *Trough* : merupakan titik terendah atau lembah sebuah gelombang
- *Wave height* : merupakan jarak vertikal antara crest dan trough atau disebut juga tinggi gelombang
- *Wave length* : merupakan jarak berturut-turut antara dua buah crest atau dua buah trough, disebut juga satu panjang gelombang
- *Wave period* : waktu yang dibutuhkan crest untuk kembali pada titik semula secara berturut-turut, disebut juga periode gelombang
- *Wave steepness* : perbandingan antara panjang gelombang dengan tinggi gelombang, disebut juga kemiringan gelombang.



Gambar 2.1 : Susunan Gelombang Air Laut

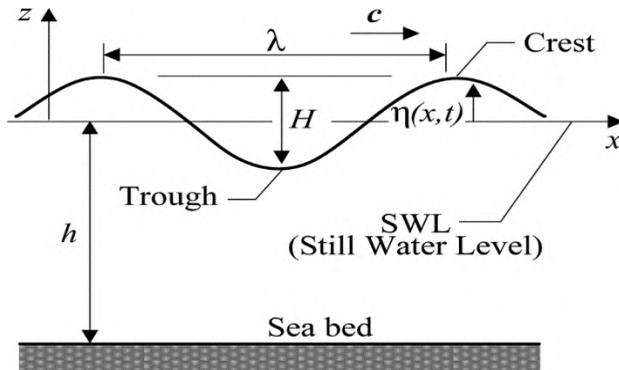
([http://geowiki.ucdavis.edu/?title=Oceanography/08:\\_Waves\\_%26\\_Tides/8.1:\\_Waves](http://geowiki.ucdavis.edu/?title=Oceanography/08:_Waves_%26_Tides/8.1:_Waves))

### 2.1.3. Teori Gelombang Linear

Teori gelombang linier, sering disebut sebagai gelombang Airy, awalnya dirancang oleh ahli matematika Inggris dan astronom George Airy (1801-1892). Seorang pria dari kepentingan yang sangat luas dalam sains dan teknik, ia mendirikan meridian utama bujur di Greenwich di London, beliau sangat aktif dalam penelitian astronomi, dan membuat kontribusi besar mekanika struktural dan dinamika fluida - termasuk model linier untuk menjelaskan bentuk dan propagasi gelombang permukaan lautan di dunia.

Gelombang laut yang dihasilkan angin di perairan dijelaskan oleh teori Airy, terutama ketika terbentuk secara

bertahap mulai dari gelombang dengan amplitudo rendah, hingga gelombang dengan amplitudo tinggi (*swell*) yang menghasilkan sinusoidal dalam bentuk amplitudo ( $A$ ), tinggi ( $H$ ) antara puncak dan palung dan panjang gelombang ( $\lambda$ ). Meskipun tidak ada model matematika menggambarkan gelombang laut persis, pendekatan sinusoidal bekerja dengan baik ketika ketinggian *swell* jauh lebih kecil dari panjang gelombang.



Gambar 2.2 : Gelombang Laut Linear

(Lynn, Paul A. 2014. *Electricity from Wave and Tide (An Introduction to Marine Energy)*.)

Jika sebuah gelombang yang melintasi permukaan laut dan melewati point particular, kita dapat mengukur interval waktu antara puncak gelombang (*crest*) dikenal sebagai periode ( $T$ ). Kebalikan dari periode adalah frekuensi ( $f$ ), dan kecepatan gelombang ( $c$ ) kita dapat menulis:

$$T = 1/f = \lambda/c \quad \dots (2.1)$$

Teori Airy memprediksi bahwa periode, panjang gelombang dan kecepatan linier Gelombang di perairan dalam yang saling terkait oleh dua persamaan lanjut:

$$\lambda = gT^2/2\pi \quad \dots (2.2)$$

dan

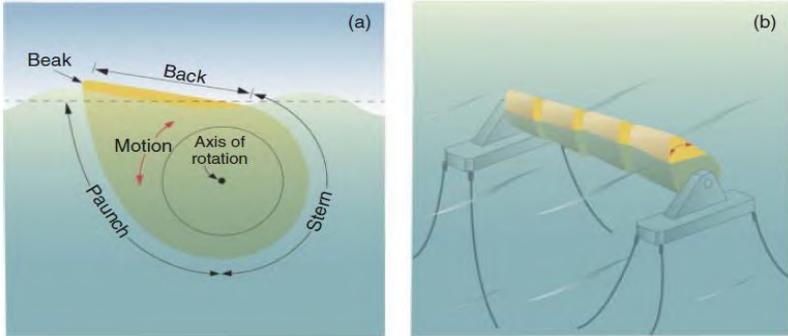
$$c = gT/2\pi \quad \dots (2.3)$$

## 2.2 *Salter Duck*

### 2.2.1. Definisi

*Salter Duck* adalah salah satu dari banyak konsep untuk *Wave Energy Converter* (WEC), yang berpotensi dapat mengkonversi tenaga gelombang laut/ombak menjadi energi yang dapat digunakan.

Pada tahun 1974 Salter memperkenalkan suatu konsep pengkonversi energi yang cukup unik yang mampu menghasilkan efisiensi sebesar 90% pada gelombang sinusiodal 2 dimensi. Dia menyebutnya dengan “*nodding duck*” berdasarkan bentuknya maupun operasinya

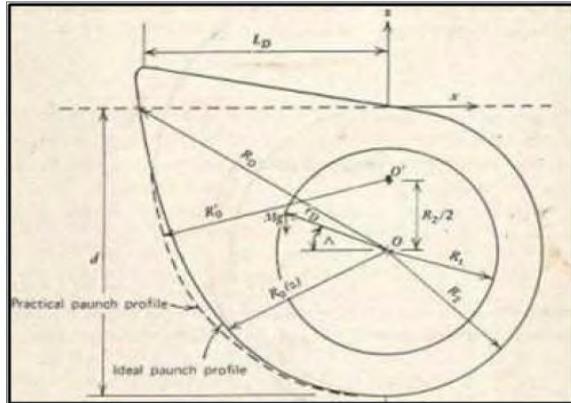


Gambar 2.3 : (a) Salter Duck, (b) Multi Salter Duck

(Lynn, Paul A. 2014. *Electricity from Wave and Tide (An Introduction to Marine Energy)*)

Paunch dari “duck” tersebut dibentuk seperti itu dalam memanfaatkan tekanan dinamik yang disebabkan oleh gelombang yang akan mempengaruhi gerakan partikel dari air yang secara efisien akan memaksa “duck” tersebut untuk berotasi pada sumbu O. Sebagai tambahan, perubahan tekanan hidrostatis akan memberikan kontribusi untuk rotasinya dengan menyebabkan *bouyant forebody* dekat beak menjadi naik turun. Ketika kedua tekanan ini mempengaruhi pergerakan dari tiap fase, *nodding duck* mengkonversi dari energi kinetik dan potensial dari gelombang menjadi energi mekanik rotasi. Energi mekanik rotasi ini lalu di konversi menjadi energi listrik dengan menggunakan *hydraulic – electric subsystem*.

### 2.2.2. Desain Salter Duck



Gambar 2.4 : Dimensi Salter Duck

(McCormick, Michael. 1981., *Ocean Wave Energy Conversion*.)

Dengan keterangan gambar sebagai berikut :

- $R_2$  = Jari-jari *Stern*
- $R_0$  = Jari-jari *Paunch*
- $R_0'$  = Jari-jari *Practical Paunch*
- $L_D$  = Panjang garis air
- $\alpha$  = Sudut dari sumbu poros untuk  $R_0$
- $r_D$  = Letak titik berat objek dari sumbu poros

### 2.2.3. Diameter Salter Duck

Sebagai bagian dari kebanyakan perangkat pengkonversi energi lainnya, analisis tentang perangkat ini dimulai dengan menetapkan desain dari gelombang yang

memperngaruhi frekwensi natural dapat dituliskan sebagai berikut :

$$f_D = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\text{stiffnes}}{\text{inertia}}} \quad \dots(2.4)$$

Dimana *stiffness* dan *inertia* dari system tersebut dapat ditentukan dengan mengasumsikan;

$$f_D = f$$

$$f_D = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{2\pi g}{\lambda} \tanh\left(\frac{2\pi g}{\lambda}\right)} \quad \dots(2.5)$$

Untuk mempermudah analisis, asumsikan bahwa perangkat tersebut beroperasi di air dalam, sehingga persamaan diatas menjadi;

$$f_D = \sqrt{\frac{2\pi g}{\lambda}} \quad \dots(2.6)$$

Dimana  $\lambda$  adalah panjang gelombang.

Rata – rata panjang gelombang air dalam diketahui dari pengukuran *in situ* yang dibuat selama lebih dari satu tahun. Dari informasi ini, Salter lalu menspesifikasikan bahwa radius dari *paunch* tersebut ( $R_0$ ) adalah sebagai berikut :

$$R_0 = K_D e^{2\pi z/\lambda} \quad \dots(2.7)$$

Dimana  $K_D$  adalah desain konstan yang ditentukan pada saat  $z = -2R_2$  untuk nilai yang diasumsikan  $\lambda/R_2$ .

Untuk hasil yang dihasilkan oleh *salter*  $\lambda/R_2 = 20$  adalah asumsi. Dengan kondisi ini, persamaan diatas menjadi :

$$R_{0lz} = -2R_2 = K_D e^{-\pi/5}$$

$$= 0,533 K_D = \lambda/20$$

Oleh karena itu, nilai dari desain yang konstan adalah

$$K_D = 0,0937\lambda \quad \dots(2.8)$$

#### 2.2.4. *Stiffness* / Kekakuan Benda

Mengacu pada hubungan antara frekuensi natural dengan kekakuan benda, Salter (1976) menunjukkan bahwa *effective stiffness* dari system *salter duck* dapat dicari menggunakan persamaan dibawah ini :

$$Stiffness = \frac{1}{3} \rho g L_D^3 B - M g r_D \cos \alpha \quad \dots(2.9)$$

Dimana : M : Berat *displacement* (kg)

B : Lebar *salter duck* (m)

$r_D$  : Panjang lengan dari titik rotasi ke titik berat (m)

$L_D$  : Panjang garis air (m)

$\rho$  : massa jenis air laut ( $\text{kg/m}^3$ )

g : percepatan gravitasi ( $\text{m}^2/\text{s}$ )

#### 2.2.5. Momen Inersia

Momen inersia adalah hasil kali massa sebuah partikel (m) dengan kuadrat jarak partikel dari titik rotasinya (r).

secara sederhana momen inersia dapat ditulis kedalam persamaan berikut ini;

$$I = m \times r^2 \quad \dots(2.10)$$

Jarak setiap partikel yang menyusun benda tegar berbeda – beda jika diukur dari sumbu rotasi. Ada yang berada di tepi ada yang dekat dengan sumbu rotasinya dan lain- lainnya. Berikut ini adalah beberapa persamaan momen inersia untuk benda tegar.

*Salter duck* dikategorikan sebagai sebuah benda silinder berongga, dan Salter (1976), secara pendekatan mendapatkan persamaan untuk inersia *salter duck* adalah sebagai berikut :

$$inertia = 2 \left\{ \frac{1}{32} \pi \rho B \left[ \left( \frac{L_D}{\cos \alpha} \right)^2 - R_2 \right]^2 \right\} \quad \dots (2.11)$$

Dimana momen inersia pada sumbu rotasi bergantung kepada distribusi massa dari keseluruhan benda termasuk mekanisme konversi energi yang ada didalamnya. Sehingga persamaan (2.4) diatas menjadi sebagai berikut :

$$f_D = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\frac{1}{3} \rho g L_D^3 B - M g r_D \sin \alpha}{2 \left\{ \frac{1}{32} \pi \rho B \left[ \left( \frac{L_D}{\cos \alpha} \right)^2 - R_2 \right]^2 \right\}}} \quad \dots(2.12)$$

### 2.2.6. Konversi Power

Untuk mendesain *salter duck*, yang harus diperhatikan adalah nilai dari frekuensi natural harus sama dengan nilai frekuensi hitungan. Oleh sebab itu, maka nilai dari  $R_D$  harus diubah dan disamakan dengan nilai dari  $R_0$  pada saat  $z = 0$ . Sehingga panjang dari garis permukaan air adalah sebagai berikut;

$$LD = \sqrt{R_D^2 - R_2^2} \quad \dots(2.13)$$

Dan sudut yang dibentuk adalah sebagai berikut;

$$\alpha = \cos^{-1} \left( \frac{LD}{R_D} \right) \quad \dots(2.14)$$

Sehingga rumus konversi energinya adalah sebagai berikut;

$$Power\ Converted = Eff \times \frac{\rho g H^2 \left( \frac{\lambda}{T} \right) B}{16} \quad \dots(2.15)$$

### 2.3. Bangunan Apung

Bangunan apung merupakan suatu konstruksi yang dapat mengapung diatas yang digunakan untuk tujuan tertentu. Pada bangunan apung, benda mendapat gaya berat dari gravitasi yang arahnya kebawah. Agar bangunan tersebut terapung, maka benda harus mendapat gaya angkat ke atas. Sesuai dengan hukum *Archimedes* yaitu “Suatu benda yang dicelupkan sebagian atau seluruhnya kedalam zat cair akan mengalami gaya ke atas yang besarnya

sama dengan berat zat cair yang dipindahkan oleh benda tersebut”.



Gambar 2.5 : Bangunan Apung  
(<http://products.damen.com/en/ranges/stan-pontoon-b20/>)

Gaya berat pada bangunan yang terapung dapat dibagi menjadi *lightweight* dan *deadweight*. *Lightweight* merupakan berat komponen yang bersifat tetap yaitu berat konstruksi, peralatan dan perlengkapan yang menunjang bangunan apung. Sedangkan *deadweight* adalah berat komponen yang dapat dipindahkan yaitu berat muatan, berat ballast, kebutuhan operasioanl ataupun bahan bakar dan pelumas jika bangunan tersebut memiliki penggerak.

Salah satu contoh dari bangunan apung adalah pontoon. Pontoon merupakan bangunan apung yang memiliki tingkat buoyancy yang cukup sehingga dapat mengambang sendiri meskipun diberikan beban yang cukup berat. Ponton dapat digunakan untuk perahu, *rafts*, *barges*

*dock*, dan *seaplanes*. Ponton dapat dibuat dengan menggunakan fiber, karet, bahan *sealed cylinder* seperti pipa atau barrel, gabus, *spons* atau dari metal.

## **2.4. Poros.**

### **2.4.1. Definisi.**

Poros (*shaft*) adalah elemen yang digunakan untuk mentransmisikan daya dari satu tempat ke tempat lainnya. Daya tersebut dihasilkan oleh gaya tangensial dan momen torsi yang hasil akhirnya adalah daya tersebut akan ditransmisikan kepada elemen lain yang berhubungan dengan poros tersebut.

Poros juga merupakan suatu bagian stasioner yang berputar, biasanya berpenampang bulat dimana terpasang elemen-elemen seperti roda gigi (*gear*), *pulley*, *flywheel*, engkol, *sprocket* dan elemen pemindah lainnya. Poros bisa menerima beban lenturan, beban tarikan, beban tekan atau beban puntiran yang bekerja sendiri-sendiri atau berupa gabungan satu dengan lainnya.

### **2.4.2. Jenis-Jenis Poros.**

#### **A. Berdasarkan pembebanannya**

- Poros transmisi (*transmission shafts*)

Poros transmisi lebih dikenal dengan sebutan shaft. Shaft akan mengalami beban puntir berulang, beban lentur secara bergantian ataupun kedua-duanya. Pada poros, daya dapat ditransmisikan melalui roda gigi, *belt pulley*, *sprocket*, rantai, dll.

