



TUGAS AKHIR - ME141501

RANCANG BANGUN PROTOTIPE ALAT PEMBANGKIT LISTRIK DENGAN MEMANFAATKAN *SHIP ROLLING* UNTUK MENYUPLAI KEBUTUHAN LISTRIK PADA KAPAL PATROLI

ACHMAD RIFAI
NRP 4212 100 084

Dosen Pembimbing
Irfan Syarif Arief, S.T.,M.T.
Ir. Tony Bambang Musriyadi,PGD

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



TUGAS AKHIR – ME 141501

**RANCANG BANGUN PROTOTIPE ALAT
PEMBANGKIT LISTRIK DENGAN
MEMANFAATKAN *SHIP ROLLING*
UNTUK MENYUPLAI KEBUTUHAN
LISTRIK PADA KAPAL PATROLI**

ACHMAD RIFAI
NRP. 4212 100 084

Dosen Pembimbing
Irfan Syarif Arief, S.T., M.T

Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD

JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya, 2017

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”



FINAL PROJECT – ME 141501

**DESIGN OF ELECTRIC GENERATOR
PROTOTYPE USING SHIP ROLLING TO
SUPPLY ELECTRICITY NEEDS IN PATROL
BOAT**

ACHMAD RIFAI
NRP. 4212 100 084

Supervisor
Irfan Syarif Arief, S.T., M.T

Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD

DEPARTMENT OF MARINE ENGINEERING
Faculty of Marine Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya, 2017

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

RANCANG BANGUN PROTOTIPE ALAT PEMBANGKIT LISTRIK DENGAN MEMANFAATKAN *SHIP ROLLING* UNTUK MENYUPLAI KEBUTUHAN LISTRIK PADA KAPAL PATROLI

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik Pada Bidang Studi Marine Manufacturing and
Design (MMD)

Program Studi S-1 Reguler Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

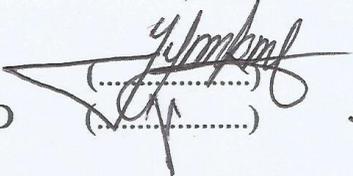
Oleh:

ACHMAD RIFAI

Nrp. 4212 100 084

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

1. Irfan Syarif Arief, S.T.,M.T
2. Ir.Tony Bambang Musriyadi, PGD



(.....)

(.....)

SURABAYA
FEBRUARI, 2017

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

RANCANG BANGUN PROTOTIPE ALAT PEMBANGKIT LISTRIK DENGAN MEMANFAATKAN *SHIP ROLLING* UNTUK MENYUPLAI KEBUTUHAN LISTRIK PADA KAPAL PATROLI

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik Pada Bidang Studi Marine Manufacturing and
Design (MMD)
Program Studi S-1 Reguler Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

ACHMAD RIFAI
NRP. 4212 100 084

Disetujui oleh Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan



Dr. Eng. M. Badruz Zaman, S.T., M.T

NIP. 1977 0802 2008 01 10 07

SURABAYA
FEBRUARI, 2017

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

**RANCANG BANGUN PROTOTIPE ALAT PEMBANGKIT
LISTRIK DENGAN MEMANFAATKAN *SHIP ROLLING*
UNTUK MENYUPLAI KEBUTUHAN LISTRIK PADA
KAPAL PATROLI**

Nama : Achmad Rifai
NRP : 4212100084
Jurusan : T.Sistem Perkapalan -FTK-ITS
Dosen : Irfan Syarif Arief, S.T.,M.T
Pembimbing
Co-Dosen : Ir.Tony Bambang Mursiyadi,PGD
Pembimbing

Abstrak

prototipe ini merupakan sebuah alat pembangkit listrik yang menggunakan rolling kapal patrol sebagai sumber tenaga.Prinsip kerja alat ini yaitu mengubah gerakan jungkat-jungkit yang dihasilkan dari rolling kapal menjadi gerakan putar dan kemudian digunakan untuk memutar generator untuk menghasilkan arus listrik.Selanjutnya arus listrik tersebut disimpan di dalam aki dan digunakan untuk keperluan di kapal seperti alat navigasi radio dll. Dari hasil pengujian alat tersebut didapatkan besar arus dan voltase dari beberapa variasi sudut dan berat pendulum. dengan tegangan dan arus terbesar yang dihasilkan terjadi pada sudut 40° dan berat bandul 2 kg sebesar 2.1 volt, 0.43 A. Sedang tegangan dan arus terkecil yang dihasilkan terjadi pada sudut 20° dan berat bandul 1 kg sebesar 0.1 volt, 0.12 A. Semakin besar sudut rolling maka arus dan voltase yang dihasilkan semakin besar. Semakin besar bandul maka arus dan voltase yang dihasilkan semakin besar.

Kata Kunci : Pembangkit Listrik,Kapal Patroli,Rolling Kapal

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

DESIGN OF ELECTRIC GENERATOR PROTOTYPE USING SHIP ROLLING TO SUPPLY ELECTRICITY NEEDS IN PATROL BOAT

Nama : Achmad Rifai
NRP : 4212100084
Jurusan : T.Sistem Perkapalan -FTK-ITS
Dosen : Irfan Syarif Arief, S.T.,M.T
Pembimbing
Co-Dosen : Ir.Tony Bambang Mursiyadi,PGD
Pembimbing

Abstrak

this prototype is an electric generator which uses patrol boat rolling as the source of energy. The work principle of this equipment is transforming seesawing motion produced by ship rolling into spinning motion and then using it to spin the generator to produce electric current. Then the electric current is saved in battery and used for various equipment in the ship, such as radio navigation equipment, etc.. The examination of the equipment showed the amount of current and voltage of several variations of angle and weight of pendulum. the highest voltage and current of 2.1 volt, 0.43 A produced at 40° and 2 kg weight of pendulum. The smallest voltage and current of 0.1 volt, 0.12 A were produced at 20° and 1 kg weight of pendulum. The bigger the rolling angle, the bigger the current and voltage. The bigger the weight of pendulum, the bigger the current and voltage.

Keywords— electric generator, patrol boat, ship rolling.

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Segala puji bagi Alloh SWT, Tuhan semesta alam, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul
**RANCANG BANGUN PROTOTIPE ALAT
PEMBANGKIT LISTRIK DENGAN MEMANFAATKAN *SHIP
ROLLING* UNTUK MENYUPLAI KEBUTUHAN LISTRIK
PADA KAPAL PATROLI**

Terselesainya Tugas Akhir ini tidak terlepas dari dukungan berbagai pihak yang telah memberikan bimbingan dan bantuan pada penulis. Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih sedalam-dalamnya kepada :

1. Ayah dan ibu atas segala do'a, pengorbanan, motivasi, dan kepercayaan yang telah diberikan.
2. Bapak Irfan Syarif Arief,S.T.,M.T, dan Bapak Ir.Tony Bambang Mursiyadi,PGD, selaku dosen pembimbing yang telah sabar membimbing dari awal hingga akhir penyusunan Tugas Akhir ini dan selalu memberikan motivasi kepada penulis untuk segera menyelesaikan studi.
3. Dr.Eng.M.Badrus Zaman,S.T.,M.T. selaku Ketua Jurusan T.Sistem Perkapalan FTK-ITS yang telah memberikan fasilitas untuk kelancaran penyelesaian Tugas Akhir ini.
4. Teman-teman seperjuangan PW 115 .
5. Seluruh keluarga besar Jurusan T.Sistem Perkapalan FTK Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, atas kebersamaan dan kehangatannya.
6. Serta pihak-pihak lain yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis mengharapkan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pihak-pihak terkait terutama pembaca. Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis menerima apabila ada saran dan kritik

yang sifatnya membangun guna perbaikan untuk penelitian-
penelitian selanjutnya.
Wa'alaikumsalam Wr.Wb.

Surabaya, Februari 2017

Penulis

DAFTAR ISI

	halaman
HALAMAN JUDUL_ID	i
HALAMAN JUDUL_EN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	v
LEMBAR PENGESAHAN	vii
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	xi
KATA PENGANTAR	xiii
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xix
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan.....	2
1.5 Manfaat.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Gerak Harmonik Sederhana	5
2.2 Stabilitas Kapal	7
2.3 <i>Generator</i>	11
2.4 Torsi dan Momen Inersia	13
2.5 Titik Berat	14
2.6 Hukum Ohm, Tegangan dan Arus	15
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Studi Literatur	19
3.2 Observasi.....	19
3.3 Identifikasi dan Pemodelan Sistem	19
3.4 Perancangan Prototipe.....	19
3.5 Pengujian Alat.....	23
3.6 Analisis	24
3.7 Pembuatan Laporan.....	24
3.8 Diagram Alir	25
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN	

4.1 Umum	27
4.2 Penentuan Sudut Maksimum Kapal	27
4.3 Perhitungan Perancangan Prototipe	32
4.4 Pengujian Alat.....	43
4.5 Perhitungan Daya.....	46
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	49
5.2 Saran	49
DAFTAR PUSTAKA	51
BIODATA PENULIS	53

DAFTAR GAMBAR

	halaman
Gambar 1.1 Grafik Produksi dan Konsumsi Energi	1
Gambar 2.1 Gerak Osilasi Bandul.....	7
Gambar 2.2 Stabilitas Melintang.....	8
Gambar 2.3 Titik Berat Kapal	8
Gambar 2.4 <i>Generator</i>	11
Gambar 2.5 Percobaan Hukum Ohm.....	15
Gambar 2.6 Aliran Air pada Bejana	16
Gambar 3.1 Prototipe Tampak Depan	20
Gambar 3.2 Prototipe Tampak Belakang	21
Gambar 3.3 Prototipe Tampak Samping	22
Gambar 3.4 <i>Flow Chart</i> Metodologi.....	25
Gambar 4.1 Penampang Melintang <i>Load Case</i>	29
Gambar 4.2 Desain Bandul	33
Gambar 4.3 Poros, Pengunci dan <i>Pulley</i>	36