➤ Poros Gandar

Poros gandar merupakan poros yang dipasang diantara roda-roda kereta barang. Poros gandar tidak menerima beban puntir dan hanya mendapat beban lentur.

➤ Poros *spindle*

Poros *spindle* merupakan poros transmisi yang relatif pendek, misalnya pada poros utama mesin perkakas dimana beban utamanya berupa beban puntiran. Selain beban puntiran, poros spindle juga menerima beban lentur (*axial load*). Poros spindle dapat digunakan secara efektif apabila deformasi yang terjadi pada poros tersebut kecil.

**B. Berdasarkan bentuknya**

➤ Poros lurus

➤ Poros engkol sebagai penggerak utama pada silinder mesin.

### **2.4.3. Sifat-Sifat Poros Yang Harus Diperhatikan**

#### **A. Kekuatan poros**

Poros transmisi akan menerima beban puntir (*twisting moment*), beban lentur (*bending moment*) ataupun gabungan antara beban puntir dan lentur. Dalam perancangan poros perlu memperhatikan beberapa faktor, misalnya : kelelahan, tumbukan dan pengaruh konsentrasi tegangan bila menggunakan poros bertangga ataupun penggunaan alur pasak pada poros tersebut. Poros yang dirancang tersebut harus cukup aman untuk menahan beban-beban tersebut.

#### **B. Kekakuan Poros**

Meskipun sebuah poros mempunyai kekuatan yang cukup aman dalam menahan pembebanan tetapi adanya lenturan atau defleksi yang terlalu besar akan mengakibatkan ketidaktepatan (pada mesin perkakas), getaran mesin (*vibration*) dan suara (*noise*). Oleh karena itu disamping memperhatikan kekuatan poros, kekakuan poros juga harus diperhatikan dan disesuaikan dengan jenis mesin yang akan ditransmisikan dayanya dengan poros tersebut.

#### **C. Putaran Kritis**

Bila putaran mesin dinaikan maka akan menimbulkan getaran (*vibration*) pada mesin tersebut.

Batas antara putaran mesin yang mempunyai jumlah putaran normal dengan putaran mesin yang menimbulkan getaran yang tinggi disebut putaran kritis. Hal ini dapat terjadi pada turbin, motor bakar, motor listrik, dll. Selain itu, timbulnya getaran yang tinggi dapat mengakibatkan kerusakan pada poros dan bagian-bagian lainnya. Jadi dalam perancangan poros perlu mempertimbangkan putaran kerja dari poros tersebut agar lebih rendah dari putaran kritisnya.

#### **D. Korosi**

Apabila terjadi kontak langsung antara poros dengan fluida korosif maka dapat mengakibatkan korosi pada poros tersebut, misalnya *propeller shaft* pada pompa air. Oleh karena itu pemilihan bahan-bahan poros (plastik) dari bahan yang tahan korosi perlu mendapat prioritas utama.

### **2.4.4. Perhitungan Poros**

#### **A. Pembebanan tetap (*constant loads*)**

➤ Untuk poros yang hanya terdapat momen puntir saja.

$$\frac{T}{J} = \frac{\tau}{r} \quad \dots(2.16)$$

Dimana :

T = Momen puntir pada poros,

J = Momen inersia polar,

$r = \text{Jari-jari poros} = d_0/2,$

$\tau = \text{Torsional shear stress}$

➤ Untuk poros yang berbentuk bulat padat (*solid shaft*),

Besarnya momen inerti polar dirumuskan :

$$J = \frac{\pi}{32} \times d^4 \quad \dots(2.17)$$

Dengan mensubstitusikan, persamaan (2.16) dengan (2.17). Sehingga momen puntir pada poros bulat padat adalah:

$$\frac{T}{\frac{\pi}{32} \times d^4} = \frac{\tau}{\frac{d}{2}} \quad \text{Atau} \quad T = \frac{\pi}{16} \times \tau \times d^3 \quad \dots(2.18)$$

➤ Untuk poros berbentuk bulat berongga (*hollow shaft*)

Besarnya momen inersia polar dirumuskan:

$$J = \frac{\pi}{32} \times \left[ (d_0)^4 - d_i^4 \right] \quad \dots(2.19)$$

Dimana;

$d_0 = \text{diameter luar}$

$d_i = \text{diameter dalam}$

Dengan mensubstitusikan, persamaan (2.16) dengan (2.19). Sehingga momen puntir pada poros bulat berongga adalah :

$$T = \frac{\pi}{16} \tau \left[ \frac{(d_0)^4 - (d_i)^4}{d_0} \right] \quad \dots(2.20)$$

Selain dengan persamaan diatas, besarnya momen puntir pada poros (*twisting moment*) juga dapat diperoleh dari hubungan persamaan dengan variabel-variabel lainnya, misalnya :

Daya yang ditransmisikan oleh poros dapat diperoleh dari persamaan :

$$P = \frac{2\pi NT}{60} \quad \dots(2.21)$$

Dimana;

P = daya (Watt),

T = moment puntir (N.m),

N = kecepatan poros (rpm)

Untuk menghitung sabuk penggerak (*belt drive*), dapat digunakan persamaan:

$$T = (T_1 - T_2)R \quad \dots(2.22)$$

Dimana :

T<sub>1</sub> = tarikan pada sisi kencang (*tight*)

T<sub>2</sub> = tarikan pada sisi kendur (*slack*).

R = jari-jari *pulley*

➤ **Untuk poros yang hanya terdapat bending momen saja.**

$$\frac{M}{I} = \frac{\sigma_b}{y} \quad \dots(2.23)$$

Dimana :

M = momen lentur pada poros,

I = momen inersia,

O = bending momen,

y = jari-jari poros = d/2

➤ Untuk poros yang berbentuk bulat padat (*solid shaft*),

Besarnya momen inersia polar dirumuskan :

$$I = \frac{\pi}{64} \times d^4 \quad \dots(2.24)$$

Dengan mensubstitusikan, persamaan (2.23) dengan (2.24). Sehingga momen puntir pada poros bulat padat adalah:

$$\frac{M}{\frac{\pi}{64} \times d^4} = \frac{\sigma_b}{\frac{d}{2}} \quad \text{Atau, } M = \frac{\pi}{32} \times \sigma_b \times d^3 \quad \dots(2.25)$$

➤ Untuk poros berbentuk bulat berongga (*hollow shaft*)

Besarnya momen inersia dirumuskan :

$$I = \frac{\pi}{64} \left[ (d_o)^4 - (d_i)^4 \right] \quad \dots(2.26)$$

Sehingga :

$$\frac{M}{\frac{\pi}{64} [(d_0)^4 - (d_t)^4]} = \frac{\sigma_b}{\frac{d}{2}} \text{ Atau,}$$
$$M = \frac{\pi}{32} \times \sigma_b \left[ \frac{(d_0)^4 - (d_t)^4}{d} \right] \quad \dots(2.27)$$

➤ **Untuk poros dengan kombinasi momen lentur dan momen puntir.**

Jika pada poros tersebut terdapat kombinasi antara momen bending dan momen puntir maka perancangan poros harus didasarkan pada kedua momen tersebut. Banyak teori telah diterapkan untuk menghitung elastic failure dari material ketika dikenai momen lentur dan momen puntir, misalnya :

- *Maximum shear stress theory* atau *Guest's theory*: Teori ini digunakan untuk material yang dapat diregangkan (*ductile*), misalnya baja lunak (*mild steel*).
- *Maximum normal stress theory* atau *Rankine's theory*: Teori ini digunakan untuk material yang keras dan getas (*brittle*), misalnya besi cor (*cast iron*).

Terkait dengan *Maximum shear stress theory* atau *Guest's theory* bahwa besarnya *maximum shear stress* pada poros dirumuskan :

$$\tau_{\max} = \frac{1}{2} \sqrt{(\sigma_b)^2 + (4\tau^2)} \quad \dots(2.28)$$

Dengan mensubstitusikan, persamaan (2.18) dan (2.25) ke persamaan (2.28). Sehingga diperoleh:

$$\tau_{\max} = \frac{1}{2} \sqrt{\left(\frac{32M}{\pi d^3}\right)^2 + 4\left(\frac{16T}{\pi d^3}\right)^2} = \frac{16}{\pi d^3} \left[\sqrt{M^2 + T^2}\right] \dots(2.29)$$

atau

$$\sqrt{M^2 + T^2} = \frac{\pi}{16} \times \tau_{\max} \times d^3 \quad \dots(2.30)$$

Pernyataan  $\sqrt{M^2 + T^2}$  dikenal sebagai *equivalent twisting moment* yang disimbolkan dengan ( $T_e$ ). Equivalent twisting momen ini dapat didefinisikan sebagai tegangan geser atau *shear stress* ( $\tau$ ) akibat adanya momen puntir pada suatu poros yang mempunyai besar yang sama dengan momen puntir yang sebenarnya. Dengan demikian, besarnya  $\tau_{\max}$  sebanding dengan tegangan geser yang diijinkan ( $T_e$ ).

## **B. Pembebanan berubah-ubah (*fluctuating loads*)**

Pada pembahasan sebelumnya telah dijelaskan mengenai pembebanan tetap (*constant loads*) yang terjadi pada poros. Dan pada kenyataannya bahwa poros justru akan mengalami pembebanan puntir dan pembebanan lentur yang

berubah-ubah. Dengan mempertimbangkan jenis beban, sifat beban, dll. yang terjadi pada poros maka ASME (*American Society of Mechanical Engineers*) menganjurkan dalam perhitungan untuk menentukan diameter poros yang dapat diterima (aman) perlu memperhitungkan pengaruh kelelahan karena beban berulang. Dalam hal ini untuk momen puntir digunakan factor koreksi  $K_t$  dan untuk momen bending digunakan factor koreksi  $K_m$ .

JENIS PEMBEBANAN	$K_m$	$K_t$
1. Poros Tetap		
a. Beban perlahan	1.0	1.0
b. Beban tiba-tiba	1.5 - 2.0	1.5 - 2.0
2. Poros Berputar		
a. Beban tetap atau perlahan	1.5	1.0
b. Beban tiba-tiba / kejutan ringan	1.5 - 2.0	1.5 - 2.0
c. Beban tiba-tiba / kejutan berat	2.0 - 3.0	1.5 - 3.0

Tabel 2.1; Nilai faktor koreksi momen puntir ( $K_m$ ) dan momen bending ( $K_t$ ).

Sehingga besarnya *equivalent twisting moment* pada beban yang berubah ubah ( $T_e$ ) adalah; untuk persamaan untuk  $T_e$  dan  $M_e$  menjadi,

$$T_e = \sqrt{(K_m \times M)^2 + (K_t \times T)^2} \quad \dots(2.31)$$

Sedangkan besarnya momen inertiya pada beban yang berubah - ubah ( $M_e$ ) adalah;

$$M_e = \frac{1}{2} \left[ Km \times M + \sqrt{(Km \times M)^2 + (Kt \times T)^2} \right] \dots(2.31)$$

## 2.5. Roda Gigi.

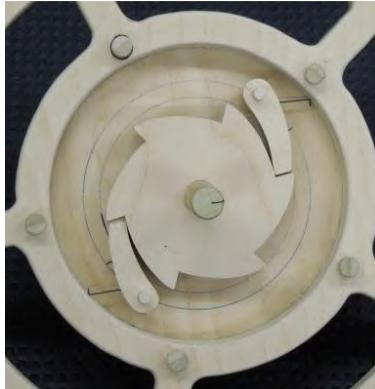
Roda gigi digunakan untuk mentransmisikan daya besar dan putaran yang tepat. Roda gigi memiliki gigi di sekelilingnya, sehingga penerusan daya dilakukan oleh gigi-gigi kedua roda yang saling berkait. Roda gigi sering digunakan karena dapat meneruskan putaran dan daya yang lebih bervariasi dan lebih kompak daripada menggunakan alat transmisi yang lainnya.

Roda gigi harus mempunyai perbandingan kecepatan sudut tetap antara dua poros. Di samping itu terdapat pula rodagigi yang perbandingan kecepatan sudutnya dapat bervariasi. Ada pula roda gigi dengan putaran yang terputus-putus.

Roda gigi diklasifikasikan beberapa jenis sebagai berikut;

- Menurut letak poros.
- Menurut arah putaran.
- Menurut bentuk jalur gigi

Untuk yang input putarannya bolak-balik (dua arah) dan menghasilkan output putaran searah, maka dibutuhkan tipe roda gigi jenis *ratchet pawl*.



Gambar 2.6 : Ratchet Gear

(<http://www.innovativesintered.com/products/gears-powdered-metal.html>)

*Ratchet* merupakan bentuk lain dari gear, namun tidak seperti gear yang dapat digunakan untuk mempercepat atau memperlambat gerakan. *Ratchet* hanya dapat berputar satu arah dikarenakan dua buah *pawl* yang bekerja bergantian menarik dan mendorong *ratchet* jika *ratchet* menerima putaran.

## **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Metodologi penulisan skripsi ini mencakup semua kegiatan yang akan dilaksanakan untuk memecahkan masalah atau melakukan proses perancangan terhadap perancangan *multi salter duck*. Untuk lebih jelasnya akan dijabarkan sebagai berikut:

### **3.1. Identifikasi dan Perumusan Masalah.**

Pada proses ini akan dilakukan suatu identifikasi dan perumusan masalah yaitu untuk menentukan cara pembuatan model secara keseluruhan. Permasalahan yang akan dibahas adalah bagaimana perancangan desain *multi salter duck* yang dipasang pada bangunan apung tipe ponton.

Selain itu, ditentukan juga batasan-batasan dalam proses perancangan tersebut seperti data yang dipergunakan, bahan material komponen, dan analisisnya difokuskan hanya kepada komponen yang dirancang.

### **3.2. Studi Literatur.**

Pada Tahapan ini dilakukan studi literatur yaitu merangkum teori – teori dasar, tutorial *software* serta informasi tambahan yang berkaitan dengan tugas akhir ini.

Dari studi literatur maka didapatkan poin-poin sebagai berikut;

- Teori tentang energi gelombang laut,
- Teori *salter duck* dan perhitungannya,
- Teori bangunan apung,
- Perhitungan konstruksi ponton,
- Jenis-jenis roda gigi dan cara kerjanya,
- Perhitungan pada poros,

Studi literatur dapat diperoleh dari buku-buku yang bersangkutan, jurnal, skripsi, tesis, atau penelitian yang telah dilakukan. Selain itu untuk lebih memahami dalam menjalankan *software* maka perlu mengikuti pelatihan-pelatihan dasar *software AutoCAD*.

### **3.3. Pengumpulan Data.**

Tahapan ini merupakan proses mendapatkan data-data yang berkaitan dengan pengerjaan skripsi ini. Data yang diperlukan adalah data tinggi, panjang dan periode gelombang laut di sekitar bangunan lepas pantai. Data yang dikumpulkan dapat diperoleh dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Propinsi Jawa Timur dan data dari penelitian - penelitian sebelumnya yang berhubungan dengan *salter duck*, pontoon, dan pembangkit energi listrik.

Untuk teknik pengolahan data gelombang menggunakan metode *random sampling* yang mengambil data tinggi dan kecepatan gelombang dalam kurun Oktober

2014 - September 2015 dan kemudian diambil rata-ratanya yang bias mewakili karakteristik tinggi gelombang dan kecepatan gelombang dalam kurun waktu tersebut.

### **3.4. Perhitungan Desain**

Setelah mendapatkan data yang dibutuhkan, kemudian langkah yang dilakukan adalah perhitungan desain. Perhitungan desain yang dibutuhkan berupa ukuran, bahan, dan kekuatan dari komponen penyusun *multi salter duck* seperti ponton, poros penghubung antara ponton dan *salter duck*, roda gigi yang mengkonversi gerakan anggukan *salter duck* menjadi putaran dan ukuran dari *salter duck* itu sendiri.