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR TABEL

	halaman
Tabel 2.1 Penentuan Titik Berat.....	9
Tabel 4.1 <i>Load Case</i>	30
Tabel 4.2 Sudut Bandul Terhadap Arus pada Beban 2 kg	44
Tabel 4.3 Sudut Bandul Terhadap Tegangan pada Beban 2 kg..	44
Tabel 4.4 Sudut Bandul Terhadap Arus pada Beban 1 kg	45
Tabel 4.5 Sudut Bandul Terhadap Tegangan pada Beban 2 kg..	45
Tabel 4.6 Daya yang Dihasilkan pada Beban 2 kg.....	46
Tabel 4.7 Daya yang Dihasilkan pada Beban 1 kg.....	46

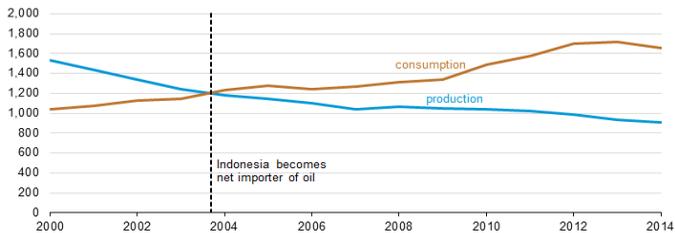
“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pesatnya perkembangan industri di dunia saat ini, memberikan konsekuensi logis permintaan konsumsi energi dalam jumlah yang sangat besar, seperti ditunjukkan pada gambar 1.1. Kekhawatiran akan terjadinya krisis energi akan menjadi tantangan terbaru bagi seluruh negara di dunia (termasuk dunia maritim), bagaimanapun juga tanpa energi yang cukup, maka aktivitas manusia termasuk dunia maritim khususnya perkapalan akan terhambat. Oleh karena itu diperlukan energi terbarukan yang dapat menjadi dasar pengembangan ragam sumber energi di masa depan.

Figure 2. Petroleum and other liquids supply and consumption, Indonesia 2000-2014
thousand barrels per day



Source: U.S. Energy Information Administration, *Short Term Energy Outlook*, September 2015

Gambar 1.1. Grafik Produksi dan Konsumsi Energi Masyarakat

Seperti kita tahu saat ini bahwa keberadaan *generator* dalam pemenuhan kebutuhan listrik pada kapal merupakan hal yang sangat vital pada operasional kapal tersebut. Tenaga listrik yang dihasilkan oleh sistem pembangkit dipergunakan untuk menyuplai kebutuhan listrik pada peralatan listrik di kapal. Misalnya penggunaan listrik pada peralatan navigasi. Namun yang perlu digaris bawahi, saat ini sumber dari tenaga *generator* itu sendiri masih berupa bahan bakar fosil.

Banyak studi mengenai pemanfaatan gelombang air laut termasuk dengan metode osilasi. Hal yang serupa juga mampu diterapkan pada sebuah kapal dengan memanfaatkan stabilitas

kapal akibat gaya dari luar seperti gelombang air laut ataupun angin. Dengan alasan yang dipaparkan di atas, maka kami berencana membuat prototipe alat pembangkit listrik yang memanfaatkan gerak osilasi pada kapal. Dalam hal ini gerakan *rolling* dari kapal akibat gaya luar akan menggerakkan bandul pada alat yang kemudian memutar *generator*. Variabel yang mempengaruhi dalam sistem ini adalah periode dan sudut *rolling*, torsi, berat bandul, serta *dependent variable* (variabel terikat) berupa besar daya listrik yang dihasilkan pada *generator*.

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang akan diselesaikan melalui tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana desain alat yang efisien sebagai alternatif pembangkit listrik pada kapal fast patrol boat 60 m
2. Berapa daya listrik yang dihasilkan oleh prototipe sebagai alternatif pembangkit listrik pada kapal *fast patrol boat* 60 m

1.3 Batasan Masalah

Untuk memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai masalah yang dibahas dalam penelitian ini maka diberikan batasan masalah berikut :

1. Daya listrik yang dihasilkan tidak harus mampu menyuplai semua kebutuhan listrik pada kapal patroli fast patrol boat 60 m
2. Variasi sudut *rolling* adalah 40^0 , 30^0 , 20^0 dengan variasi beban bandul 2 kg dan 1 kg

1.4 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dari tugas akhir ini adalah untuk membuat desain sistem yang efisien sebagai alternatif pembangkit listrik pada kapal patroli *fast patrol boat* 60 m .

1.5 Manfaat

Manfaat dari tugas akhir ini adalah :

1. Bagi Masyarakat
Dapat mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil sebagai sumber tenaga listrik yang ada pada kapal. Sehingga mengurangi *operating cost* para *ships owner*.
2. Bagi Pengguna

Dapat memberikan solusi alternatif bagi para *Ships Designer* dalam perancangan desain kapal.

3. Bagi Mahasiswa

Dapat meningkatkan kreatifitas mahasiswa dalam pengembangan teknologi yang dapat berguna bagi masyarakat sehingga fungsi mahasiswa dalam tri darma perguruan tinggi dapat tercapai.

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gerak Harmonik Sederhana

Setiap gerak yang terjadi secara berulang dalam selang waktu yang sama disebut gerak periodik. Karena gerak ini terjadi secara teratur maka disebut juga sebagai gerak harmonik/harmonis. Apabila suatu partikel melakukan gerak periodik pada lintasan yang sama maka geraknya disebut gerak osilasi/getaran. Bentuk yang sederhana dari gerak periodik adalah benda yang berosilasi pada ujung pegas. Karenanya kita menyebutnya gerak harmonis sederhana. Gerak Harmonik Sederhana (GHS) adalah gerak periodik dengan lintasan yang ditempuh selalu sama (tetap).

Gerak Harmonik Sederhana mempunyai persamaan gerak dalam bentuk sinusoidal dan digunakan untuk menganalisis suatu gerak periodik tertentu. Contoh gerak osilasi (getaran) yang populer adalah gerak osilasi pendulum (bandul). Pendulum sederhana terdiri dari seutas tali ringan dan sebuah bola kecil (bola pendulum) bermassa m yang digantungkan pada ujung tali, sebagaimana tampak pada gambar 2.1. Dalam menganalisis gerakan pendulum sederhana, gaya gesekan udara kita abaikan dan massa tali sangat kecil sehingga dapat diabaikan relatif terhadap bola.

Gambar 2.1 memperlihatkan pendulum sederhana yang terdiri dari tali dengan panjang L dan bola pendulum bermassa m . Gaya yang bekerja pada bola pendulum adalah gaya berat ($w = mg$) dan gaya tegangan tali FT . Gaya berat memiliki komponen $m.g \cos \theta$ yang searah tali dan $mg \sin \theta$ yang tegak lurus tali. Pendulum berosilasi akibat adanya komponen gaya berat $mg \sin \theta$. Karena tidak ada gaya gesekan udara, maka pendulum melakukan osilasi sepanjang busur lingkaran dengan besar amplitudo tetap sama.

Gaya pemulih yang menyebabkan benda M melakukan gerak harmonik sederhana adalah komponen w tegak lurus pada tali yaitu $w \sin \Theta$. Dengan demikian gaya pemulih yang bekerja pada benda bandul sederhana dinyatakan oleh :

$$\begin{aligned} F_p &= - W \sin \Theta \\ &= - m \cdot g \sin \Theta \end{aligned}$$

Menurut Hukum Newton II percepatan benda pada ayunan sederhana memberikan :

$$\begin{aligned} F &= m \cdot a \\ a &= -g \cdot \sin \Theta \\ -m \cdot g \sin \Theta &= m \cdot a \end{aligned}$$

Gaya dalam arah sumbu x merupakan gaya pemulih, yaitu gaya yang selalu menuju titik keseimbangan. Arah gaya tersebut berlawanan arah dengan simpangan, sehingga dapat ditulis :

Dalam arah sumbu y , komponen gaya berat diimbangi oleh tegangan tali T sehingga gaya dalam arah sumbu y bernilai nol.

Jika sudut α cukup kecil ($\alpha <$), maka nilai sinus tersebut mendekati dengan nilai sudutnya, $\sin \alpha \approx \alpha$. Sehingga hubungan antara panjang busur x dengan sudut teta dinyatakan dengan persamaan :

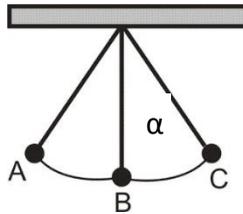
$$\begin{aligned} x &= L \sin \alpha && \text{atau} \\ \alpha &= x/L \end{aligned}$$

ingat bahwa sudut teta adalah perbandingan antara jarak linear x dengan jari-jari lingkaran (r) jika dinyatakan dalam satuan radian. Karena lintasan pendulum berupa lingkaran maka kita menggunakan pendekatan ini untuk menentukan besar simpangannya. Jari-jari lingkaran pada kasus ini adalah panjang tali L).

Jika massa m menyimpang sejauh x dari titik seimbang, maka massa tersebut akan mengalami gaya pemulih sebesar :

$$F = mg \sin \alpha \approx mg \alpha = x$$

Contoh dari osilasi adalah bandul yang diayunkan, bandul tersebut akan bergerak seperti gambar di bawah :



Gambar 2.1. Gerak Osilasi Bandul

Jika bandul bergerak dari A maka alur pergerakan bandul adalah A ke B ke C ke B lalu balik ke posisi semula A, disebut 1 getaran. Untuk menghitung torsi yang dihasilkan bandul dapat dihitung dengan persamaan

$$\text{Torsi} = W \text{ bandul} \sin \alpha \times \text{Panjang bandul}$$

2.2 Stabilitas Kapal

Stabilitas adalah kemampuan dari suatu benda yang melayang apabila dimiringkan akan kembali tegak keposisi semula. Terdapat 2 macam stabilitas, yaitu :

- Stabilitas memanjang (saat terjadi trim)
- Stabilitas melintang (saat terjadi oleng)

Menurut teori mekanika, menurut mekanika keseimbangan bebedakan menjadi 3 macam, diantaranya :

1. Keseimbangan mantap (stabil), yaitu jika benda mendapat gaya sedikit dari kedudukannya, benda tersebut akan kembali ke posisi semula.
2. Keseimbangan goyah (labil), yaitu jika benda mendapat kemiringan sedikit dari kedudukannya, benda akan berubah lebih banyak dari kedudukan semula.
3. Keseimbangan sembarang (indifferent atau netral), yaitu suatu kondisi dimana apabila suatu benda mendapat sedikit gaya, maka benda tersebut akan tetap pada kedudukannya.