### **3.5 Pembuatan Model.**

Perhitungan yang telah didapatkan akan dipergunakan untuk pembuatan model. Model yang akan dibuat merupakan desain dari *salter duck* itu sendiri, desain ponton, desain poros dan desain roda gigi yang diusahakan sesuai dengan kondisi yang sebenarnya. Pemodelan ini menggunakan aplikasi *AutoCAD* dalam bentuk 2 dimensi dan 3 dimensi.

### **3.6. Verifikasi.**

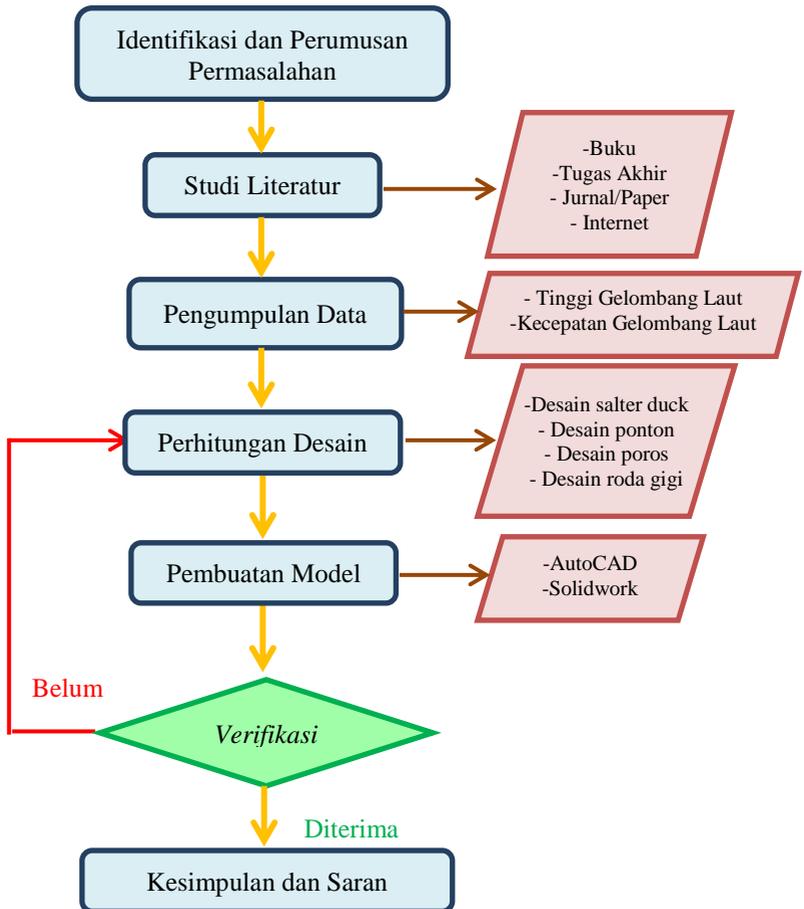
Setelah melakukan simulasi dan analisa terhadap model maka kemudian dilanjutkan dengan proses verifikasi. Tahapan ini akan mencek kembali secara keseluruhan mulai dari pembuatan model hingga hasil analisa untuk meminimalisir apabila perhitungan desain kurang tepat, kesalahan dalam proses pemodelan, kesalahan dalam memberikan parameter bahkan kesalahan dalam proses pengambilan data.

### **3.7. Kesimpulan dan Saran.**

Apabila setelah diverifikasi tidak terjadi kesalahan atau terjadi kesalahan dalam batas wajar maka proses selanjutnya adalah menarik kesimpulan dari analisa data yang sudah dilakukan. Kesimpulan yang dihasilkan merupakan jawaban dari permasalahan yang dibahas dalam pengerjaan skripsi ini. Selain itu merupakan rangkuman dari proses penelitian pengolahan data yang dilakukan dan dapat menghasilkan rancangan *multi salter duck* yang dipasang pada dua buah ponton.

Selain itu, memberikan saran-saran atau rekomendasi ditujukan untuk pengembangan penelitian kedepannya yang bersangkutan dengan skripsi ini.

### 3.8. Flowchart Metodologi Penelitian.



Gambar 3.1; Flowchart Metodologi Penelitian

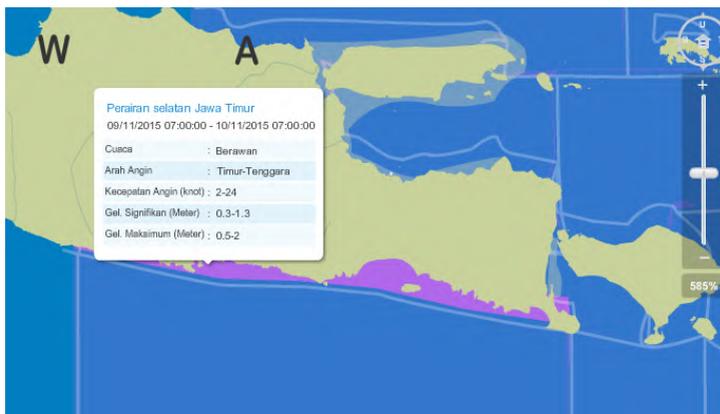
*[Halaman sengaja dikosongkan]*

## BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Data Tinggi dan Kecepatan Gelombang.

Data tinggi gelombang dan kecepatan gelombang laut dibutuhkan untuk menentukan desain salter duck yang mengacu pada panjang gelombang dan periode gelombang.

Data tinggi gelombang dan kecepatan gelombang diambil dengan menggunakan metode *sampling random* dimana data tersebut merupakan jenis data yang terus menerus tak terhingga akibat adanya hubungan dengan waktu. Oleh karena itu diambil sample dalam periode satu tahun antara Oktober 2014 – September 2015 yang diharapkan mewakili karakteristik tinggi dan panjang gelombang setiap bulannya.



Gambar 4.1; Area pengambilan data gelombang laut (Warna ungu).  
(BMKG Stasiun Maritim Perak Surabaya)

Data tinggi gelombang diperoleh dari Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika Stasiun Tanjung Perak Surabaya. Dimana data gelombang yang diambil merupakan data tinggi gelombang laut di samudra Hindia sebelah selatan Jawa Timur tepatnya di Kabupaten Malang, Kecamatan Roworante sekitar Pulau Sempu.

#### 4.1.1. Rata - Rata Tinggi Gelombang

Tinggi Gelombang	Nilai Tengah ( $M_i$ )	Frek. ( $f_i$ )	( $M_i f_i$ )	Deviasi $M_i - x$	( $M_i - x$ ) <sup>2</sup>	$f_i(M_i - x)^2$
0.28 - 0.44	0.36	8	2.88	-0.55	0.301	2.41
0.45 - 0.61	0.53	27	14.31	-0.38	0.143	3.87
0.62 - 0.78	0.70	63	44.1	-0.21	0.044	2.74
0.79 - 0.95	0.87	115	100.05	-0.04	0.001	0.17
0.96 - 1.12	1.04	103	107.12	0.13	0.017	1.78
1.13 - 1.29	1.21	33	39.93	0.30	0.091	3.00
1.30 - 1.47	1.38	13	17.94	0.47	0.222	2.89
1.48 - 1.63	1.55	0	0	0.64	0.411	0
1.64 - 1.81	1.72	2	3.44	0.81	0.658	1.32
1.82 - 1.97	1.89	1	1.89	0.98	0.963	0.96
$\Sigma$		365	331.66			19.14

Tabel 4.1; Data tinggi gelombang laut selatan Jawa Timur oktober 2014 – september 2015

#### A. Rata – rata tinggi gelombang

$$\bar{x} = \frac{\sum f_i M_i}{n} = 0,908 \text{ meter}$$

## B. Standar Deviasi (s)

$$s^2 = \frac{\sum f_i (M_i - \bar{x})^2}{n - 1} = 0,053$$

$$S = 0,229$$

### 4.1.2. Rata - Rata Kecepatan Gelombang

Kecepatan Gelombang	Nilai Tengah ( $M_i$ )	Frek. ( $f_i$ )	( $M_i f_i$ )	Deviasi $M_i - x$	( $M_i - x$ ) <sup>2</sup>	$f_i(M_i - x)^2$
0.4 - 7.0	3.7	178	658.6	-5.25	27.561	4905.87
7.1 - 13.7	10.4	109	1133.6	1.45	2.103	229.22
13.8 - 20.4	17	61	1043.1	8.15	66.425	4051.91
20.5 - 27.1	23.8	13	309.4	14.85	220.527	2866.85
27.2 - 33.8	30.5	4	122	21.55	464.408	1857.63
$\Sigma$		365	3266.7			13911.47

Tabel 4.2; Data kecepatan gelombang laut selatan Jawa Timur oktober 2014 – september 2015

## A. Rata – rata kecepatan gelombang

$$\bar{x} = \frac{\sum f_i M_i}{n} = 8,95 \text{ m/s}$$

## B. Standar Deviasi (s)

$$s^2 = \frac{\sum f_i (M_i - \bar{x})^2}{n - 1} = 38,22$$

$$S = 6,18$$

### 4.1.3. Panjang Gelombang dan Periode Gelombang

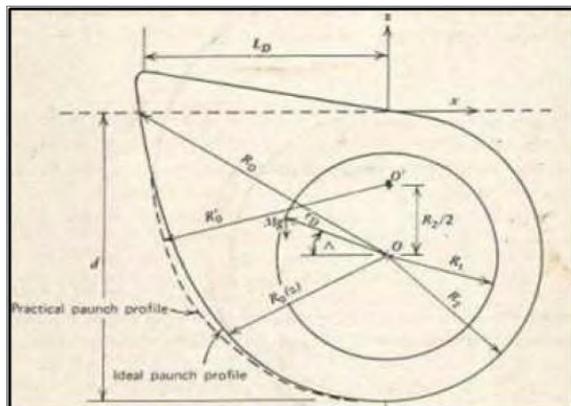
Berdasarkan persamaan (2.1), (2.2), dan (2.3), kita dapat mengetahui nilai panjang dan periode gelombang. Sehingga dapat didapatkan nilainya pada table berikut;

Oktober 2014 - September 2015	Tinggi (H) (m)	Kecepatan (c) (m/s)	Periode (T) (s)	Panjang ( $\lambda$ ) (m)
Nilai minimal	0.28	0.4	0.26	0.11
Nilai rata-rata	0.91	8.95	5.74	51.34
Nilai maksimal	1.97	33.8	21.66	732.24

Tabel 4.3; Data panjang dan periode gelombang laut selatan Jawa Timur oktober 2014 – september 2015

## 4.2. Salter Duck.

### 4.2.1. Dimensi Salter Duck



Gambar 4.2 : Dimensi Salter Duck

(McCormick, Michael. 1981., *Ocean Wave Energy Conversion.*)

Dengan keterangan gambar sebagai berikut :

- $R_2$  = Jari-jari *Stern*
- $R_0$  = Jari-jari *Paunch*
- $R_0'$  = Jari-jari *Practical Paunch*
- $L_D$  = Panjang garis air
- $\alpha$  = Sudut dari sumbu poros untuk  $R_0$
- $r_D$  = Letak titik berat objek dari sumbu poros

#### 4.2.2. Menghitung Jari-Jari *Stern* ( $R_2$ )

Jari-jari *stern* merupakan jari dari poros ke profil lingkaran *salter duck*. Untuk menghitung nilai jari-jari tersebut, menggunakan persamaan  $R_2 = 0,533 K_D = \lambda/20$ . Dimana nilai  $\lambda$  adalah nilai rata-rata panjang gelombang yang didapatkan dari data di atas.

$$\begin{aligned} R_2 &= \lambda/20 \\ &= \frac{51.34}{20} = 2.57 \text{ meter} \end{aligned}$$

#### 4.2.3. Menghitung Jari-Jari *Paunch* ( $R_0$ )

Jari-jari *paunch* merupakan jarak dari poros ke *paunch* profil dari *salter duck*. *Paunch* dari objek adalah sebuah kurva melengkung yang mana merupakan sebuah kombinasi sederhana dari busur dan tangen yang dapat digunakan sebagai letak deviasi maksimum dari bentuk profil *paunch*.

Besarnya nilai  $R_0$  didapatkan dengan menggunakan persamaan (2.7).

$$R_0 = K_D e^{2\pi z/\lambda}$$

Dimana  $K_D$  adalah desain konstan yang didefinisikan dengan persamaan  $K_D = 0.0937\lambda$  pada saat  $z = -2R_2$  dari poros ke permukaan air. Sementara itu nilai  $e$  merupakan bilangan *euler* yang konstanta nilainya sebesar 2.718.

$$R_0 = 0.09378 \times 51.34 e^{0.428}$$

$z$	$e$	$e^{2\pi z/\lambda}$	$R_0$
-5.13	2.178	0.61	2.95
-4.62	2.178	0.64	3.10
-4.11	2.178	0.68	3.25
-3.59	2.178	0.71	3.42
-3.08	2.178	0.75	3.59
-2.57	2.178	0.78	3.77
-2.05	2.178	0.82	3.96
-1.54	2.178	0.86	4.15
-1.03	2.178	0.91	4.36
-0.51	2.178	0.95	4.58
0.00	2.178	1.00	4.81

Tabel 4.4; Jarak lengkungan profil paunch ( $R_0$ )

#### 4.2.4. Menghitung Jari-Jari Ideal Paunch ( $R_0'$ )

Jari-jari ideal *paunch* ( $R_0'$ ) merupakan jarak dari poros  $0'$  ke profil *paunch*, sehingga membentuk profil paunch berupa garis imajiner. Dengan adanya nilai  $R_0'$  maka kita lebih mudah

menghitung luasannya dan membantu menghitung nilai dari displasemen dari *salter duck*.

Sehingga untuk menemukan nilai  $R_0'$  menggunakan persamaan ;

$$R_0' = 1,5 \times R_2$$

$$R_0' = 1,5 \times 2,57$$

$$= 3,85 \text{ meter}$$

#### **4.2.5. Menghitung Panjang Garis Permukaan Air ( $L_D$ ).**

Untuk menghitung panjang garis permukaan air dari *salter duck* menggunakan persamaan;

$$L_D = \sqrt{R_D^2 - R_2^2}$$

Dimana  $R_D$  adalah nilai  $R_0$  pada saat  $z = 0$  dan nilai  $R_2$  adalah jari-jari *stern*. Sehingga nilai  $L_D$  adalah;

$$L_D = \sqrt{4.81^2 - 2.57^2}$$

$$= 4,07 \text{ meter}$$

#### **4.2.6. Menghitung Lebar *Salter Duck* (B)**

Besarnya lebar dari *salter duck* nantinya akan berbanding lurus dengan besarnya konversi energi yang dihasilkan. Sehingga nilai lebar dari *salter duck* dapat kita tentukan berdasarkan perbandingan dengan *stern* dari *salter duck* sehingga membentuk dimensi yang ideal.