Kapal didalam fluida, juga akan mengalami hal yang sama seperti halnya ketiga keseimbangan di atas mengingat kapal mendapat gaya – gaya akibat pembebanan pada kapal maupun dari luar seperti terkena ombak maupun tiupan angin.

Dimana W = Berat komponen

h (VCG) = jarak titik berat Vertikal

LCG = jarak titik berat memanjang

Demikian pula dapat dihitung jarak midship G atau LCG kapal dengan menggunakan tabel dibawah ini.

Demikian pula dapat dihitung jarak midship G atau LCG kapal dengan menggunakan tabel dibawah ini.

Tabel 2.1 Penentuan titik berat

no	nama komponen	W (kg)	VCG (m)	W. VCG	LCG	W. LCG
		$\Sigma 1$	$\Sigma 2$		$\Sigma 3$	
					$\Sigma 2$	

$$\text{Yaitu : VCG (KG)} = \frac{\Sigma 2}{\Sigma 1}$$

$$\text{LCG} = \frac{\Sigma 3}{\Sigma 1}$$

Catatan : Nilai LCG (+) digunakan untuk komponen yang berada pada bagian depan kapal. Nilai LCG (-) digunakan untuk komponen yang berada pada bagian belakang kapal

2.2.2 Titik B (*Bouyancy*)

Titik B (buoyancy) sangat dipengaruhi oleh bentuk kapal dibawah permukaan air, letak titik Bouyancy terhadap keel (KB) dapat dicari dengan menggunakan beberapa perhitungan dalil simpson dengan menggunakan gambar rencana garisnya. Selain menggunakan metode simpson, penentuan titik B juga dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa pendekatan, pendekatan – pendekatan tersebut antara lain:

$$KB = \frac{(8.CW - 2 CB)}{6 CW} \quad \text{Leager-Morrish.}$$

$$KB = T \frac{(8.CW - 2 CB)}{6 CW} \quad \text{Posdiunine}$$

$$KB = T (0,828 - 0,343 CB/CW) \quad \text{Beuer}$$

$$KB = T (1,1 - 0,6 CM) \quad \text{Henschke}$$

Dimana :

KB : Jarak titik tekan keatas terhadap keel dalam (meter) CW
: K oefisien garis air.

CB : K oefisien blok. CM : K oefisien Midship. T : S a rat kapal (meter)

2.2.3. Titik M (*metacenter*)

Titik metacenter dapat diprediksi dengan menggunakan beberapa pendekatan. Pendekatan tersebut antara lain:

$$MB = \frac{B^2}{T} \frac{CW (CW + 0.04)}{12 CB} \quad \text{Posdiunine}$$

$$MB = \frac{B^2}{T} \frac{57.CW - 22}{420 CB} \quad \text{Rouert}$$

Dimana,

MB : jari-jari metasenter dalam meter.

B : Lebar kapal (meter)

T : S arat kapal dalam (meter)

Cw : Koefisien garis air.

Cp : Koefisien blok.

Kapal dalam keadaan riilnya akan mengalami kemiringan, baik kemiringan secara melintang (oleng) maupun secara memanjang (Trim). Pada kondisi ini titik G kapal tidak mengalami perubahan atau pergeseran, namun titik B kapal akan bergeser atau berpindah menyesuaikan badan kapal yang tercelup oleh air.

Adapun terdapat 3 analisa yang dapat digunakan untuk memprediksi hal tersebut diantaranya:

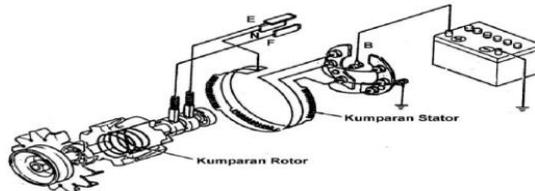
1. Suatu kapal berada pada keseimbangan stabil, apabila titik M berada di atas Titik G (pada keadaan ini MG bernilai positif).
2. Suatu kapal berada pada keseimbangan labil jika titik M berada di bawah titik G (pada keadaan ini titik MG bernilai negative)
3. Suatu kapal berada pada keseimbangan indifferent atau netral jika titik M dan titik G berimpit, Pada keadaan ini MG mempunyai nilai sama atau nol.

Adapun Hidomax menganalisisakan GZ berdasarkan rumus

$$GZ = KN - KG * \sin (\text{Heel})$$

2.3 Generator

Generator adalah suatu alat/ sistem yang dapat mengubah tenaga mekanis menjadi tenaga listrik dan menghasilkan tenaga listrik bolak-balik atau tenaga listrik searah tergantung tipe *generator*.



Gambar 2.4. generator

Prinsip kerja *generator* berdasarkan induksi elektromagnetik. Setelah rotor diputar oleh penggerak mula (*prime mover*), dengan demikian kutub-kutub yang ada pada rotor akan berputar. Jika kumparan kutub diberi arus searah maka pada permukaan kutub akan timbul medan magnet (garis-garis gaya fluks) yang berputar, kecepatannya sama dengan putaran kutub. Garis-garis gaya fluks yang berputar tersebut akan memotong kumparan jangkar di stator, sehingga menimbulkan EMF atau GGL atau tegangan induksi, yang besarnya :

$$E = -N \frac{d\Phi}{dt}$$

Jumlah putaran dan banyaknya jumlah pasang kutub pada generator, dirumuskan dengan persamaan :

$$F = \frac{P \cdot n}{120}$$

F = frekuensi listrik (Hz)

P = jumlah kutub pada rotor

n = kecepatan putaran rotor (rpm)

Untuk pengukuran daya yang dihasilkan setiap fasanya, sebagai berikut:

$$P = V \cdot I \cdot \cos \phi$$

Dimana :

P = daya yang dihasilkan generator (watt)

$\cos \phi$ = faktor daya

V = tegangan terminal generator (volt)

I = arus (ampere)

Jadi saat mengukur daya 3 fasa, $P_{\text{Total}} = P_R + P_S + P_T$

Ada dua komponen utama dalam generator, yaitu stator dan rotor. Stator merupakan bagian dari generator yang diam sedangkan rotor adalah bagian dari generator yang berputar. Rotor akan terhubung dengan poros generator yang berputar pada pusat stator. Poros inilah yang nantinya akan digerakkan menggunakan usaha dari luar seperti yang berasal dari turbin.

2.3.1 Macam Generator

Berdasarkan tegangan yang dibangkitkan generator dibagi menjadi 2 yaitu:

1. Generator Arus Bolak-Balik (AC)

Generator arus bolak-balik yaitu generator dimana tegangan yang dihasilkan (tegangan output) berupa tegangan bolak-balik. Generator AC umumnya disebut alternator, ukurannya bervariasi sesuai dengan kebutuhan listrik yang di supply

2. Generator Arus Searah (DC)

Generator arus searah yaitu generator dimana tegangan yang dihasilkan (tegangan output) berupa tegangan searah, hal ini dikarenakan terdapat system penyearahan yang dilakukan bisa berupa komutator atau menggunakan diode.

Berdasarkan sistem pembangkitannya generator AC dapat dibagi menjadi 2 yaitu:

1. *Generator* 1 fasa

Generator yang dimana dalam sistem melilitnya hanya terdiri dari satu kumpulan kumparan yang hanya dilukiskan dengan stu garis dan dalam hal ini tidak diperhatikan banyaknya lilitan. Ujung kumparan atau fasa yang satu dijelaskan dengan huruf besar X dan ujung yang satu lagi dengan huruf U.

2. *Generator* 3 fasa

Generator yang dimana dalam sistem melilitnya, terdiri dari tiga kumpulan kumparan yang mana kumparan tersebut masing-masing dinamakan lilitan fasa. Jadi pada statornya ada lilitan fasa yang kesatu ujungnya diberi tanda dengan huruf V-Y dan akhirnya ujung lilitan fasa ketiga diberi dengan tanda dengan huruf W-Z.

2.4 Torsi dan Momen Inersia

Gerak translasi benda disebabkan oleh gaya sedangkan penyebab dari gerak rotasi adalah karena adanya momen gaya atau torsi. Torsi merupakan hasil perkalian dari gaya dan lengan. Secara matematis dirumuskan dengan:

$$\text{Torsi} = F \times l$$

Jika lengan gaya tidak tegak lurus dengan gaya F maka persamaannya menjadi:

$$\text{Torsi} = F \cdot l \cdot \sin \phi$$

Dalam gerak lurus, massa berpengaruh terhadap gerakan benda. Massa bisa diartikan sebagai kemampuan suatu benda untuk mempertahankan kecepatan gerakannya. Apabila benda sudah bergerak lurus dengan kecepatan tertentu dan memiliki massa yang besar, maka benda tersebut akan sulit untuk dihentikan/berhenti. Misalnya, sebuah truk gandeng yang sedang bergerak lebih sulit dihentikan kecepatannya dibandingkan

dengan sebuah taksi yang sedang bergerak. Sebaliknya jika benda sedang diam (kecepatan = 0) , maka, benda tersebut akan sulit digerakkan jika mempunyai massa yang besar. Misalnya jika kita bandingkan dengan menendang bola tenis meja dan menendang bola sepak dengan gaya yang sama, maka tentu saja bola sepak akan bergerak lebih lambat. Dimana, hal tersebut disebabkan oleh nilai inersia pada bola tersebut. Yang secara matematis dirumuskan dengan:

$$I = m \cdot r^2$$

Keterangan:

I = Momen inersia

m = massa partikel

r = jari-jari/ jarak partikel terhadap sumbu rotasi

2.5 Titik Berat

Berdasarkan teori atom sebuah benda tersusun dari partikel-partikel yang mana tiap partikel tersebut memiliki berat yang berbeda. Jika berat seluruh bagian – bagian partikel tersebut dijumlahkan, maka akan diperoleh sebuah gaya yang disebut dengan gaya berat benda. Titik tangkap dari gaya berat benda inilah yang disebut dengan titik berat. Jika sebuah benda ditumpu pada titik beratnya, maka benda akan mengalami kesetimbangan statis yaitu keadaan dimana benda tersebut diam atau bergerak dengan kecepatan konstan. Hal ini dikarenakan pada titik berat, gaya-gaya yang bekerja menghasilkan momen resultan nol.