Besarnya lebar dari dimensi *salter duck* dihitung dengan persamaan berikut;

$$B = 3 \times R_2$$

$$= 7,7 \text{ meter}$$

#### 4.2.7. Menghitung Displacement *Salter Duck* (M)

Dengan mengetahui lebar dari *salter duck* maka dapat dihitung nilai *displacement* dari objek, yaitu;

Lebar (m)	Luas (m <sup>2</sup> )	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	<i>Displacement</i> (kg)
7.7	27.24	1025	215019.62

Tabel 4.5; Displacement *salter duck* (M)

#### 4.2.8. Menghitung Sudut Sumbu Rotasi Dengan Ujung *Paunch* ( $\alpha$ )

Besarnya nilai  $\alpha$  merupakan sudut pembentuk antara sumbu rotasi dengan ujung *paunch*. Dimana nilainya nanti digunakan untuk menentukan letak titik berat. Nilai  $\alpha$  dihitung dengan persamaan;

$$\alpha = \cos^{-1} \left( \frac{L_D}{R_D} \right)$$

Sehingga sudut yang membentuk antara sumbu rotasi dengan ujung *paunch*;

$$\alpha = \cos^{-1} \left( \frac{4.07}{4.81} \right)$$

$$\alpha = 32,27^\circ$$

#### 4.2.9. Menghitung Momen Inersia (I)

Karena *salter duck* dikategorikan sebagai sebuah benda silinder berongga, pendekatan persamaan untuk mendapatkan momen inersia *salter duck* adalah sebagai berikut :

$$inertia = 2 \left\{ \frac{1}{32} \pi \rho B \left[ \left( \frac{L_D}{\cos \alpha} \right)^2 - R_2 \right]^2 \right\}$$

Sehingga momen inersia dari *salter duck* yang dirancang adalah sebagai berikut;

$$inertia = 2 \left\{ \frac{1}{32} 3,14 \cdot 1025 \cdot 7,7 \left[ \left( \frac{4,07}{\cos 32,27} \right)^2 - 2,57 \right]^2 \right\}$$

$$I = 657412,02 \text{ kg.m}^2$$

#### 4.2.10. Menentukan Titik Berat ( $r_D$ )

Letak titik berat dari *salter duck* bergantung kepada distribusi massa yang berbeda akibat adanya periode gelombang yang menghasilkan natural frekwensi dari objek (Persamaan 2.4).

Untuk itu perlu diketahui dahulu natural frekwensi dari objek berdasarkan periode gelombang dengan persamaan sebagai berikut;

$$f_D = \frac{1}{T_D}$$

$$f_D = \frac{1}{5.74} = 0,17 \text{ Hz}$$

Sehingga dengan mensubstitusi pada persamaan (2.4) maka dapat menghasilkan perhitungan sebagai berikut;

$$f_D = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\frac{1}{3} \rho g L_D^3 B - M g r_D \cos \alpha}{2 \left\{ \frac{1}{32} \pi \rho B \left[ \left( \frac{L_D}{\cos \alpha} \right)^2 - R_2 \right]^2 \right\}}}$$

$$0,17 = 0,159 \sqrt{\frac{\left( \frac{1}{3} 1025 \cdot 9,81 \cdot 4,07^3 \cdot 7,7 \right) - (215019,62 \cdot 9,81 \cdot r_D \cdot \cos 32,27)}{657412,02}}$$

$$r_D = 0,554 \text{ meter}$$

Dimana jaraknya terletak pada sudut  $\alpha$  dari sumbu poros.

#### 4.2.11. Daya Yang Dikonversikan *Salter Duck* ( $P_D$ )

Daya yang dapat dikonversikan oleh *salter duck* dapat dihitung dengan persamaan berikut;

$$P_D = \text{Eff} \times \frac{\rho g H^2 c B}{16}$$

Dimana efficiency dari konversi poros dicari dengan persamaan berikut;

$$\begin{aligned} P_D/P &= 1 - e^{-2kd} \\ &= 1 - 0.38 \\ &= 0.62 \\ \text{Effisiensi} &= 62\% \end{aligned}$$

Dimana;

$$k = \frac{2\pi}{\lambda}$$
$$= \frac{2\pi}{0.12}$$

$$d = 2R_2$$
$$= 5.134 \text{ m}$$

$$e = 2.178$$

Sehingga daya yang dapat dikonversi adalah sebagai berikut;

$$P_D = \text{Eff} \times \frac{\rho g H^2 c B}{16}$$

$$P_D = 62\% \times ((1025 \times 9.81 \times 0.908^2 \times 8.95 \times 7.7)/16)$$

$$P_D = 22138 \text{ Watt}$$

#### **4.2.12. Berat Salter Duck**

Spesifikasi *sheel salter duck*;

Bahan = FRP (*Fiberglass Reinforced Plastic*)

Massa Jenis = 1920 kg/m<sup>3</sup>

Tebal = 30 mm

Luas permukaan *salter duck*

= Luasan sisi *salter duck* + Luasan *paunch salter duck*

= (27.24 x 2) + (19.5 x 7.7)

= 204.63 m<sup>2</sup>

Volume material *salter duck*

= 204.63 x 0.03

= 6.14 m<sup>3</sup>

Sehingga berat *salter duck* adalah;

$$= \text{Massa jenis} \times \text{Volume material}$$

$$= 1920 \times 6,14$$

$$= 11786.7 \text{ kg}$$

### **4.3. Ponton.**

#### **4.3.1. Dimensi Ponton**

Perhitungan konstruksi ponton menggunakan rules *BKI Volume II. Section 31. Barges and Pontoon*. Dengan menggunakan material pelat baja.

Dimensi ponton yaitu sebagai berikut;

$$L = 8 \text{ meter}$$

$$B = 4 \text{ meter}$$

$$H = 7 \text{ meter}$$

$$T = 5,2 \text{ meter}$$

$$Cb = 1$$

$$P = 1025 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Material} = \text{Baja (Carbon Steel KIA)}$$

$$\text{Massa jenis} = 7580 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Faktor material} = 0.78$$

## 4.3.2. Konstruksi

### A. Tebal Pelat

➤ *Deck Plating*

$$\begin{aligned}t_{\min} &= (4,5 + 0,05 L) && (\text{Sec. 7.A.5}) \\ &= 4.9 \quad \text{mm} \\ &= 5 \quad \text{mm}\end{aligned}$$

➤ *Bottom Plating*

$$\begin{aligned}t_{\min} &= 1,9 \cdot n_f \cdot a \sqrt{PB \cdot k + t_k} && (\text{Sec. 6.B.1}) \\ &= 6.12 \quad \text{mm} \\ &= 7 \quad \text{mm}\end{aligned}$$

Dimana;

$$t_k = 1.5 \quad \text{faktor korosi}$$

$$n_f = 0.83$$

$$a = 2 \quad \text{m jarak stiffner}$$

$$\begin{aligned}PB &= 10 T + P_o C_f \quad \text{Load on bottom} \\ &= 56.38 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_o &= 2,1 (C_b + 0,7) C_o C_L f \\ &= 4.70\end{aligned}$$

$$f = 1$$

$$\begin{aligned}C_o &= ((L/25) + 4,1) C_{RW} \\ &= 4.42\end{aligned}$$

$$C_{RW} = 0.6$$

$$C_L = \sqrt{L/90}$$

$$= 0.30$$

$$C_f = 0.93$$

➤ **Side Plating**

$$t_{\min} = 1,9 \cdot n_f \cdot a \sqrt{P_s \cdot k} + t_k \quad (\text{Sec. 6.C.1})$$

$$= 5.69 \text{ mm}$$

$$= 6 \text{ mm}$$

Dimana;

$$P_s = 10 (T-z) + P_o C_f (1 + z/t) \quad \text{Load on Side}$$

$$= 46.38 \text{ kN/m}^2$$

$$P_o = 2,1 (C_b + 0,7) C_o C_L f$$

$$= 4.70$$

$$C_f = 0.93$$

$$f = 1$$

$$C_o = ((L/25) + 4,1) C_{RW}$$

$$= 4.42$$

$$C_{RW} = 0.6$$

$$C_L = \sqrt{L/90}$$

$$= 0.30$$

➤ **Bulkhead Plating**

$$t_{\min} = c_p \cdot a \sqrt{p} + t_k \quad (\text{Sec. 11.B.2})$$

$$= 4.77 \text{ mm}$$

$$= 5 \text{ mm}$$

Dimana;

$$c_p = 0,9 \sqrt{f} = 0.78$$

$$t_k = 1,5 \text{ faktor korosi}$$

$$a = 2 \text{ m jarak stifner}$$

$$p = 9,81 \cdot h = 4.41$$

$$\sqrt{p} = 2.10$$

$$f = 235/ReH = 0.75 \quad ReH = 315$$

$$\sqrt{f} = 0.86$$

$$h = 0.45$$

Jumlah Bulkhead 3 sesuai *Section 11.A.1*

## **B. Section Modulus**

### ➤ **Section modulus memanjang**

$$\begin{aligned} W_L &= k \cdot c_0 \cdot L^2 \cdot B \cdot (C_b + 0,7) \cdot 10^{-6} \text{ (m}^3\text{)} \text{ (Sec. 5.C.2)} \\ &= 0.0000944 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Dimana;

$$\begin{aligned} c_0 &= (L/25 + 4,1) \text{ CRW} \\ &= 2.78 \end{aligned}$$

### ➤ **Section modulus melintang**

$$\begin{aligned} W_T &= k \cdot c_0 \cdot L^2 \cdot B \cdot (C_b + 0,7) \cdot 10^{-6} \text{ (m}^3\text{)} \text{ (Sec. 5.C.2)} \\ &= 0.0000866 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Dimana;

$$c_0 = (B/25 + 4,1) \text{ CRW}$$

$$= 2.55$$

### C. Momen Inertia

➤ **Momen inerti memanjang**

$$I_L = 3 \cdot 10^{-2} \cdot W_L \cdot L/k \quad (\text{Sec. 5.C.3})$$

$$= 0.0000290365 \text{ m}^4$$

$$= 2903.65 \text{ cm}^4$$

➤ **Momen inerti melintang**

$$I_T = 3 \cdot 10^{-2} \cdot W_T \cdot B/k \quad (\text{Sec. 5.C.3})$$

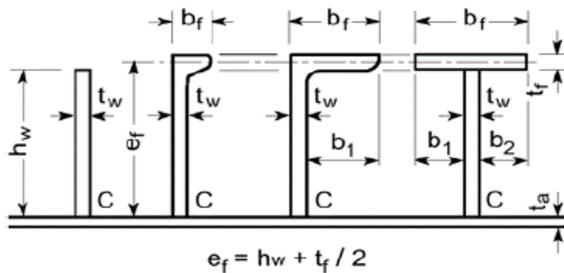
$$= 0.000013317 \text{ m}^4$$

$$= 1331.17 \text{ cm}^4$$

### D. Profil penguat (*Stiffeners*)

Profil penguat yang digunakan berbentuk *flat angle* (Profil L). Dengan ukuran yang ditentukan berdasarkan momen inerti.

➤ **Profil memanjang**



Gambar 4.3; Dimensi profil memanjang

Ukuran Penampang profil L;

$$H_w = 160 \text{ mm}$$

$$b_1 = 60 \text{ mm}$$

$$t_w = 5 \text{ mm}$$

$$t_f = 5 \text{ mm}$$

Ketentuan;

(Sec. 3.F.2.3)

$$h_w \times t_w = 800 = A_w$$

$$b_1 \times t_f = 300 = A_f$$

$$\text{Web; } h_w/t_w < 60\sqrt{k}$$

$$32 \quad 53.0$$

$$\text{Flange; } b_1/t_f < 19,5\sqrt{k}$$

$$12 \quad 17.2$$

Koreksi;

$$I = \left[ \frac{A_w \cdot h_w^2}{3} + A_f \cdot e_f^2 \right] 10^{-4} \quad (\text{Sec. 3.F.3})$$

$$= 6826666.667 + 3000000$$

$$= 9826666.667 \times 10^{-4}$$

$$= 982.67 \text{ cm}^4$$

$$\text{Jumlah longitudinal stiffeners } 3 = 2948.00 \text{ cm}^4$$

➤ **Profil melintang**

Ukuran Penampang profil L;

$$H_w = 95 \text{ mm}$$

$$b_1 = 40 \text{ mm}$$

$$t_w = 4 \text{ mm}$$

$$t_f = 4 \text{ mm}$$

Ketentuan;

(Sec. 3.F.2.3)

$$h_w \times t_w = 800 = A_w$$

$$b_1 \times t_f = 300 = A_f$$

$$\text{Web; } h_w/t_w < 60\sqrt{k}$$

$$23,75 \quad 53,0$$

$$\text{Flange; } b_1/t_f < 19,5\sqrt{k}$$

$$10 \quad 17,2$$

Koreksi;

$$I = \left[ \frac{A_w \cdot h_w^2}{3} + A_f \cdot e_f^2 \right] 10^{-4} \quad (\text{Sec. 3.F.3})$$

$$= 11 \cdot \left[ \frac{A_w \cdot h_w^2}{3} + A_f \cdot e_f^2 \right] 10^{-4}$$

$$= 2743166.667 \times 10^{-4}$$

$$= 274.32 \text{ cm}^4$$

$$\text{Jumlah longitudinal stiffeners } 4 = 1371.58 \text{ cm}^4$$

## ***E. Brackets***

### ➤ **Tebal Bracket**

Untuk penguat memanjang;

$$\begin{aligned}t \text{ min} &= c \cdot \sqrt[3]{W_L/K} + tk \text{ (mm)} && \text{(Sec. 3.D.2.2)} \\ &= 3,85 \text{ mm} \\ &= 4 \text{ mm}\end{aligned}$$

Untuk penguat melintang;

$$\begin{aligned}t \text{ min} &= c \cdot \sqrt[3]{W_T/K} + tk \text{ (mm)} && \text{(Sec. 3.D.2.2)} \\ &= 2,74 \text{ mm} \\ &= 3 \text{ mm}\end{aligned}$$

Dimana;

$$c = 1.20$$

$$k1 = 0.78$$

$$W_L = \text{Section Modulus Longitudinal (cm}^4\text{)}$$

$$W_T = \text{Section Modulus Transverse (cm}^4\text{)}$$

$$tk = \text{Faktor korosi} = 1,5$$

### ➤ **Panjang Bracket**

Untuk penguat memanjang;

$$\begin{aligned}l \text{ min} &= 46,2 \cdot \sqrt[3]{W_L/K} \cdot \sqrt{K} + t \text{ (mm)} && \text{(Sec. 3.D.2.3)} \\ &= 326,8 \\ &= 330 \text{ mm}\end{aligned}$$

Untuk penguat melintang;

$$\begin{aligned}l \text{ min} &= 46,2 \cdot \sqrt[3]{W_T/K} \cdot \sqrt{K + t} \text{ (mm)} && (\text{Sec. 3.D.2.3}) \\ &= 319,1 \\ &= 320 \text{ mm}\end{aligned}$$

Dimana;

$$k_1 = 0.78$$

$W_L$  = Section Modulus Longitudinal (cm<sup>4</sup>)

$W_T$  = Section Modulus Transverse (cm<sup>4</sup>)

tk = Faktor korosi = 1,5

### 4.3.3. Berat Konstruksi Ponton

NO	BAGIAN	ITEM	TYPE	UKURAN DAN TEBAL PENAMPANG (mm)			PANJANG (m)	VOLUME (m <sup>3</sup> )	BERAT JENIS (Kg/m <sup>3</sup> )	Qty	BERAT (Kg)
1	DECK	Deck Sheel	Plate	8000	4000	5		0.16	7850	1	1256.00
		Deck Longitudinal 1	Profile L	160	60	5	7.34	0.00807	7850	1	63.38
		Deck Longitudinal 2	Profile L	160	60	5	7.34	0.00807	7850	1	63.38
		Deck Longitudinal 3	Profile L	160	60	5	7.34	0.00807	7850	1	63.38
		Deck Transverse 1	Profile L	95	40	4	3.36	0.00181	7850	1	14.24
		Deck Transverse 2	Profile L	95	40	4	3.36	0.00181	7850	1	14.24
		Deck Transverse 3	Profile L	95	40	4	3.36	0.00181	7850	1	14.24
		Deck Transverse 4	Profile L	95	40	4	3.36	0.00181	7850	1	14.24
		Deck Transverse 5	Profile L	95	40	4	3.36	0.00181	7850	1	14.24
		Bracket Long	Plate	160		4	0.33	0.00021	7850	6	9.95
		Bracket Trans	Plate	95		3	0.32	0.00009	7850	10	7.16
2	BOTTOM	Bottom Sheel	Plate	8000	4000	7		0.224	7850	1	1758.40
		Bottom Longitudinal 1	Profile L	160	60	5	7.34	0.00807	7850	1	63.38
		Bottom Longitudinal 2	Profile L	160	60	5	7.34	0.00807	7850	1	63.38
		Bottom Longitudinal 3	Profile L	160	60	5	7.34	0.00807	7850	1	63.38
		Bottom Transverse 1	Profile L	95	40	4	3.36	0.00181	7850	1	14.24
		Bottom Transverse 2	Profile L	95	40	4	3.36	0.00181	7850	1	14.24