Jika diketahui n buah massa yang masing-masing memiliki massa m_1, m_2, \dots, m_n , dan masing-masing berada dititik $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$, maka titik berat dari gabungan massa tersebut adalah persamaan sebagai berikut:

Titik berat pada sumbu x dan ya adalah:

$$x_o = \frac{m_1x + m_2x_2 + m_3x_3 + m_4x_4 + \dots + m_nx_n}{m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + \dots + m_n}$$

$$y_o = \frac{m_1y_1 + m_2y_2 + m_3y_3 + m_4y_4 + \dots + m_ny_n}{m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + \dots + m_n}$$

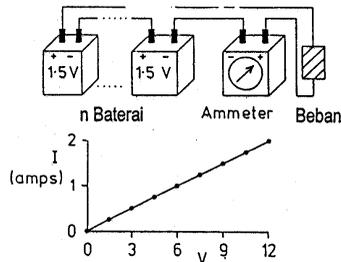
2.6 Pengertian Hukum Ohm, Tegangan dan Arus Listrik

2.6.1 Hukum Ohm

Pada sebagian besar konduktor logam, hubungan arus yang mengalir dengan potensial diatur oleh Hukum Ohm. Ohm menggunakan rangkaian percobaan sederhana seperti pada gambar 2.5. Dia menggunakan rangkaian sumber potensial secara seri, mengukur besarnya arus yang mengalir dan menemukan hubungan linier sederhana, dituliskan dengan rumus:

$$V = IR$$

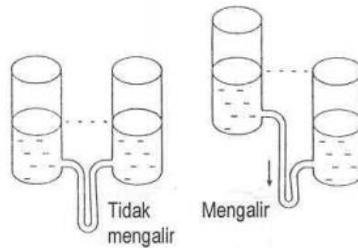
Dimana, $R = V/I$ disebut hambatan dari beban. Nama ini sangat cocok karena R menjadi ukuran seberapa besar konduktor tersebut menahan laju aliran elektron. berlakunya hukum ohm sangat terbatas pada kondisi-kondisi tertentu, bahkan hukum ini tidak berlaku jika suhu konduktor tersebut berubah. Untuk material-material atau piranti elektronika tertentu seperti diode dan transistor, hubungan I dan V tidak linier.



Gambar 2.5. rangkaian percobaan hukum ohm

2.6.2 Tegangan

Akan mudah menganalogikan aliran listrik dengan aliran air. Misalkan kita mempunyai 2 tabung yang dihubungkan dengan pipa seperti pada gambar 2.6. Jika kedua tabung ditaruh di atas meja maka permukaan air pada kedua tabung akan sama dan dalam hal ini tidak ada aliran air dalam pipa. Jika salah satu tabung diangkat maka dengan sendirinya air akan mengalir dari tabung tersebut ke tabung yang lebih rendah. Makin tinggi tabung diangkat makin deras aliran air yang melalui pipa.



Gambar 2.6. aliran air pada bejana yang berhubungan

Terjadinya aliran tersebut dapat dipahami dengan konsep energi potensial. Tingginya tabung menunjukkan besarnya energi potensial yang dimiliki. Yang paling penting dalam hal ini adalah perbedaan tinggi kedua tabung yang sekaligus menentukan besarnya perbedaan potensial. Jadi semakin besar perbedaan potensialnya semakin deras aliran air dalam pipa.

Konsep yang sama akan berlaku untuk aliran elektron pada suatu penghantar. Yang menentukan seberapa besar arus yang mengalir adalah besarnya beda potensial (dinyatakan dengan satuan volt). Jadi untuk sebuah konduktor semakin besar beda potensial akan semakin besar pula arus yang mengalir.

Perlu dicatat bahwa beda potensial diukur antara ujung-ujung suatu konduktor. Namun kadang-kadang kita berbicara tentang potensial pada suatu titik tertentu. Dalam hal ini kita sebenarnya mengukur beda potensial pada titik tersebut terhadap suatu titik acuan tertentu. Sebagai standar titik acuan biasanya dipilih titik tanah (ground).

Lebih lanjut kita dapat menganalogikan sebuah baterai atau accu sebagai tabung air yang diangkat. Baterai ini mempunyai energi kimia yang siap diubah menjadi energi listrik. Jika baterai tidak digunakan, maka tidak ada energi yang dilepas, tapi perlu diingat bahwa potensial dari baterai tersebut ada di sana. Hampir semua baterai memberikan potensial (tepatnya electromotive force - e.m.f) yang hampir sama walaupun arus dialirkan dari baterai tersebut.

2.6.3 Arus

Arus adalah jumlah electron yang mengalir dari satu atom ke atom lainnya melalui penghantar dan diukur dalam satuan ampere. arus listrik terjadi karena adanya aliran elektron dimana setiap elektron mempunyai muatan yang besarnya sama. Jika kita mempunyai benda bermuatan negatif berarti benda tersebut mempunyai kelebihan elektron. Derajat termuatinya benda tersebut diukur dengan jumlah kelebihan elektron yang ada. Muatan sebuah elektron, sering dinyatakan dengan simbol q atau e , dinyatakan dengan satuan coulomb, yaitu sebesar:

$$q \approx 1,6 \times 10^{-19} \text{ coulomb}$$

Misalkan kita mempunyai sepotong kawat tembaga yang biasanya digunakan sebagai penghantar listrik dengan alasan harganya relatif murah, kuat dan tahan terhadap korosi. Besarnya hantaran pada kawat tersebut hanya tergantung pada adanya elektron bebas (dari elektron valensi), karena muatan inti dan elektron pada lintasan dalam terikat erat pada struktur kristal. Pada dasarnya dalam kawat penghantar terdapat aliran elektron dalam jumlah yang sangat besar, jika jumlah elektron yang bergerak ke kanan dan ke kiri sama besar maka seolah-olah tidak terjadi apa-apa. Namun jika ujung sebelah kanan kawat menarik elektron sedangkan ujung sebelah kiri melepaskannya maka akan terjadi aliran elektron ke kanan (tapi ingat, dalam hal ini disepakati bahwa arah arus ke kiri). Aliran elektron inilah yang selanjutnya disebut arus listrik.

Besarnya arus listrik diukur dengan satuan banyaknya elektron per detik, namun demikian ini bukan satuan yang praktis karena harganya terlalu kecil. Satuan yang dipakai adalah ampere, dimana,

$$i = dq/dt \text{ 1 ampere} = 1 \text{ coulomb/det.}$$

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Studi Literatur

Kegiatan ini dilakukan dengan mencari materi penunjang dari buku, jurnal, internet dan tugas akhir serta hasil penelitian teknologi terdahulu yang menjadi acuan dalam melakukan pengembangan dan penyempurnaan. Dalam hal ini, teknologi pembangkit listrik yang memanfaatkan gerakan *rolling* kapal serta karakteristik dari kapal patrol 60 m. Studi mengenai mekanisme konversi mekanik serta efisiensinya juga dibahas dalam kegiatan ini.

3.2 Observasi

Observasi ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik dari *rolling* kapal pada kapal patroli fast patrol boat 60 m yang sesuai dan mampu menghasilkan daya maksimum. Observasi ini dilakukan langsung menggunakan *software maxsurf*.

3.3 Identifikasi dan Pemodelan Sistem

Identifikasi dan pemodelan sistem dilakukan untuk mendapatkan model matematika dari sistem. Panjang dan berat dari alat ditentukan untuk mendapatkan torsi yang dibutuhkan untuk memutar *gear* pada alternator. Serta model dari konversi energi mekanik untuk memutar generator. Pada kegiatan ini kami mengambil rpm alternator 60 rpm. Sedangkan sudut maksimum *rolling* kapal didapat dari pemodelan kapal diuji menggunakan *software maxsurf*. Untuk perhitungan mengenai perancangan prototipe dibahas pada bab iv.

3.4 Perancangan Prototipe

Setelah perhitungan sudah selesai maka, Pada Tahap ini mulai membeli alat dan bahan yang dibutuhkan dalam pembuatan prototipe. Perancangan prototipe yang akan digunakan dalam implementasi alat ini meliputi perancangan beban untuk menghasilkan torsi sesuai perhitungan, konversi

energi mekanik (*pulley*), serta alternator. Desain prototipe ditunjukkan seperti gambar di bawah ini.



Gambar 3.1. Rancangan prototipe tampak depan



Gambar 3.2. Rancangan prototipe tampak belakang



Gambar 3.3. Rancangan prototipe tampak samping

3.4.1 Generator

Spesifikasi generator yang digunakan pada saat perancangan adalah sebagai berikut:

Merek : TACHOMETER GENERATOR
Tipe : 5PY59JY1

Kecepatan maksimum : 2500 rpm
 Voltase : 99.5 Volts DC/1000 RPM

3.4.2 Pulley

Pada Prototipe ini, kami menggunakan 2 Pulley dengan rasio 10 inch : 2 inch. Pulley ini berfungsi untuk memperbanyak rpm yang di hasilkan alat. Sehingga, putaran generator menjadi banyak.

3.4.3 One Way Bearing

Merek : Hf0812
 Size : 8x12x12 mm
 Jumlah : 1 buah

3.4.4 Bearing

Merek : FYH UCP 201J
 Size : 12 mm
 Jumlah : 2 buah

3.4.5 Van Belt

Van belt berfungsi untuk menghubungkan kedua pulley. Pada perancangan prototipe ini, kami menggunakan van belt A45.

3.4.5 Poros

Spesifikasi poros yang dipakai pada desain prototipe ini adalah sebagai berikut:

Material : besi ST 42
 Diameter : 8 mm
 Panjang : 50 cm

3.5 Pengujian Alat

Pengujian alat dilakukan untuk menentukan arus dan voltase yang dihasilkan. Menggunakan variasi sudut dan beban bandul. Dalam tahap ini, mekanisme konversi mekanik pada alat serta pulley diujikan untuk mengetahui besar daya yang dihasilkan pada prototipe. Berikut adalah Alat dan bahan yang digunakan untuk pengujian prototipe:

3.5.1 Resistor 7 ohm

Resistor yang digunakan pada pengujian alat ini adalah 7 ohm

3.5.2 handphone

Handphone digunakan untuk merekam gerakan bandul. Serta handphone digunakan untuk mengukur kemiringan sudut bandul terhadap alat .handphone sudah dipasang software untuk mengukur kemiringan.

3.5.3 Multimeter

Multimeter digunakan untuk mengukur voltase yang dihasilkan dari generator.

3.5.4 Tangmeter

Tangmeter digunakan untuk mengukur arus yang dihasilkan dari generator.

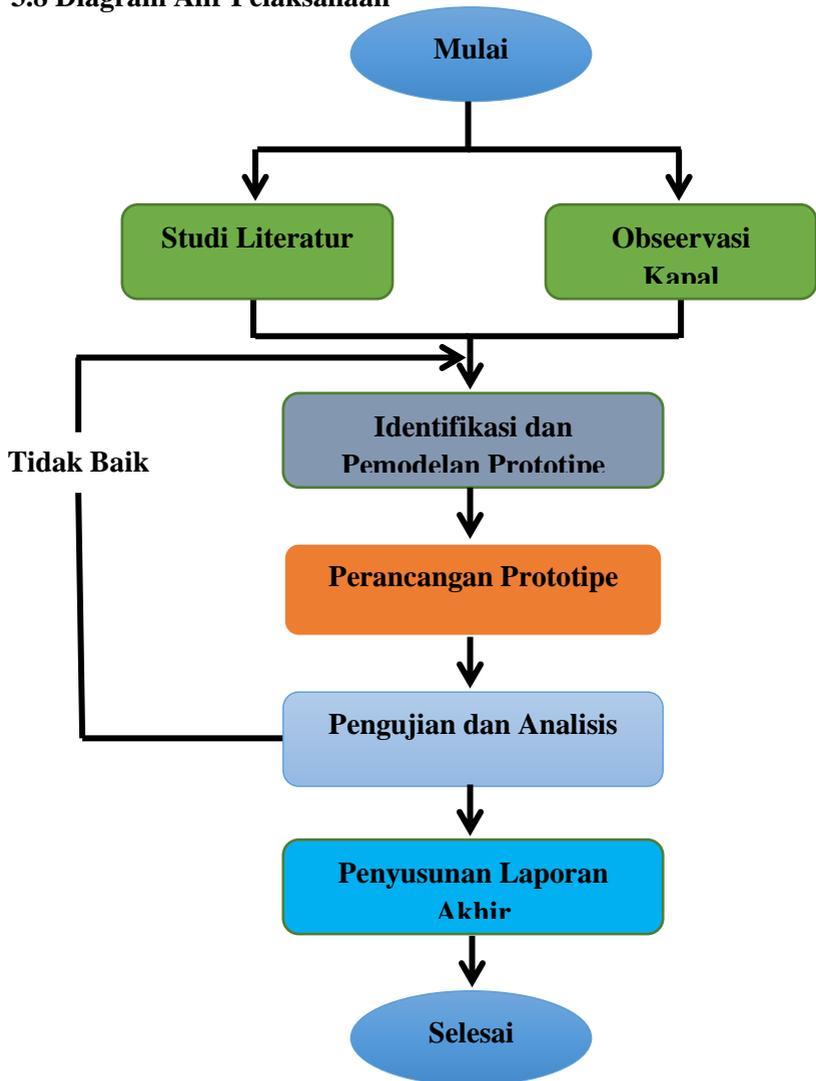
3.6 Analisis

Analisis dilakukan terhadap hasil dari pengujian sehingga dapat ditentukan desain dari konversi gerak pada alat. Sehingga dapat dilakukan lagi penyempurnaan terhadap alat yang telah diciptakan agar dapat berfungsi optimal bagi masyarakat yang menggunakan.

3.7 Pembuatan Laporan

Pembuatan laporan dilakukan sebagai hasil akhir dari rancang bangun prototipe. Laporan ini juga dapat digunakan sebagai penunjang dalam penyusunan jurnal dan paper.

3.8 Diagram Alir Pelaksanaan



Gambar 3.4. *Flow Chart* Metodologi

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Umum

Dalam bab ini akan dibahas tentang cara perhitungan perancangan prototipe mulai dari penentuan sudut maksimum dari kapal patroli 60 m, perancangan bandul, penentuan diameter poros, perbandingan *pulley* yang dipakai pada prototipe. serta data yang dihasilkan sekaligus pembahasannya.

Pembahasan ini yang selanjutnya akan mengantarkan skripsi ini pada kesimpulan serta saran agar voltase dari prototipe yang telah di buat nantinya dapat di pakai di kapal, tentunya dengan merujuk pada apa yang menjadi latar belakang, permasalahan, batasan masalah, dan tujuan ditulisnya skripsi ini.

4.2 Penentuan Sudut Maksimum Kapal

4.2.1 Data Principle Dimension

Data-data Fast Patrol Boat 60 M didapat dari gambar rencana umum (General Arrangement) kapal tersebut. Berikut ini adalah dimensi utama Fast Patrol Boat 60 M :

•Length Over All (LOA)	= 60,32 m
•Length Water Line (LWL)	= 55,82 m
•Length of Perpendicular (LPP)	= 54,39 m
•Breadth (mld) Maximum	= 8,37 m
•Breadth (Waterline)	= 7,37 m
•Height (mld) to main deck	= 5,09 m
•Height Total (Incl. Tower)	= 16,59 m
•Draft (Maximum)	= 2,00 m
•Displacement	= 291,5 m
•Speed (Maximum)	= 27,0 knot
•Speed (Cruising)	= 25,0 knot
•Speed (Economy)	= 20,00 knot
•Crews	= 47 persons
•Heli crews	= 2 persons
•Jail	= 6 prisoners

4.2.2 Data Konstruksi Kapal

Konstruksi yang digunakan pada kapal Fast Patrol Boat

60 M yaitu materialnya dari aluminium, dengan spesifikasi sebagai berikut :

•Main Hull (Aluminium)	= 5083 H116
•Bottom/Shell Thicness	= 12 mm
•Deck/Beam	= 10 mm
•Side Wall	= 10 mm
•Stiffener	= 8 mm
•Superstructur (Aluminium)	= 6 mm

4.2.3 Data Kapasitas Tangki

Fuel Oil Tank	=110 Ton Daily ME
Fuel Oil Tank	=2 x 1,4 Ton Daily AE
Fuel Oil Tank	= 2 x 0,5 Ton
Fresh Water Tank	= 35,00 Ton
Lub. Oil Tank	= 2 x 2,0 Ton
Sludge Tank	=4,5 Ton
Sewage Tank	=5,5 Ton
Ballast Water Tank	=70 Ton

4.2.4 Data Permesinan Kapal

Main Marine Engine	=MWM TBD620V16 (2 x 2030 KW/2720 HP/1800 RPM)
Gearbox Ratio	= 2,278 Medium duty
Propeller	= B5-90 HS-series
RPM Propeller	=790,17
Diameter Propeller	=1308 mm
Propeller Pitch	=1288 mm
Diameter Poros Utama	=6 inchi
Diesel Generator Set	=3 x 225 KVA/50 Hz
Emergency Generator	=85 KVA/50 Hz

4.2.5 Data Navigasi dan Komunikasi

EPIRB 406 MHz Sattelite SART
Navigation RADAR 96 NM GPS
Echsounder, color, 200 kHz, 10,4 in Gyro Compass
Magnetic Compass 150 mm Reflector Type NAVTEX
Weather Vacsimile

Single Axis Doppler Speedlog

GMDSS Area-3 Radio Communication System GMDSS 150 W
MF/HF Radio

2 x Radio SSB, 2-ways Radio, VHF Radio Internal
Communications Systems Surveillance Radar

4.2.6 Data Peralatan Keselamatan

20 Persons Liferaft : 4 units

Lifejacket : 60 units

Lifebuoy : 6 units

Fire Extinguisher & System

Smoke Signal, Parachute signal, RHF

4.2.7 Analisa Large Angle Stability

Analisa Loadcase diambil pada saat kondisi berangkat, dimana dengan keadaan muatan penuh (47 persons, bahan bakar penuh, air ballast, dan kebutuhan air tawar penuh).

Stability Calculation - kapal patroli

Stability 20.00.06.0, build: 0

Model file: D:\RIFAI TUGAS AKHIR (TA)\kapal patroli
(Medium precision, 59 sections, Trimming off, Skin thickness not
applied). Long. datum: Aft extremity; Vert. datum: Baseline.
Analysis tolerance - ideal(worst case): Disp. %: 0.01000(0.100);
Trim%(LCG-TCG): 0.01000(0.100); Heel%(LCG-TCG):
0.01000(0.100)