		Bottom Transverse 3	Profile L	95	40	4	3.36	0.00181	7850	1	14.24
		Bottom Transverse 4	Profile L	95	40	4	3.36	0.00181	7850	1	14.24
		Bottom Transverse 5	Profile L	95	40	4	3.36	0.00181	7850	1	14.24
		Bracket Long	Plate	160		4	0.33	0.00021	7850	6	9.95
		Bracket Trans	Plate	95		3	0.32	0.00009	7850	10	7.16
3	SIDE	Side Sheel	Plate	8000	7000	6		0.336	7850	2	5275.20
		Bottom Longitudinal 1	Profile L	160	60	5	7.34	0.00807	7850	2	126.76
		Bottom Longitudinal 2	Profile L	160	60	5	7.34	0.00807	7850	2	126.76
		Bottom Longitudinal 3	Profile L	160	60	5	7.34	0.00807	7850	2	126.76
		Bottom Transverse 1	Profile L	95	40	4	3.36	0.00181	7850	2	28.49
		Bottom Transverse 2	Profile L	95	40	4	3.36	0.00181	7850	2	28.49
		Bottom Transverse 3	Profile L	95	40	4	3.36	0.00181	7850	2	28.49
		Bottom Transverse 4	Profile L	95	40	4	3.36	0.00181	7850	2	28.49
		Bottom Transverse 5	Profile L	95	40	4	3.36	0.00181	7850	2	28.49
		Bracket Long	Plate	160		4	0.33	0.00021	7850	12	19.90
		Bracket Trans	Plate	95		3	0.32	0.00009	7850	20	14.32
4	BULKHEAD	Bulkhead Sheel	Plate	7000	4000	5		0.14	7850	3	3297.00
		Bulkhead Longitudinal 1	Profile L	160	60	5	6	0.00660	7850	3	155.43
		Bulkhead Transverse 1	Profile L	95	40	4	3	0.00162	7850	3	38.15
		Bulkhead Transverse 2	Profile L	95	40	4	3	0.00162	7850	3	38.15

		Bracket Long	Plate	160			4	0.33	0.00021	7850	18	29.84
		Bracket Trans	Plate	95			3	0.32	0.00009	7850	24	17.18
											TOTAL BERAT KONSTRUKSI (Kg)	<b>12979.2</b>

Tabel 4.6; Ukuran dan berat konstruksi ponton

#### 4.4. Poros.

##### 4.4.1. Material Poros.

Spesifikasi material poros sebagai berikut;

Material : Baja  
JIS G 3123 S55 C – D  
Kekuatan tarik : 7200 kg/cm<sup>2</sup>.  
Tipe Poros : Bulat padat (*round solid shaft*)

##### 4.4.2. Tegangan Geser Izin Material ( $\tau_{max}$ )

Untuk menghitung tegangan geser izin menggunakan persamaan berikut;

$$\tau_{max} = ka \cdot kb \cdot kc \cdot kd \cdot ke \cdot kf \cdot S'e$$

*(Shigley, Mechanical Engineering Design, Hal 287.)*

##### A. *ka* (Surface Factor)

$$ka = a S_{ut}^b$$
$$= 4.51 (706,07)^{-0.265}$$
$$ka = 0.79$$

Dimana;

Surface Finish	Factor <i>a</i>		Exponent <i>b</i>
	<i>S<sub>ut</sub></i> , kpsi	<i>S<sub>ut</sub></i> , MPa	
Ground	1.34	1.58	-0.085
Machined or cold-drawn	2.70	4.51	-0.265
Hot-rolled	14.4	57.7	-0.718
As-forged	39.9	272.	-0.995

Tabel 4.7; Faktor *a* berdasarkan surface finish material

$$\begin{aligned}
 S_{ut} &= 7200 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 706.07 \text{ Mpa} \\
 a &= 4,51 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

**B.  $k_b$  (Size Factor)**

$$k_b = 1 \quad (\text{For rotation})$$

**C.  $k_c$  (Load Factor)**

$$k_c = 1 \quad (\text{For Bending Material})$$

**D.  $k_d$  (Temperature Factor)**

$$k_d = \frac{S_T}{S_{RT}}$$

Temperature, °C	$S_T/S_{RT}$	Temperature, °F	$S_T/S_{RT}$
20	1.000	70	1.000
50	1.010	100	1.008
100	1.020	200	1.020
150	1.025	300	1.024

Tabel 4.8; Faktor temperatur

Temperatur yang digunakan yaitu 20° C sesuai suhu di daerah pengambilan data gelombang. Sehingga dari tabel diatas didapatkan faktor temperatur;

$$k_d = 1$$

### E. *ke (Reliability Factor)*

Nilai reability diambil sebesar 99,9% untuk meyakinkan kekuatan poros. Maka nilai *reability* faktor dapat dilihat pada table berikut;

Reliability, %	Transformation Variate $z_{\alpha}$	Reliability Factor $k_e$
50	0	1.000
90	1.288	0.897
95	1.645	0.868
99	2.326	0.814
99.9	3.091	0.753

Tabel 4.9; Faktor reability

Maka;

$$ke = 0.753$$

### F. *kf (Miscellaneous Faktor)*

*Miscellaneous* faktor merupakan faktor tambahan yang meliputi faktor korosi, lapisan cat, pengelasan, dan sejenisnya. Dimana nilai faktor yaitu;

$$kf = 1$$

### G. *S'e (Rotary Beam Test)*

$$\begin{aligned} S'e &= 0,5 S_{ut} \\ &= 0,5 \cdot 706,07 \\ &= 353.04 \end{aligned}$$

Sehingga tegangan geser izin/tegangan geser maksimal pada material adalah;

$$\begin{aligned}
\tau_{max} &= ka \cdot kb \cdot kc \cdot kd \cdot ke \cdot kf \cdot S'e \\
&= 0,79 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,753 \cdot 353,04 \\
&= 210.01 \quad \text{MPa} \\
&= 2041.5 \quad \text{kg/cm}^2
\end{aligned}$$

#### 4.4.3. Torsi Pada Poros.

Menghitung torsi pada poros menggunakan persamaan berikut;

$$P = \frac{T N}{63025}$$

*(Shigley, Mechanical Engineering Design, Hal 102.)*

Dimana;

$$\begin{aligned}
P &= \text{Daya yang dikonversi oleh 4 buah } \textit{salter duck} \\
&= 22138 \times 4 \times 1,2 \\
&= 106262.4 \quad \text{Watt} \quad 142.5 \quad \text{hp}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
N &= \text{Putaran yang dihasilkan dari anggukan } \textit{salter duck} \\
&= 0.17 \quad \text{Hz} \\
&= 10.2 \quad \text{rpm}
\end{aligned}$$

Sehingga nilai torsi poros adalah sebagai berikut;

$$\begin{aligned}
T &= \frac{P \cdot 63025}{N} \\
&= 880496.324 \quad \text{lbf.in} \\
&= 99482.73 \quad \text{N.m} \\
&= 1014441.2 \quad \text{kg.cm}
\end{aligned}$$

#### 4.4.4. Diameter Poros.

Dengan mengetahui besarnya torsi pada poros dan tegangan geser ijin, maka ukuran diameter poros dapat dicari dengan menggunakan persamaan berikut;

$$T = \frac{\pi}{16} \cdot \tau_{max} \cdot d^3$$
$$d = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot T}{\pi \cdot \tau_{max}}}$$
$$d = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 1014441,2}{3,14 \cdot 2041,5}}$$
$$d = 13,62 \text{ cm}$$

Dimana;

T = Torsi poros

$f_s$  = Tegangan geser

d = Diameter poros

#### 4.4.5. Momen Inersia Poros ( $J$ )

Besarnya momen inersia pada poros bulat padat dapat diketahui dengan persamaan berikut;

$$J = \frac{\pi}{32} \cdot d^4$$
$$J = 3776.66 \text{ cm}^4$$

#### 4.4.6. Tegangan Geser Pada Poros ( $\tau_0$ )

Dengan diketahui besarnya nilai momen inersia dan torsi pada poros, maka tegangan geser yang terjadi pada poros adalah sebesar;

$$\tau_0 = \frac{T \cdot r}{J} .$$

$$\tau_0 = \frac{99482,73 \cdot 6,8}{3776,67}$$

$$\tau_0 = 179.39 \text{ MPa}$$

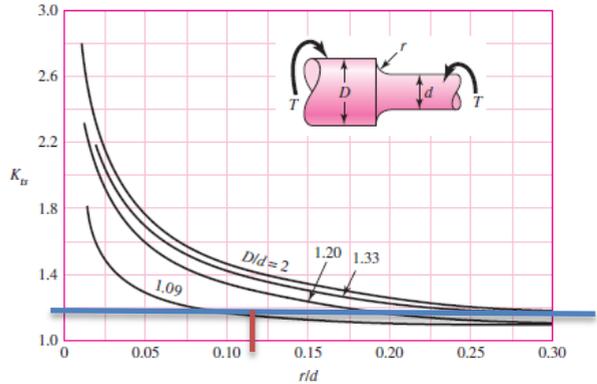
#### 4.4.7. Fillet Radius ( $r$ ).

Untuk menentukan nilai *fillet radius* maka harus ditentukan terlebih dahulu nilai *concentration factor* ( $kt$ ) agar dapat melihat nilai  $r$  pada table *shoulder fillet*.

$$\begin{aligned} kt &= \frac{\tau_{max}}{\tau_0} \\ &= \frac{210,01}{179,39} \\ &= 1.17 \end{aligned}$$

**Figure A-15-8**

Round shaft with shoulder fillet in torsion.  $\tau_0 = Tc/J$ , where  $c = d/2$  and  $J = \pi d^4/32$ .



Gambar 4.4; Ukuran *fillet radius* ( $r$ ) pada poros bulat padat.

Diameter poros *nodding* ( $d$ ) = 13,62 cm

Diameter poros *gear* ( $D$ ) = 15 cm

$$D/d = 15 / 13.62$$

$$= 1.1$$

$$r/d = 0.12$$

$$r = 1.63 \text{ cm (Fillet radius)}$$

#### 4.4.8. Pengunci Roda Gigi Pada Poros.

Pengunci digunakan sebagai pengikat roda gigi agar tidak bergeser. Maka untuk menghitung kekuatan pengunci harus menggunakan besarnya gaya yang bekerja pada roda gigi dimana persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut;

➤ Torsi pada satu buah roda gigi.

$$T = \frac{P \cdot 63025}{N}$$

$$T = 220093.2 \text{ lbf.in}$$

$$24867.1 \text{ N.m}$$

Dimana;

$$P = \text{Daya yang dikonversi oleh 1 buah } \textit{salter duck}$$

$$= 22138 \times 1,2$$

$$= 26565.6 \text{ Watt} = 35,62 \text{ HP}$$

$$N = 10.2 \text{ RPM}$$

➤ Gaya pada roda gigi;

$$F = T / r$$

$$= 331561.333 \text{ N}$$

Dimana;

$$r = \text{Jari-jari poros peletakan roda gigi.}$$

$$= 0.075 \text{ m}$$

Setelah mengetahui besarnya gaya pada *gear*, maka kita dapat menghitung ukuran *key* dengan perhitungan berikut;

➤ *Safe working load for key*;

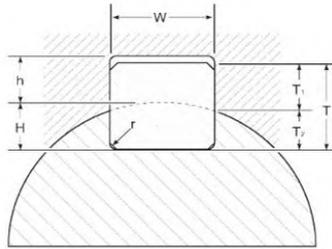
$$T = 0,065 \cdot F \cdot D \cdot l$$

$$l = \frac{T}{0,065 \cdot F \cdot D}$$

$$= \frac{24867,1}{0,065 \cdot 331561,3 \cdot 150}$$

$$= 0.076 \text{ m}$$

$$= 76 \text{ mm}$$



Safe working loads on keys  
 Torque Nm  $.065 \times \ell \times F \times \text{shaft dia. (mm)}$



Gambar 4.5; Referensi ukuran key

Metric Standard Parallel Keyway and Key Sizes					
Shaft Diameter (mm)		Keyway (mm)		Key (mm)*	
From	To	Width (W)	Depth (h)	Width (W)	Depth (T)
6	8	2	1.0	2	2
9	10	3	1.4	3	3
11	12	4	1.8	4	4
13	17	5	2.3	5	5
18	22	6	2.8	6	6
23	30	8	3.3	8	7
31	38	10	3.3	10	8
39	44	12	3.3	12	8
45	50	14	3.8	14	9
51	58	16	4.3	16	10
59	65	18	4.4	18	11
66	75	20	4.9	20	12
76	86	22	5.4	22	14
86	96	25	5.4	25	14
96	110	28	6.4	28	16
111	130	32	7.4	32	18
131	150	36	8.4	36	20
151	170	40	9.4	40	22
171	200	45	10.4	45	25
201	230	50	11.4	50	28
231	260	56	12.4	56	32
261	290	63	12.4	63	32
291	330	70	14.4	70	36
331	380	80	15.4	80	40
381	440	90	17.4	90	45
441	500	100	19.5	100	50

\* Common dimension specification

Tabel 4.10; Ukuran standar lebar dan kedalaman key.

Dari perhitungan dan tabel diatas maka dapat ditentukan ukuran *key*

Type = *Feather Key*

l = 76 mm

W = 35 mm

T = 20 mm

H = 8.4 mm

#### **4.5. Gear Ratchet & Pawl.**

##### **4.5.1. Spesifikasi Gear Ratchet & Pawl.**

Pemilihan *gear ratchet & pawl* berdasarkan yang tersedia dipasaran. Dimana ukuran dan spesifikasinya dipilih berdasarkan besarnya torsi yang memenuhi untuk mengkonversi gerakan sebuah *salter duck* menjadi putaran pada poros.

Gear = *Ratchet & Pawl*

Material = Steel S45C

*Angle of Teeth* =  $60^\circ$

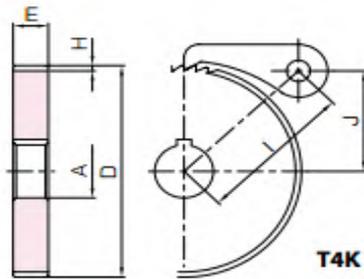
➤ Spesifikasi Ratchet SRT4K-30

A = 150 mm (*Bore*)

D = 750 mm (*Outside diameter*)

E = 180 mm (*Face width*)

H = 60 mm (*Depth of teeth*)



Gambar 4.6; Dimensi gear ratchet.

➤ Spesifikasi *Pawl SRT5-C*

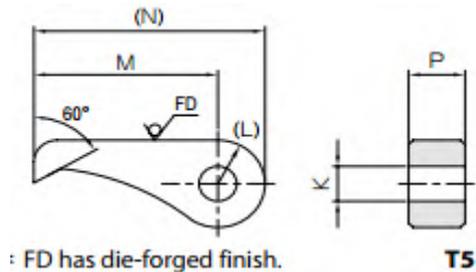
$K = 100$  mm (*Pin diameter*)

$L = 200$  mm (*Outside radius*)

$M = 300$  mm

$N = 500$  mm (*Length of pawl*)

$P = 120$  mm (*Face width*)



Gambar 4.7; Dimensi pawl.

**4.5.2. Torsi Gear Ratchet.**

Setelah menentukan ukuran gear, maka kemudian dilakukan pengecekan besarnya torsi agar gear dapat mengkonversi gerakan sebuah salter duck menjadi putaran pada

poros. Persamaan yang digunakan untuk menghitung torsi *gear* adalah sebagai berikut;

$$T = F_b \cdot r_f$$

Dimana;

$$\text{➤ } r_f = \frac{D - (2 \cdot h)}{2000}$$

$$\text{➤ } F_b = \sigma_b \cdot \frac{b \cdot e^2}{6} \cdot \frac{1}{h} \cdot \frac{1}{S_f}$$

Dimana;

$T$  = Allowable Torsi (N.m)

$F_b$  = Allowable Transmission Force (N)

$\sigma_b$  = Bending Stress (225.55 Mpa)

$b$  = Face width E (mm)

$e$  = Root length (mm)

$$e = h \cdot \tan\left(60 \cdot \frac{360}{z}\right)$$

$$= 38,9 \text{ mm}$$

$S_f$  = Safety factor (2)

$r_f$  = Tooth root radius (m)

$h$  = Depth of teeth H (mm)

$z$  = No. of teeth

$D$  = Outside Diameter (mm)

Maka besar gaya yang dapat ditransmisikan oleh *pawl* dari *nodding* ke roda gigi adalah;

$$\begin{aligned} F_b &= \sigma_b \cdot \frac{b \cdot e^2}{6} \cdot \frac{1}{h} \cdot \frac{1}{S_f} \\ &= 225,55 \cdot \frac{180 \cdot (38,9)^2}{6} \cdot \frac{1}{60} \cdot \frac{1}{2} \\ &= 85326,1 \text{ N} \end{aligned}$$

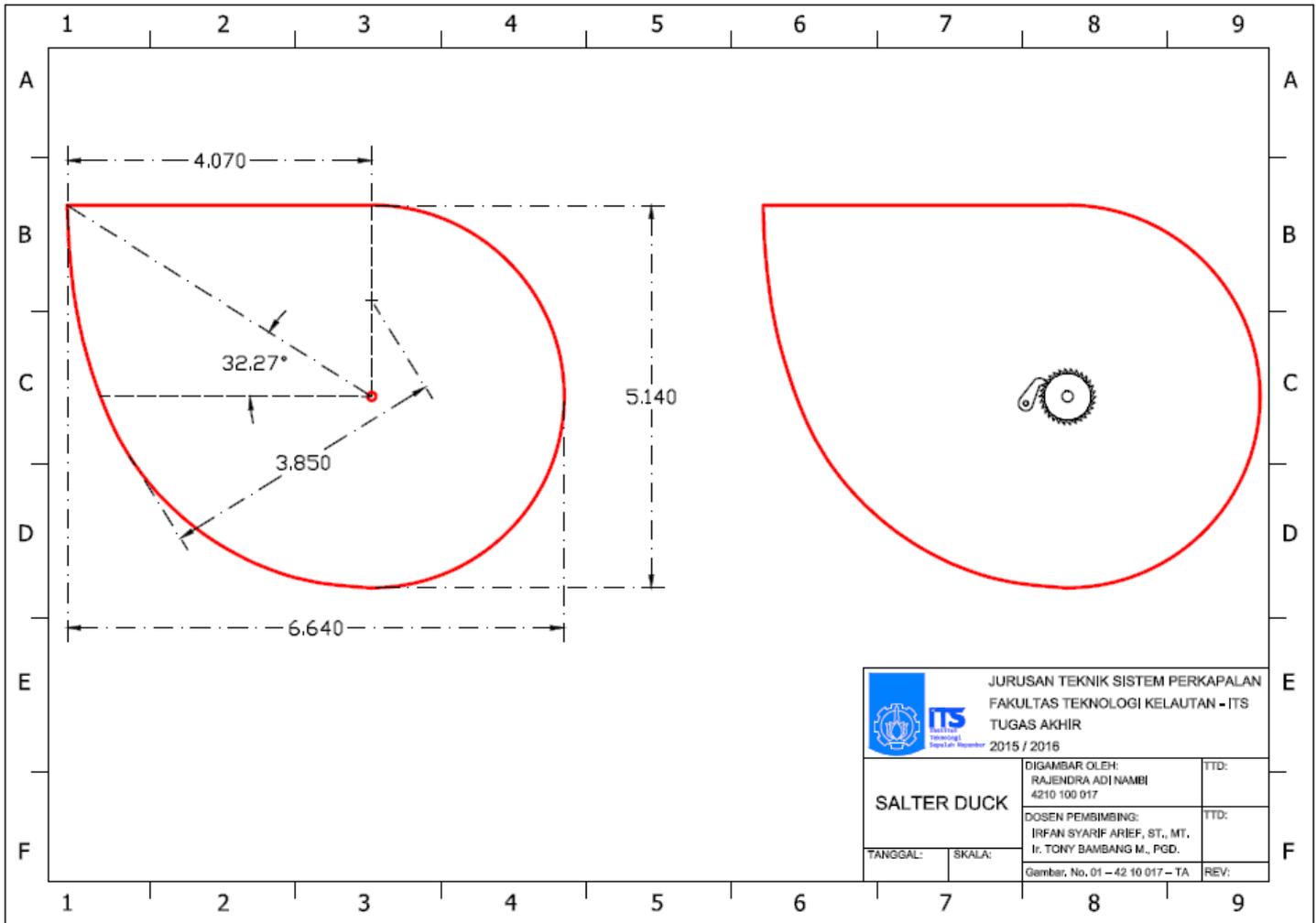
Sedangkan jarak perpindahan antar gigi pada roda gigi adalah;

$$\begin{aligned} r_f &= \frac{D - (2 \cdot h)}{2000} \\ r_f &= 0,315 \text{ m} \end{aligned}$$

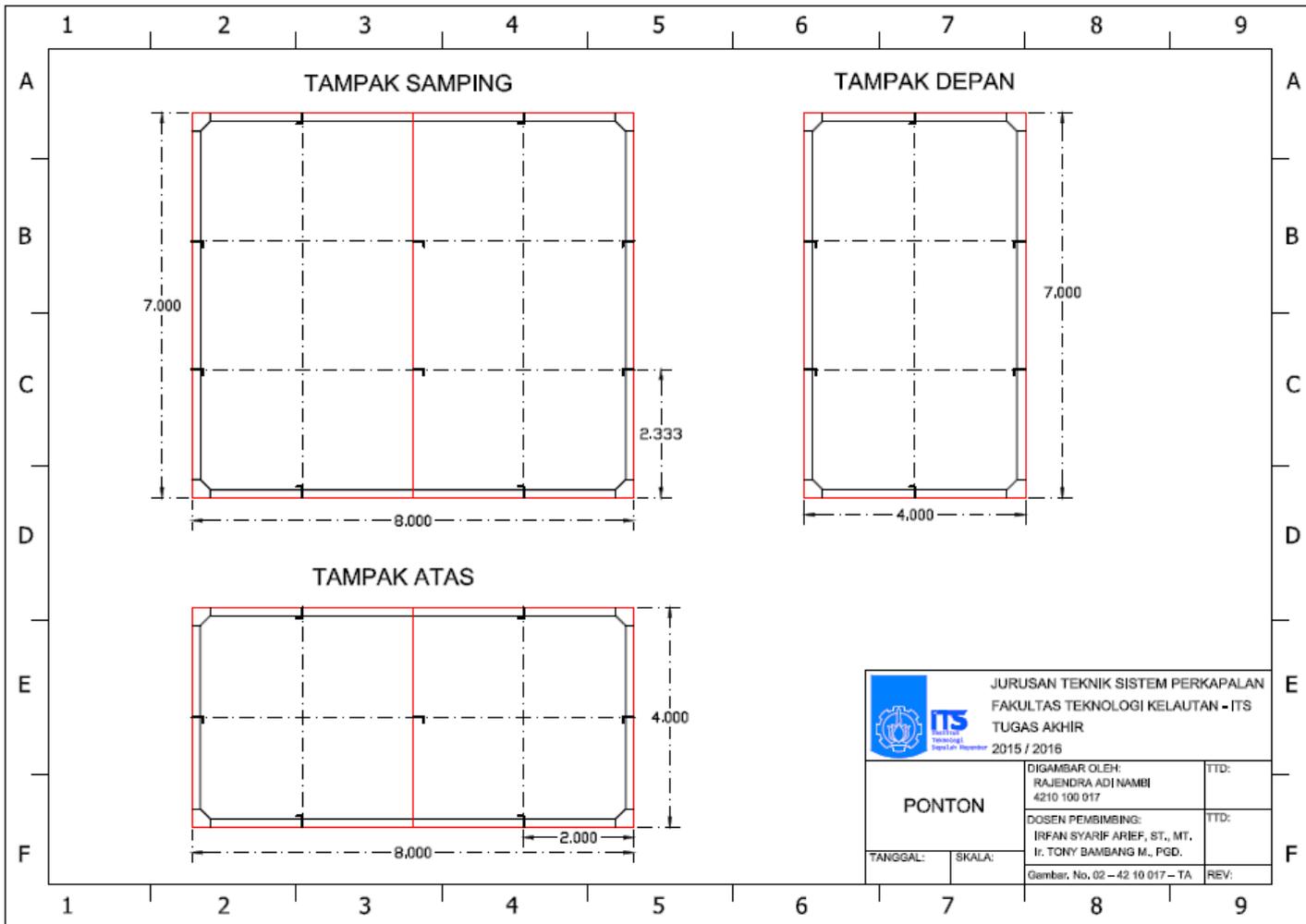
Sehingga torsi maksimal yang dapat didorong oleh *pawl* adalah ;

$$\begin{aligned} T &= F_b \cdot r_f \\ &= 85326,1 \cdot 0,315 \\ &= 26877,72 \text{ N.m} \end{aligned}$$