Loadcase - uji stability

Damage Case - Intact

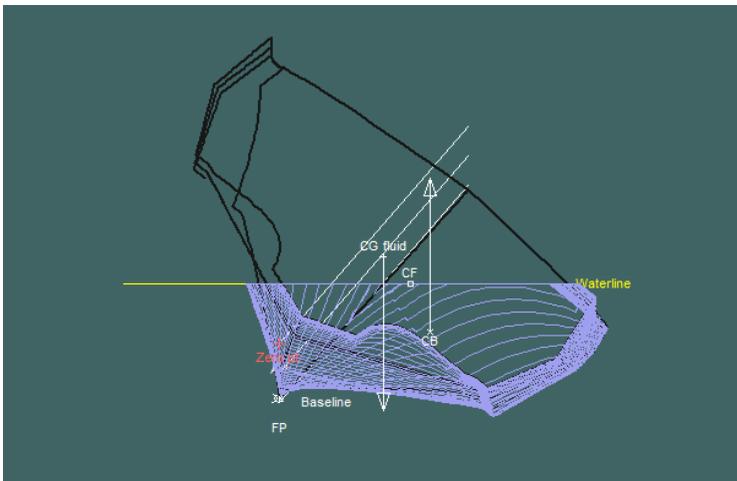
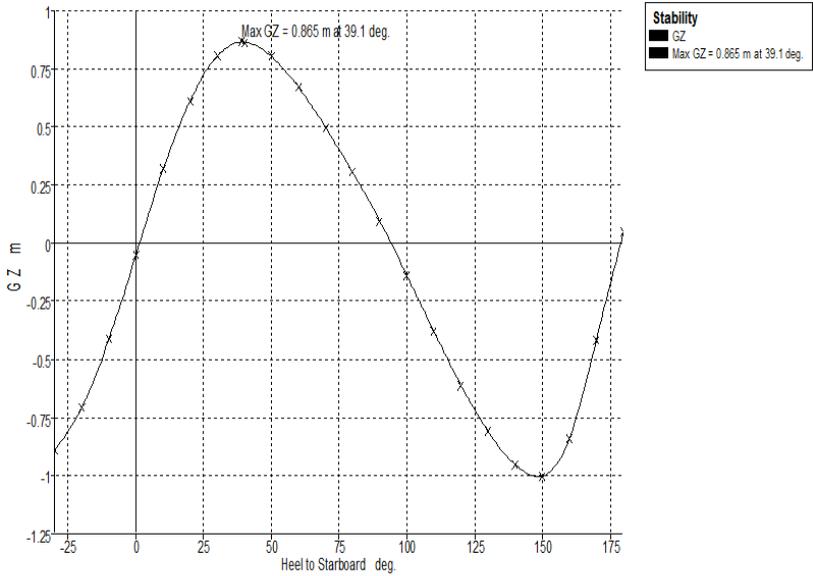
Free to Trim

Specific gravity = 1.025; (Density = 1.025 tonne/m³)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Tabel. 4.1 *Load case*

Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m ³	Total Volume m ³	Long- Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m
Lightship	1	100.000	100.000			27.000	0.000	3.690	0.000
22 mm machine Gun	2	0.400	0.800			29.200	0.000	8.300	0.000
Front Cannon 57 mm	1	3.000	3.000			50.230	0.000	6.067	0.000
item: 29	1	0.000	0.000			3.282	0.000	8.790	0.000
Rocket Launcher	2	4.000	8.000			25.830	0.000	8.760	0.000
Weapon System RADAR	1	0.200	0.200			40.530	0.000	1.800	0.000
Electronic Control Measures	1	0.200	0.200			3.282	0.000	0.980	0.000
Decoy System	4	0.120	0.480			3.282	0.000	0.980	0.000
Liferaft	4	0.080	0.320			33.450	0.000	7.360	0.000
Combat Boat (PS)	1	1.000	1.000			3.282	2.500	5.500	0.000
Combat Boat (SB)	1	1.000	1.000			19.830	-2.500	5.500	0.000
AC Motor (AMA 500L4W)	1	1.000	1.000			19.830	0.000	2.700	0.000
Transformer dan Converter	2	12.600	25.200			15.000	0.000	2.870	0.000
Generator 1	1	4.560	4.560			17.900	2.690	2.870	0.000
Generator 2	1	15.150	15.150			17.900	0.000	2.870	0.000
Generator 3	1	15.150	15.150			17.900	-2.690	2.870	0.000
Generator 4	1	15.150	15.150			17.900	2.690	2.870	0.000
Generator 5	1	15.500	15.500			6.890	-2.690	2.870	0.000
Windlass	1	2.000	2.000			53.600	0.000	5.060	0.000
Fuel Oil Tank	3	60.000	180.000			31.570	0.000	1.025	0.000
Daily AE Fuel Oil Tank (PS)	1	2.000	2.000			3.282	-3.160	0.980	0.000
Crew	47	2.854	134.138			32.332	0.000	4.500	0.000
Daily AE Fuel Oil Tank (SB)	1	2.000	2.000			3.282	0.000	0.980	0.000
Fresh Water Tank	2	10.000	20.000			10.000	3.160	3.841	0.000
Lub Oil Tank (PS)	1	1.000	1.000			11.400	-0.600	0.973	0.000
Lub Oil Tank (SB)	1	1.000	1.000			3.282	0.600	0.980	0.000
Sludge Tank	1	1.000	1.000			9.313	0.000	1.000	0.000
Seawage Tank	1	1.000	1.000			14.100	0.000	1.100	0.000
Hull	1	2.200	2.200			7.580	0.000	8.000	0.000
Total Loadcase			553.048	0.000	0.000	26.976	0.050	2.969	0.000
FS correction								0.000	
VCG fluid								2.969	



Gambar.4.1 Penampang melintang loadcase

Dari hasil analisa menggunakan software maxsurf dapat diketahui sudut rolling maksimum dari kapal Fast Patrol Boat 60

m yaitu 39.1 deg atau dibulatkan menjadi 40 deg. Setelah diketahui besar sudut dari kapal tersebut, maka dalam pengujian alat, variasi sudut harus < 40 deg.

4.3 Perhitungan Perancangan Prototipe

4.3.1 Pengujian Generator

Sebelum melakukan perhitungan poros dan perencanaan bandul, maka, terlebih dahulu harus melakukan pengujian generator yang nantinya dipakai pada alat tersebut. Pada pengujian generator 5PY59JY1 kami mengambil acuan rpm yang paling rendah yaitu 60 rpm. Berikut adalah data Voltase dan arus serta daya yang dihasilkan generator pada putaran 60 rpm dan diukur menggunakan hambatan 7 ohm:

Generator : 5PY59JY1

Rpm = 60 *rpm*

R = 7 Ω

Voltase = 5,87 *Volt*

Arus = 0,8 *Ampere*

P (daya) = 4,696 *Watt*

Dari data diatas, nantinya akan menjadi acuan dalam perhitungan perencanaan bandul dan penentuan diameter poros.

4.3.1 Perencanaan Bandul

4.3.1.1 Perhitungan Periode Bandul

Dari data kapal patroli 60 m yang telah dianalisa menggunakan software maxsurf, diketahui bahwa sudut maksimum kapal ketika rolling adalah 40^0 . Sehingga, dalam satu periode putaran yang nantinya bisa dihasilkan oleh bandul adalah : $40^{\circ} \times 2 = 80^{\circ}$ atau sama dengan 0,22 putaran. Jadi, periode bandul untuk bisa mencapai putaran generator 60 *rpm* dihitung dengan :

$$\text{Putaran di shaft} = \frac{60}{5} = 12 \text{ rpm}$$

Periode dihitung menggunakan perbandingan $\frac{T}{60} = \frac{0,22}{12} \rightarrow T = 1,1 \text{ detik}$

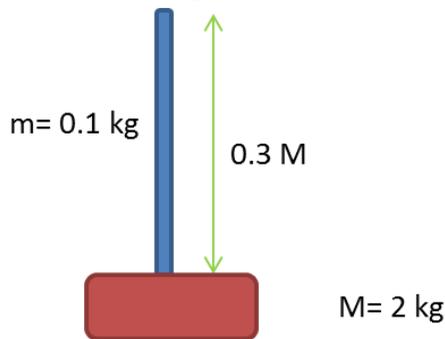
Artinya, agar nantinya prototipe dapat memutar generator sebanyak 60 rpm, maka periode bandul harus bernilai 1,1 detik.

Dari beberapa percobaan perhitungan, saya mendapatkan beberapa nilai yang harus dipenuhi untuk mendapatkan periode bandul 1,1 detik yaitu :

Panjang lengan (l) = 0,3 meter

Berat bandul = 2 kg

Berat lengan = 0,1 kg



Gambar.4.2 Desain bandul

Dari rumus phisycal pendulum diketahui bahwa rumus kecepatan sudut adalah:

$$\omega = \sqrt{\frac{mgd}{I}}$$

Dengan $T = \frac{2\pi}{\omega}$

Perhitungan Inersia bandul:

$$I = I_{bar} + I_{mass} = \frac{1}{3} mL^2 + ML^2$$

$$= \frac{1}{3} (0,1)(0,3)^2 + 2(0,3)^2$$

$$= 0,003 + 0,18$$

$$= 0,183 \text{ kg m}^2$$

Penentuan titik berat bandul:

$$\begin{aligned} d(m) &= \frac{\sum mi \cdot Xi}{\sum mi} \\ &= \frac{(0,1) \left(\frac{0,3}{2}\right) + 2(0,3)}{0,1 + 2} \\ &= \frac{0,615}{2,1} \\ &= 0,29 \text{ meter} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \omega &= \sqrt{\frac{mgd}{I}} \\ &= \sqrt{\frac{(2,1)(9,8)(0,2)}{0,183}} \\ &= 5,76 \text{ rad/s} \\ T &= \frac{2\pi}{5,76} = 1,1 \text{ detik} \end{aligned}$$

4.3.1.2 Perhitungan Torsi Bandul

Sebelum kita menghitung torsi minimal pada bandul, maka terlebih dahulu harus mengetahui torsi generator pada putaran 60 rpm.

Torsi generator pada putaran 60 rpm dihitung dengan rumus :

$$\begin{aligned} \text{torsi} &= \frac{60 \times P}{2\pi N_{\text{generator}}} \\ &= \frac{60 \times 4,696}{2\pi \times 60} \\ &= 0,747 \text{ Nm} \end{aligned}$$

Setelah didapatkan besar torsi pada generator, maka selanjutnya dihitung besar torsi pada shaft bandul.

Torsi pada shaft dihitung dengan rumus:

$$\begin{aligned}
 \text{torsion} &= \frac{60 \times P}{2\pi N \text{shaft}} \\
 &= \frac{60 \times 4,696}{2\pi \times 12} \\
 &= 3,73 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

Sehingga nantinya bandul harus memiliki Torsi lebih dari 3,73 Nm agar bisa memutar generator.

Setelah torsi minimum pada shaft sudah diketahui, selanjutnya adalah menghitung dan memastikan dengan desain bandul tersebut dan beresilasi pada sudut 40° , apakah torsi yang dihasilkan $> 3,73 \text{ Nm}$

Perhitungan Torsi untuk Beban 2 Kg dan Sudut 40°

$$\begin{aligned}
 \text{torsion} &= \left(\left(m \cdot \frac{L}{2} \cdot \sin 40^\circ \right) + (M \cdot L \cdot \sin 40^\circ) \right) \cdot 9,8 \\
 &= \left(\left(0,1 \cdot \frac{0,3}{2} \cdot \sin 40^\circ \right) + (2,0 \cdot 3 \cdot \sin 40^\circ) \right) \cdot 9,8 \\
 &= (0,011 + 0,447) \cdot 9,8 \\
 &= 5,45 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas diketahui bahwa torsi bandul dengan berat beban 2 kg dan panjang lengan 30 cm, diketahui bahwa bandul tersebut mampu mengatasi torsi generator pada putaran 60 rpm.

4.3.1.3 Perhitungan Diameter Poros

Kami menggunakan ASME code (*American Society of Mechanical Engineers*) sebagai referensi untuk menghitung diameter poros. Pada perhitungan poros, terlebih dahulu kita harus mengetahui bahan/material yang nantinya ingin digunakan untuk poros tersebut. Pada prototipe ini, kami menggunakan material besi ST 42. Dari bahan tersebut, diketahui nilai S_{yt} (*yield strength in tension*) dan nilai S_{ut} (*ultimate tensile strength*) berturut-turut adalah 255 N/mm^2 dan 412 N/mm^2 .

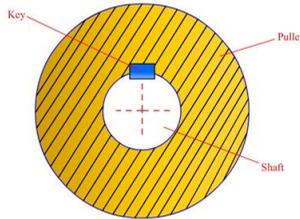
Diameter poros dihitung menggunakan beberapa persamaan *shear stress* yaitu:

$$\tau_{d1} = 0,30 \times S_y t$$

atau

$$\tau_{d2} = 0,18 \times S_u t$$

Karena pada shaft dan *pulley* terdapat penguncinya maka dikatakan pada aturan ASME bahwa nilai shear stress harus dikurangi 25 persen. Atau sama juga dengan nilai shear stress awal di kali dengan 0,75.



Gambar.4.3 poros, pengunci dan *pulley*

Sehingga persamaan *shear stress* pertama menjadi:

$$\tau_{d1} = 0,75 \times 0,30 \times S_y t$$

atau

$$\tau_{d2} = 0,75 \times 0,18 \times S_u t$$

Persamaan *shear stress* kedua dapat dihitung dengan rumus:

$$\tau_d = \frac{16}{\pi d^3} [(kb \cdot Mb)^2 + (kt \cdot T)^2]^{\frac{1}{2}}$$

Dimana,

d = diameter poros

Mb = nilai Moment bending pada poros

T = Torsi poros pada putaran generator 60 rpm

kb = shock & fatigue factor pada bending moment

kt = shock & fatigue factor pada torsional moment

Nilai kb dan kt di dapat dari table ASME yaitu:

Load type	k_b	k_t
Gradually applied	1.5	1.0
Suddenly applied		
Minor shock	1.5-2.0	1.0-1.5
Heavy shock	2.0-3.0	1.5-3.0

Pada prototipe ini diambil nilai k_b dan k_t pada tipe beban *gradually* yaitu 1.5 dan 1.0

Sehingga, dari substitusi persamaan pertama dan kedua nantinya bisa di dapatkan nilai diameter poros.

Langkah selanjutnya adalah menghitung beberapa variabel yang dibutuhkan untuk menghitung shear stress yaitu:

1. torsi poros pada putaran generator 60 rpm
2. bending moment pada poros

Perhitungan torsi poros pada putaran generator 60 rpm:

$$\begin{aligned}
 \text{torsi} &= \frac{60 \times P}{2\pi N} \\
 &= \frac{60 \times 4,696}{2\pi \times 12} \\
 &= \frac{281,76}{75,988} \\
 &= 3,7 \text{ Nm} = 3700 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Perhitungan bending moment:

Untuk menghitung bending moment yang terjadi pada poros, maka, terlebih dahulu harus dianalisa gaya-gaya yang terjadi pada poros tersebut.

Untuk menganalisa gaya-gaya yang terjadi pada poros, maka harus ditinjau gaya dari arah vertikal dan gaya dari arah horizontal.

Untuk gaya-gaya arah vertikal disederhanakan dengan R1,R2,R3,R4 dimana:

R1 = merupakan total gaya yang terjadi karena berat *pulley* dan tegangan *belt* arah vertikal

R2 dan R3 = merupakan gaya normal

R4 = merupakan total gaya karena berat bandul

Sedangkan gaya-gaya arah horizontal disederhanakan dengan P1,P2,P3 dimana:

P1 = merupakan gaya karena tegangan *belt* arah horizontal

P2 dan P3 merupakan gaya normal

Perhitungan Tegangan *Belt*:

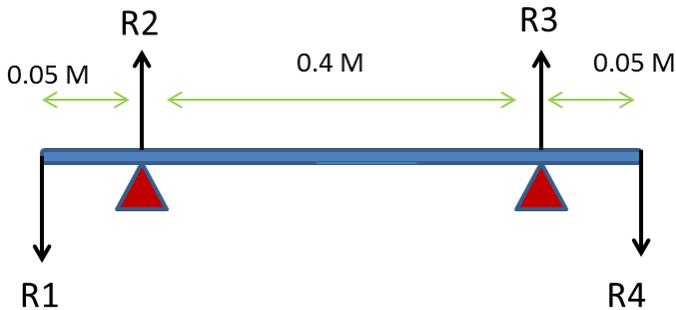
$$\begin{aligned} \text{torsion} &= \frac{60 \times P}{2\pi N} \\ &= \frac{60 \times 4,696}{2\pi \times 12} \\ &= \frac{281,76}{75,988} \\ &= 3,7 \text{ Nm} = 3700 \text{ Nmm} \\ \text{torsion} &= (T_1 + T_2) \times R_{\text{pulley}} \\ 3,7 &= (T_1 + T_2) \times 0,254 \\ (T_1 + T_2) &= \frac{3,7}{0,254} \\ &= 14,56 \text{ N} \end{aligned}$$

Karena pada desain prototipe, *belt* dipasang miring dengan sudut 30° terhadap arah vertikal, maka nilai tegangan *belt* harus dianalisa secara vertikal dan horizontal.

Sehingga untuk arah vertikal nilai $(T_1 + T_2)$ adalah $14,56 \times \cos 30^\circ = 12,6 \text{ N}$

Sedangkan untuk arah horizontal nilai $(T_1 + T_2)$ adalah $14,56 \times \sin 30^\circ = 7,28 \text{ N}$

Tinjau Vertikal



$$R_1 = W_{pulley} + (T_1 + T_2)_{vertikal}$$

$$= (0,8 \times 9,8) + 12,6$$

$$= 20,4 \text{ N}$$

$$R_4 = W_{bandul}$$

$$= 2,1 \times 9,8$$

$$= 20,58 \text{ N}$$

Moment vertikal pada titik R_3

$$(20,58 \times 0,05) + (R_2 \times 0,4) - (R_1 \times 0,45) = 0$$

$$(1,029) + (R_2 \times 0,4) - (20,4 \times 0,45) = 0$$

$$R_2 \times 0,4 = 9,18 - 1,029$$

$$R_2 = \frac{8,151}{0,4}$$

$$R_2 = 20,38 \text{ N}$$

Moment vertikal pada titik R_2

$$(20,58 \times 0,45) - (R_3 \times 0,4) - (20,4 \times 0,05) = 0$$

$$(9,261) + (R_2 \times 0,4) - (1,02) = 0$$

$$R_2 \times 0,4 = 9,18 - 1,029$$

$$R_3 = \frac{8,241}{0,4}$$

$$R_3 = 20,6 \text{ N}$$

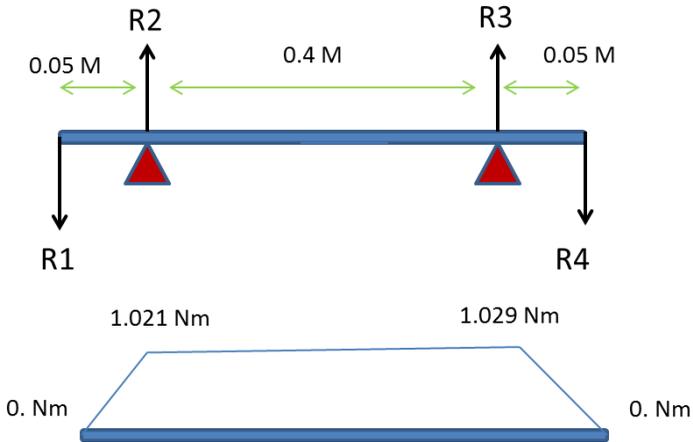
Bending Moment Arah Vertikal

$$BM_{R_4} = 20,58 \times 0 = 0 \text{ Nm}$$

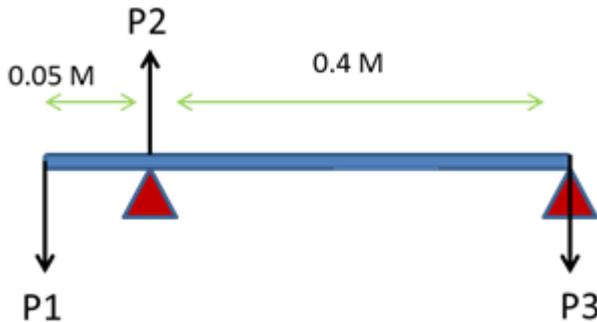
$$BM_{R3} = 20,58 \times 0,05 = 1,029 \text{ Nm}$$

$$BM_{R2} = (20,58 \times 0,45) - (20,6 \times 0,4) \\ = 9,261 - 8,24 = 1,021 \text{ Nm}$$

$$BM_{R1} = (20,58 \times 0,5) - (20,6 \times 0,45) - (20,38 \times 0,05) \\ = 10,29 - 9,27 - 1,019 = 0 \text{ Nm}$$