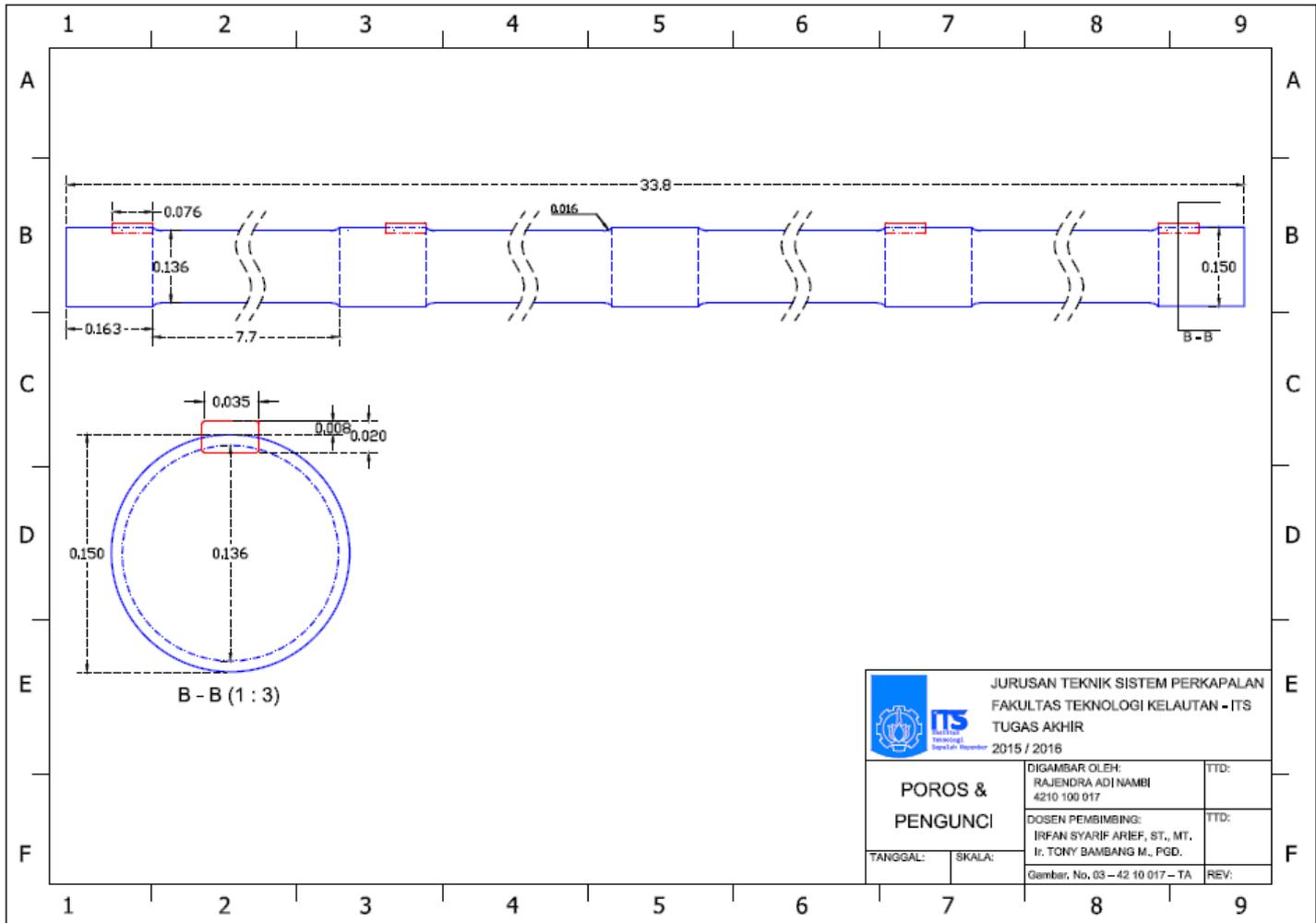
## **LAMPIRAN**



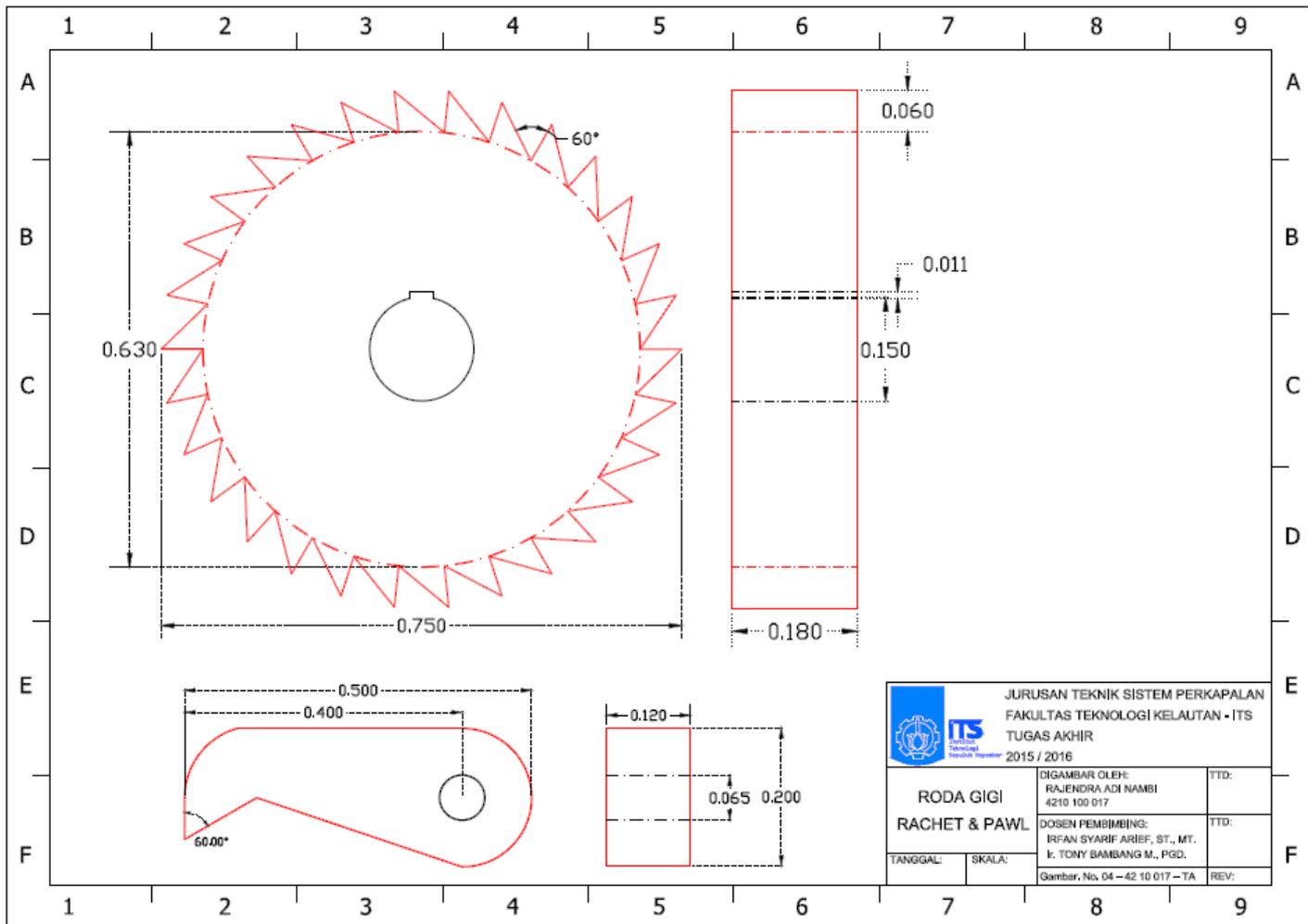
		JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN - ITS TUGAS AKHIR 2015 / 2016	
		DIGAMBAR OLEH: RAJENDRA ADI NAMBI 4210 100 017	TTD:
<b>SALTER DUCK</b>		DOSEN PEMBIMBING: IRFAN SYARIF ARIEF, ST., MT. Ir. TONY BAMBANG M., PGD.	TTD:
TANGGAL:	SKALA:	Gambar, No. 01 - 42 10 017 - TA	REV:



		JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN - ITS TUGAS AKHIR 2015 / 2016	
		DIGAMBAR OLEH: RAJENDRA ADI NAMBI 4210 100 017	TTD:
<b>PONTON</b>		DOSEN PEMBIMBING: IRFAN SYARIF ARIEF, ST., MT. Ir. TONY BAMBANG M., PGD.	TTD:
		Tanggal, No. 02 - 42 10 017 - TA	REV:
TANGGAL:	SKALA:		

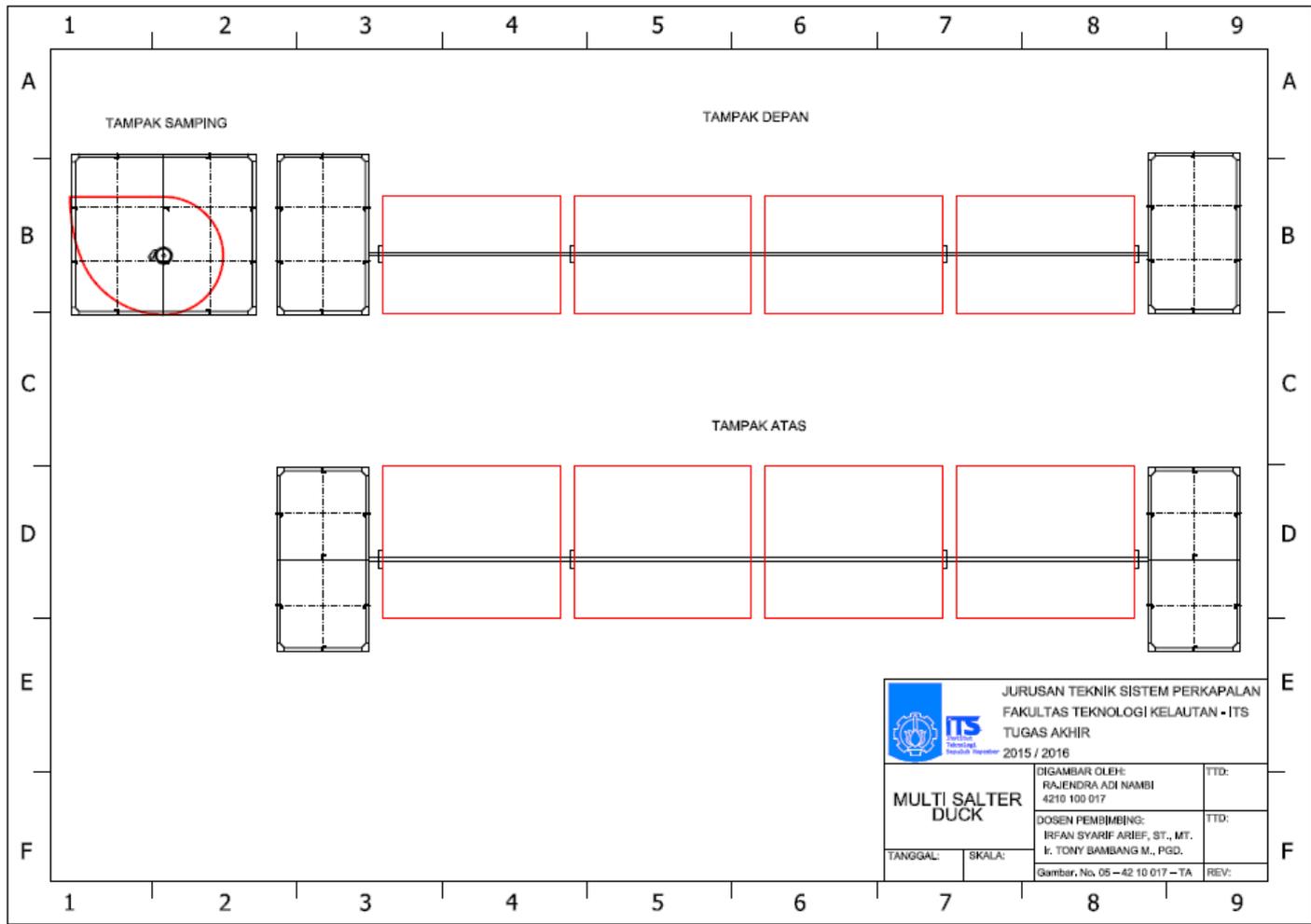


 JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN - ITS TUGAS AKHIR 2015 / 2016		
<b>POROS &amp; PENGUNCI</b>	DIGAMBAR OLEH: RAJENDRA ADI NAMBI 4210 100 017	TTD:
	DOSEN PEMBIMBING: IRFAN SYARIF ARIEF, ST., MT. Ir. TONY BAMBANG M., PGD.	TTD:
TANGGAL:	SKALA:	Gambar, No. 03 – 42 10 017 – TA REV:



JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN  
 FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN - ITS  
 TUGAS AKHIR  
 2015 / 2016

<b>RODA GIGI RACHET &amp; PAWL</b>		DIGAMBAR OLEH: RAJENDRA ADI NAMBI 4210 100 017	TTD:
		DOSEN PEMBIMBING: IRFAN SYARIF ARIEF, ST., MT. I. TONY BAMBANG M., PSD.	TTD:
TANGGAL:	SKALA:	Gambar, No. 04 - 42 10 017 - TA	REV:

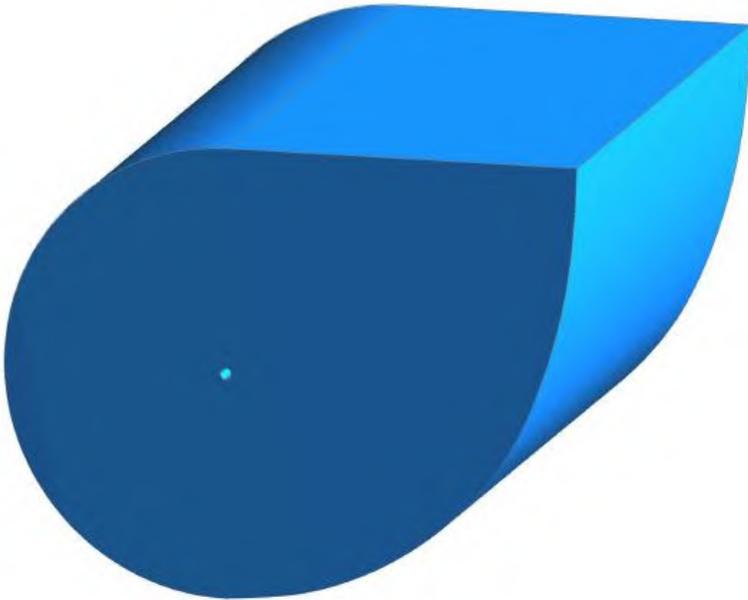


JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN  
 FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN - ITS  
 TUGAS AKHIR  
 2015 / 2016

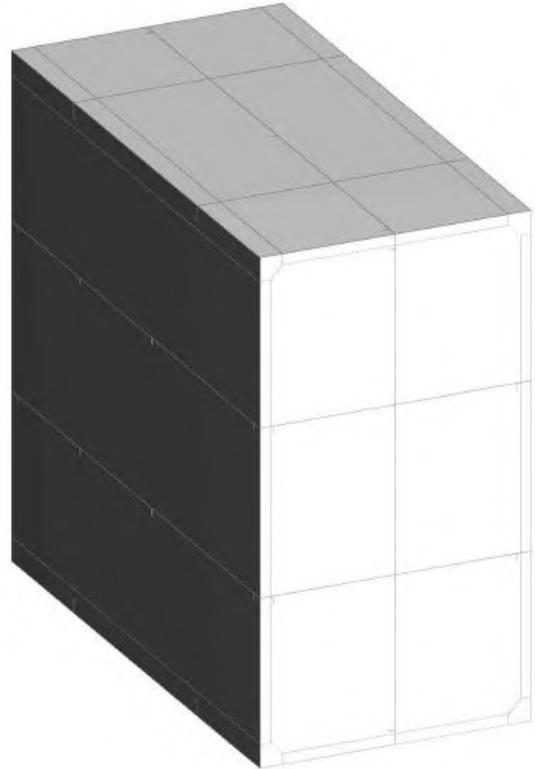
<b>MULTI SALTER DUCK</b>		DISAMBAR OLEH: RAJENDRA ADI NAMBI 4210 100 017	TTD:
		DOSEN PEMBIMBING: IRFAN SYARIF ARIEF, ST., MT. I. TONY BAMBANG M., PGD.	TTD:
TANGGAL:	SKALA:	Gambar, No. 05 - 42 10 017 - TA	REV:

**GAMBAR 3 DIMENSI**

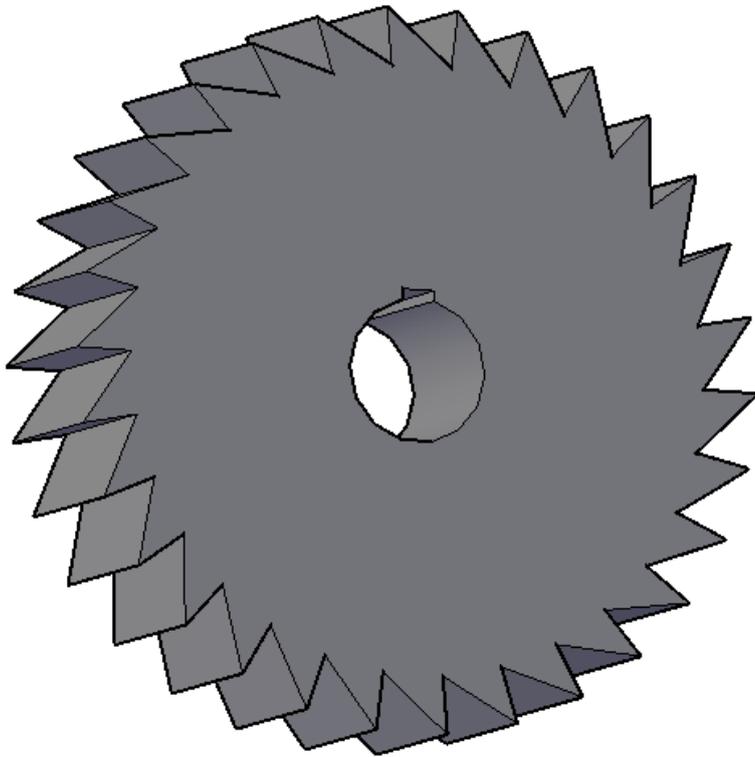
**Salter Duck**



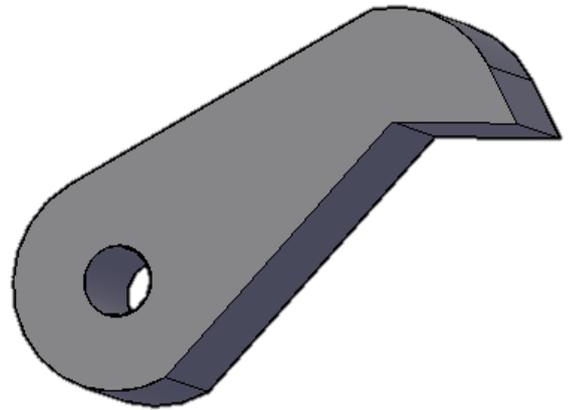
**Ponton**



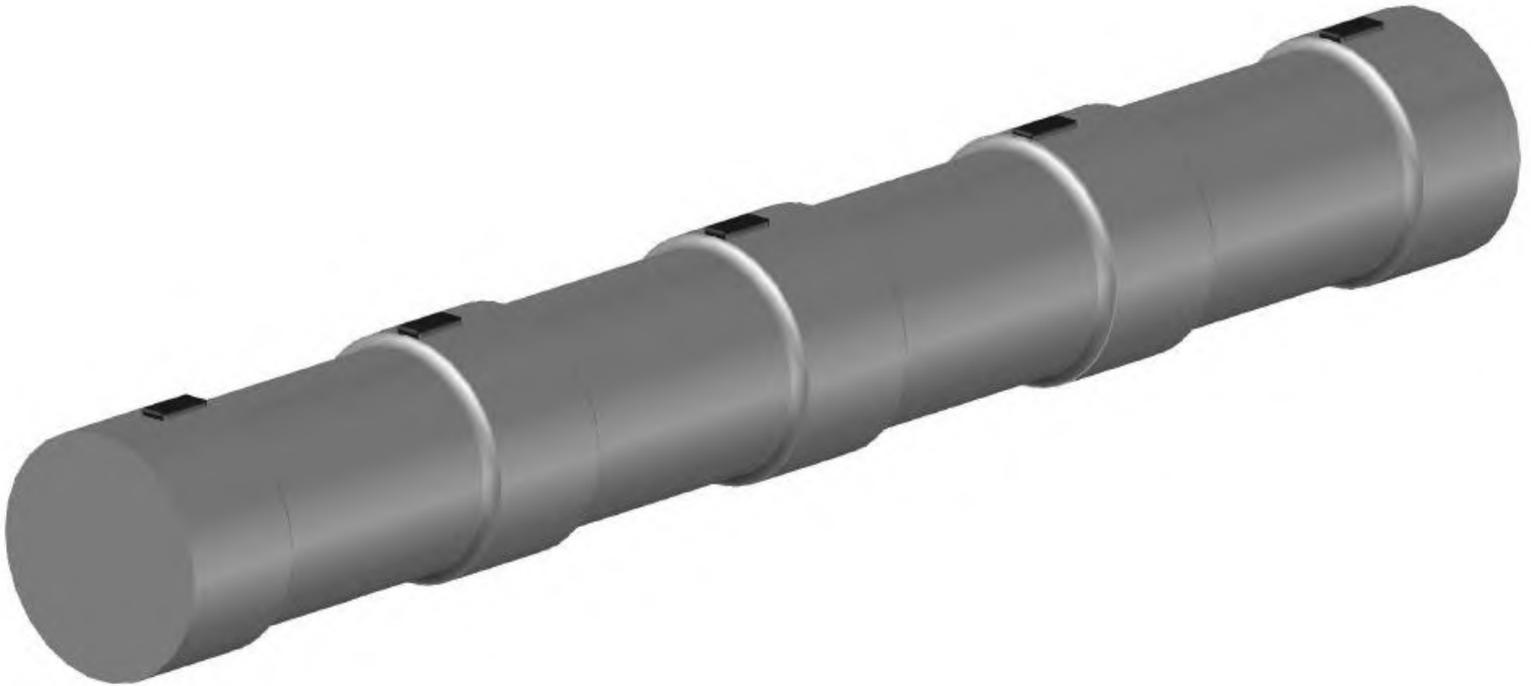
**Gear Ratchet**



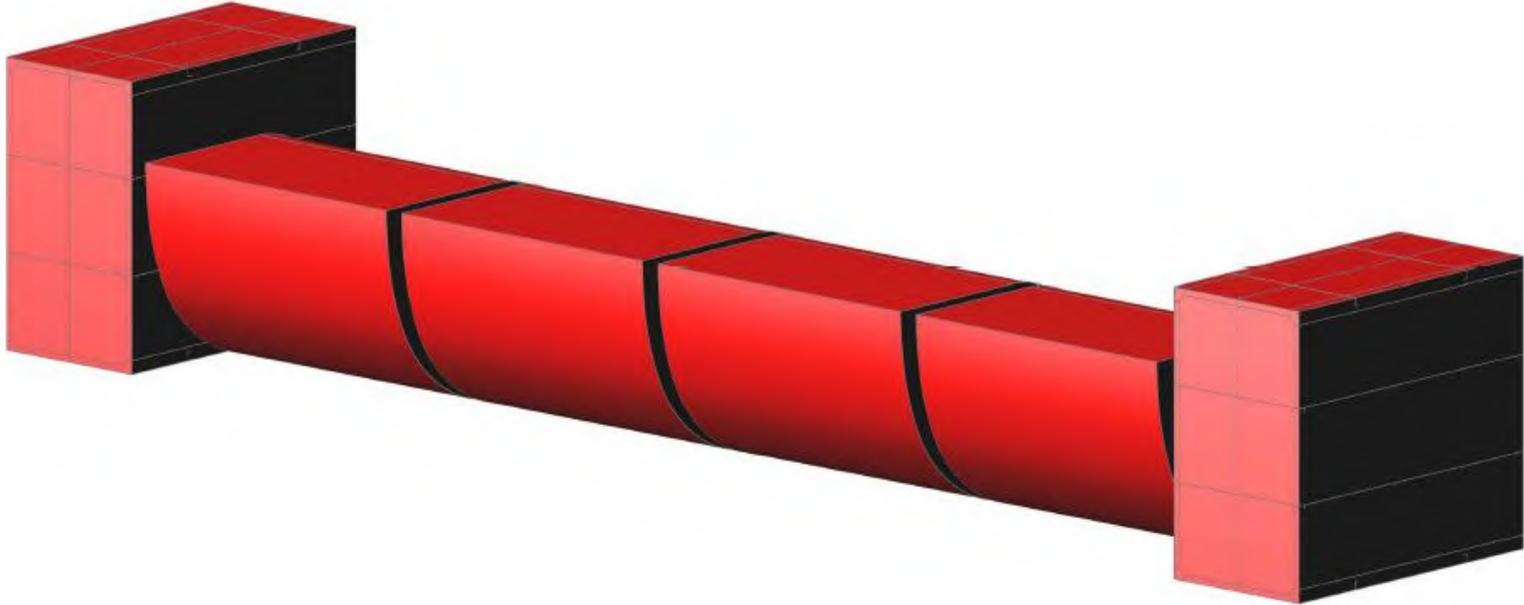
**Pawl**



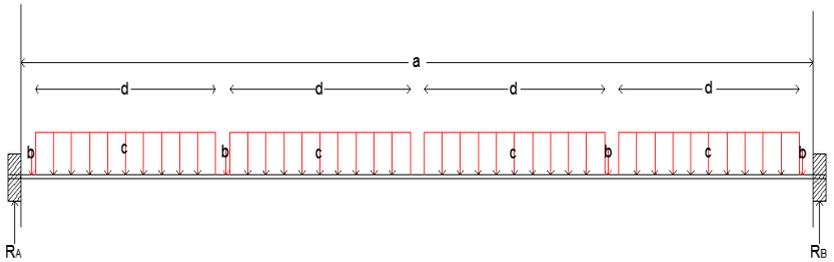
## Poros dan Pengunci



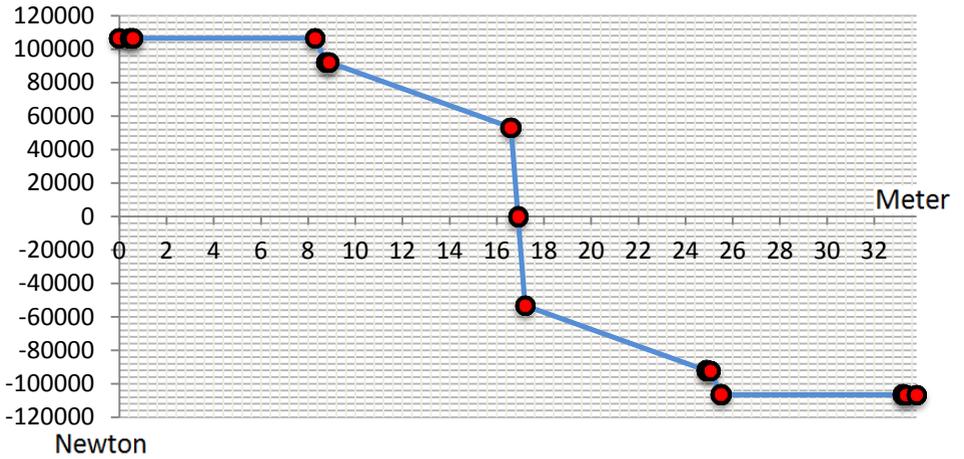
**Multi Salter Duck pada Ponton**



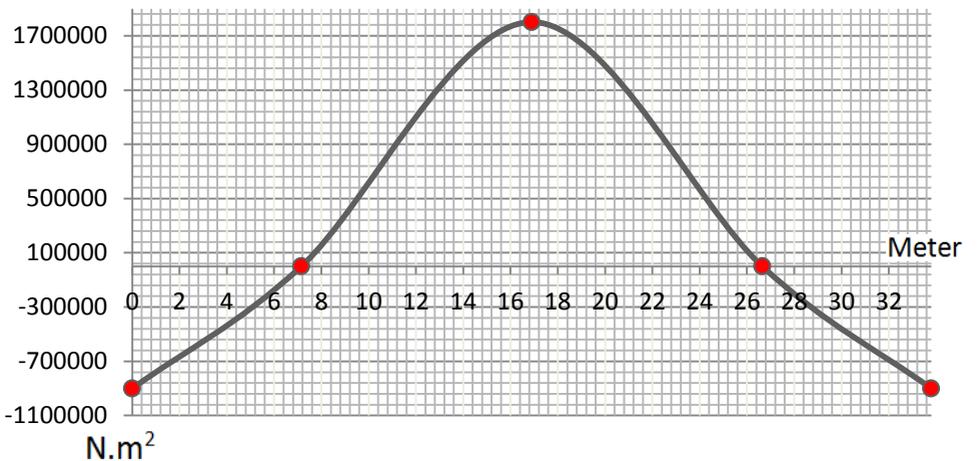
### Free Body Diagram



### Shear Force Diagram



### Bending Moment Diagram



## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Kesimpulan.

Berdasarkan hasil analisa data, perhitungan dimensi dan konstruksi dari komponen-komponen pendukung *multi salter duck* serta desain gambar yang telah dibuat, maka dapat diperoleh hasil desain sebagai berikut;

1. Rata-rata tinggi gelombang sebesar 0,908 m, dan rata-rata kecepatan gelombang sebesar 8,95 m/s.
2. Dimensi *salter duck* yang telah dihitung yaitu sebagai berikut;
  - a) Jari-jari *stern* ( $R_2$ ) = 2,57 meter
  - b) Jari-jari *paunch* ( $R_0$ ) = 2,95 meter
  - c) Jari-jari ideal *paunch* ( $R_0'$ ) = 3,85 meter
  - d) Panjang garis permukaan air ( $L_D$ ) = 4,07 meter
  - e) Lebar *salter duck* ( $b$ ) = 7,7 meter
  - f) *Displacement salter duck* ( $M$ ) = 215019,62 kg
  - g) Sudut sumbu rotasi dengan *paunch* ( $\alpha$ ) = 32,27°
  - h) Momen inersia ( $I$ ) = 657412,02 kg.m<sup>2</sup>
  - i) Frekwensi anggukan = 0,17 Hz
  - j) Daya yang dikonversikan *salter duck* ( $P_D$ ) = 22138 Watt
  - k) Berat *salter duck* = 11786,7 Kg
  - l) Material = FRP (*Fiberglass Reinforced Plastic*)
3. Dimensi ponton yang telah dihitung yaitu sebagai berikut;
  - a) Material = Baja

b) Massa Jenis = 7850 kg/m<sup>3</sup>

c) L = 8 m

d) B = 4 m

e) H = 7 m

f) T = 5.2 m

g)  $c_b = 1$

h)  $\rho = 1025 \text{ kg/m}^3$

i) *displacement* = 170560 kg

#### 4. Dimensi poros dan *key*

a) Material = Baja JIS G 3123 S55 C – D

b) Tipe Poros = Bulat padat

c) Kekuatan tarik = 7200 kg/cm<sup>2</sup>.

d) Tegangan geser = 2041 kg/cm<sup>2</sup>

e) Torsi Poros = 99482.73 N.m = 1014441.2 kg.cm

f) Diameter poros = 13,62 cm

g) Fillet radius = 1,63 cm

h) Panjang poros = 33,8 m

i) Dimensi *key* untuk roda gigi;

- Type = *Feather Key*

- $l = 76 \text{ mm}$

- $W = 35 \text{ mm}$

- $T = 20 \text{ mm}$

- $H = 8.4 \text{ mm}$

#### 5. Dimensi *gear ratchet & pawl*

- a) Material = S45C
- b) Spesifikasi *Ratchet* = SRT4K-30
  - *Angle of Teeth* =  $60^\circ$
  - *A* = 150 mm (*Bore*)
  - *D* = 750 mm (*Outside Diameter*)
  - *E* = 180 mm (*Face width*)
  - *H* = 60 mm (*Depth of Teeth*)
- c) Spesifikasi *Pawl* = SRT5-C
  - *K* = 100 mm (*Pin diameter*)
  - *L* = 200 mm (*Outside radius*)
  - *M* = 300 mm
  - *N* = 500 mm (*Length of pawl*)
  - *P* = 120 mm (*Face width*)
- d) Torsi gear ratchet = 26877,72 N.m

## 5.2. Saran.

Dari hasil perancangan desain *multi salter duck* ini, dapat dilakukan pengembangan pada perancangan selanjutnya yaitu sebagai berikut;

1. Hasil rancangan dapat dianalisa dengan *computer fluid dynamics* (CFD) untuk mengetahui pengaruh ukuran ponton terhadap arah, kecepatan dan tinggi gelombang yang akan mengenai *paunch salter duck*.
2. Desain ponton, poros dan roda gigi dapat dianalisa kekuatannya dengan *software* yang berkaitan.

*[Halaman sengaja dikosongkan]*

## DAFTAR PUSTAKA

1. Biro Klasifikasi Indonesia, 2014. *“Rules For The Classification And Construction, Volume II Rules For Hull”*. Jakarta.
2. Lynn, Paul A. 2014. *“Electricity from Wave and Tide (An Introduction to Marine Energy)”*. Wiley. United Kingdom.
3. McCormick, Michael E. 2007. *“Ocean Wave Energy Conversion”*. Dover Publication. United States.
4. Negara, Redatu Keris. 2013. *“Studi Perancangan Salter Duck di Pantai Bandalit Jember Jawa Timur”*. Jurusan Teknik Sistem Perkapalan. FTK-ITS. Surabaya.
5. Richard, Keith Nisbett. 2012. *“Shigley’s Mechanical Engineering Design”*. Ninth Edition, McGraw-Hill Publication. New York.
6. Wahyudi, Setyo. 2011. *“Perancangan Dermaga Apung Dengan Material FRP Di Desa Mertasari Daerah Bali”*. Jurusan Teknik Desain dan Manufaktur. PPNS. Surabaya.
7. Wicaksono, Desiary Eka. 2012. *“Studi Penerapan Multi Salter Duck di Laut Jawa Sebagai Alternatif Pembangkit Listrik”*. Jurusan Teknik Sistem Perkapalan. FTK-ITS. Surabaya.
8. Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. Stasiun Maritim Perak Surabaya. *“Data Tinggi Gelombang dan Kecepatan Gelombang”* (Diakses tanggal, 19 Oktober 2015).
9. <http://www.khkgears.co.jp/>. (Diakses tanggal, 23 Desember 2015)
10. [http://en.wikipedia.org/wiki/Salter's\\_duck](http://en.wikipedia.org/wiki/Salter's_duck). (Diakses tanggal, 26 Mei 2015)
11. <http://geowiki.ucdavis.edu/?title=Oceanography/08: Waves %26 Tides/8.1: Waves>. (Diakses tanggal, 28 September 2015)
12. <http://science.howstuffworks.com/environmental/green-science/salters-duck1.htm> (Diakses tanggal, 26 Mei 2015)

*[Halaman sengaja dikosongkan]*

## BIODATA PENULIS



Penulis lahir di Kota Kendari pada tanggal 16 Februari 1993, dari pasangan Bapak Safilu dan Ibu Siti Munirah. Penulis merupakan anak pertama dari empat bersaudara. Jenjang pendidikan formal yang pernah ditempuh adalah TK Adhyaksa XII Kendari, SD Negeri 13 Poasia, SMP Negeri 9 Kendari, dan lanjut ke jenjang pendidikan pada tingkat SMA Negeri 4 Kendari.

Pada tahun 2010 penulis diterima sebagai mahasiswa melalui jalur PMDK di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dengan NRP 4210 100 017. Penulis mengambil bidang keahlian *Marine Manufacture and Design* (MMD) sesuai dengan bidang penelitian yang dikerjakan pada skripsi ini.

Selama duduk di bangku kuliah penulis aktif mengikuti kegiatan perkuliahan. Penulis juga pernah mengikuti berbagai kegiatan seminar, kuliah tamu dan bergabung dalam Organisasi Mahasiswa. Selain itu penulis juga pernah mengikuti Kerja Praktek di PT. Dewaruci Agung Surabaya yang merupakan sebuah perusahaan industri galangan kapal dan juga PT. Turboned Indonesia yaitu salah satu perusahaan yang bergerak pada industri pembuatan dan perawatan turbocharger. Kegiatan kerja praktek ini dilakukan selama kurang lebih satu bulan pada tahun 2015 pada masing-masing perusahaan.

email : [adijendra18@gmail.com](mailto:adijendra18@gmail.com)