Tinjau Horizontal



$$P_1 = (T_1 + T_2)_{\text{horizontal}} \\ = 7,28 \text{ N}$$

Moment horizontal pada titik P_3

$$(P_2 \times 0,4) - (7,28 \times 0,45) = 0$$

$$P_2 = \frac{3,276}{0,4}$$

$$= 8,19 \text{ N}$$

Moment horizontal pada titik P_2

$$(P_3 \times 0,4) - (7,28 \times 0,05) = 0$$

$$P_3 = \frac{0,364}{0,4}$$

$$= 0,91 \text{ N}$$

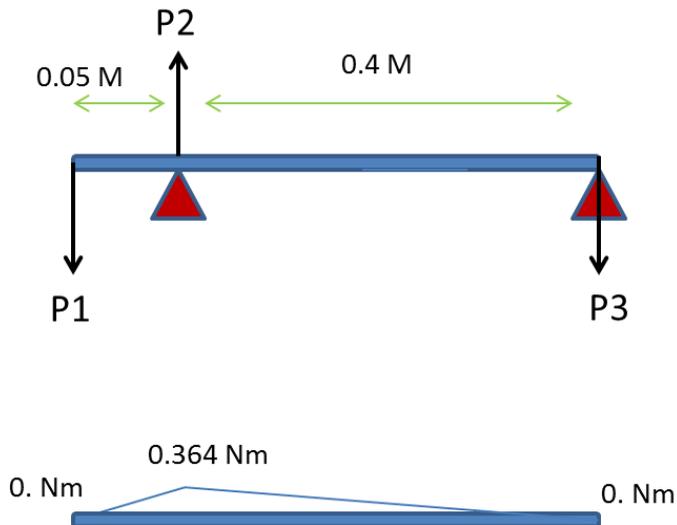
Bending Moment Arah Horizontal

$$BM_{P_3} = 0,91 \times 0 = 0 \text{ Nm}$$

$$BM_{P_2} = 0,91 \times 0,4 = 0,364 \text{ Nm}$$

$$BM_{P_1} = (0,91 \times 0,45) - (8,19 \times 0,05)$$

$$= 0,4095 - 0,4095 = 0 \text{ Nm}$$



Dari bending moment diagram vertikal dan horizontal, diketahui bahwa bending moment tertinggi terdapat di titik R_3 . Sehingga resultan bending moment pada titik R_3 adalah

$$\begin{aligned} BM_R &= \sqrt{(BMH^2 + BMY^2)} \\ &= \sqrt{(0^2 + 1,029^2)} \\ BM_R &= 1,029 \text{ Nm} = 1029 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Sehingga nilai bending moment pada poros adalah 1029 Nmm

Dari persamaan shear stress pertama didapatkan :

$$\begin{aligned} \tau_{d1} &= 0,75 \times 0,30 \times S_{yt} \\ &= 0,75 \times 0,30 \times 255 \\ &= 57,4 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \tau_{d2} &= 0,75 \times 0,18 \times S_{ut} \\ &= 0,75 \times 0,18 \times 412 \\ &= 55,62 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

τ_d diambil yang terendah yaitu

$$\tau_d = 55,62 \text{ N/mm}^2$$

Dari persamaan shear stress kedua didapatkan :

$$\tau_d = \frac{16}{\pi d^3} [(Kb \cdot Mb)^2 + (Kt \cdot T)^2]^{\frac{1}{2}}$$

Nilai Kb dan Kt dari tabel yaitu :

$$Kb = 1,5$$

$$Kt = 1$$

Setelah perhitungan nilai *shear stress* menggunakan persamaan pertama dan persamaan kedua diketahui, selanjutnya kedua persamaan tersebut disubstitusi.

$$55,62 = \frac{16}{3,14 \times d^3} [(1,5 \times 1029)^2 + (1 \times 3700)^2]^{\frac{1}{2}}$$

$$d^3 = \frac{16}{3,14 \times 55,62} [(1543,5)^2 + (3700)^2]^{\frac{1}{2}}$$

$$= \frac{16}{174,65} (4009,04)$$

$$d^3 = 367,27$$

$$d = 7,16 \text{ mm}$$

Karena dari perhitungan minimal diameter poros adalah 7,16 mm, Maka poros yang kami pakai adalah $d = 8 \text{ mm}$

4.4 Pengujian Alat

4.4.1. Pengambilan Data

Data yang akan diambil pada pengujian prototipe ini adalah voltase dan arus listrik yang dihasilkan oleh generator. Untuk memperoleh data tersebut menggunakan alat multimeter atau avometer. Untuk mekanisme dari gerakan bandul itu sendiri digerakkan oleh osilasi bandul sedangkan variasi kemiringan diukur menggunakan alat ukur kemiringan.

Pada percobaan ini ada dua berat bandul yang akan dipasang yaitu 1 kg dan 2 kg dengan variasi sudut yaitu $40^\circ, 30^\circ, 20^\circ$ dengan 2 data pengujian yang diambil yaitu voltase dan arus. Masing-masing variasi beban dan sudut dilakukan sebanyak 3 kali dan diambil rata-rata nya untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat

Percobaan ini dilakukan untuk mengetahui tegangan dan arus yang dihasilkan oleh generator. Pada Pengujian ini menggunakan avometer yang disusun parallel dengan resistor 7 ohm untuk mengetahui tegangan keluaran dari alat. Sedangkan pada pengujian arus, avometer dipasang seri dengan resistor 7 ohm.

4.4.2. Data Pengujian Tegangan

Variabel yang divariasikan pada percobaan ini adalah: sudut kemiringan ($40^\circ, 30^\circ, 20^\circ$), dengan variasi beban 2 kg dan 1 kg. Pengujian dilakukan sebanyak 3 kali percobaan pada setiap variasi agar data yang diperoleh lebih valid. Berikut adalah tabel hasil pengujian tegangan keluaran dari generator.

Setelah dilakukan uji coba untuk mengetahui hubungan antara besar sudut roling dengan tegangan dan arus yang dihasilkan maka didapatkan hasil seperti tabel 4.2, 4.3, 4.4 dan 4.5.

Tabel 4.2. Hubungan Sudut Bandul terhadap Arus pada Beban 2 kg

Sudut Roling	Arus (Ampere)		
	1	2	3
40°	0.43	0.41	0.44
30°	0.28	0.32	0.32
20°	0.19	0.18	0.19

Tabel 4.3. Hubungan Sudut Bandul terhadap Tegangan pada beban 2 kg

Sudut Roling	Tegangan (Volt)		
	1	2	3
40°	2.1	2.4	2.3
30°	1.5	1.5	1.4
20°	0.5	0.4	0.7

Tabel 4.4. Hubungan Sudut Bandul terhadap Arus pada Beban 1 kg

Sudut Roling	Arus (Ampere)		
	1	2	3
40°	0.24	0.18	0.24
30°	0.14	0.13	0.15
20°	0.12	0.14	0.13

Tabel 4.5. Hubungan Sudut Bandul terhadap Tegangan pada beban 1 kg

Sudut Roling	Tegangan (Volt)		
	1	2	3
40°	1.1	1	1.5
30°	0.6	0.3	0.2
20°	0.1	0.09	0.1

Dari hasil diatas maka dapat diketahui bahwa tegangan dan arus terbesar yang dihasilkan terjadi pada sudut 40° dengan berat bandul 2 kg. Sedang tegangan dan arus terkecil yang dihasilkan terjadi pada sudut 10° dengan berat bandul 1 kg. Semakin besar sudut rolling dan berat bandul, maka voltase dan arus yang dihasilkan juga besar. Hal ini dikarenakan ketika sudut yang ditempuh bandul dalam satu periode semakin besar, maka putaran generator semakin banyak juga sehingga voltase dan arus semakin besar. Demikian juga ketika bandul yang dipasang lebih berat, maka periode bandul akan lebih cepat. Sehingga dengan periode bandul yang lebih cepat, maka jumlah rpm yang dihasilkan oleh generator semakin banyak juga. Oleh sebab itu, voltase dan arus yang dihasilkan nilainya lebih besar.

4.5 Perhitungan Daya

Daya dihitung dari hasil perkalian antara voltase dan arus. Nilai voltase didapat dari rata-rata voltase yang dihasilkan pada percobaan 1,2 dan 3. Begitu juga dengan nilai arus didapat dari rata-rata voltase yang dihasilkan pada percobaan 1,2 dan 3

Tabel 4.6. Perhitungan Daya yang Dihasilkan pada Beban Bandul 2 kg

Sudut bandul	Voltase rata-rata (Volt)	Arus rata-rata (Ampere)	Daya yang dihasilkan (watt)
40°	2.26	0.43	0.97
30°	1.47	0.3	0.44
20°	0.53	0.18	0.09

Tabel 4.7. Perhitungan Daya yang Dihasilkan pada Beban Bandul 1 kg

Sudut bandul	Voltase rata-rata (Volt)	Arus rata-rata (Ampere)	Daya yang dihasilkan (watt)
40°	1.2	0.22	0.26
30°	0.36	0.14	0.05
20°	0.096	0.13	0.01

Dari hasil perhitungan diatas diatas maka daya terbesar yang dihasilkan terjadi pada sudut 40° dengan berat bandul 2 kg. Sedang tegangan dan arus terkecil yang dihasilkan terjadi pada sudut 10° dengan berat bandul 1 kg. Semakin besar sudut kemiringan dan berat bandul, maka daya yang dihasilkan semakin besar juga.

Pada desain prototipe ini, daya yang dihasilkan sangat jauh dari asumsi awal perhitungan. Dimana, pada saat perhitungan daya yang seharusnya dicapai pada sudut 40° dengan beban bandul 2 kg adalah 4,696 watt. Tetapi, pada saat pengujian

dan pengambilan data, daya yang dihasilkan prototipe pada sudut 40° dengan bandul 2 kg adalah 0,97 watt atau sekitar 20 persen dari daya hitungan. Hal ini dikarenakan banyaknya *losses* yang terjadi pada alat. Bisa kemungkinan terjadi pada bearing, one way bearing, ataupun generatornya sendiri. Oleh karena itu, kami sangat menyarankan untuk memakai *generator* PMG (*Permanent Magnet Generator*) dimana *generator* tersebut dapat menghasilkan daya yang tinggi pada putaran rendah. Selain itu, untuk meningkatkan efisiensi alat, kami sangat menyarankan untuk menggunakan bearing yang memiliki *friction* rendah sehingga gesekan antara poros dan bearing dapat diminimalisir dan efisiensi pun menjadi meningkat.

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil Pada desain prototipe ini, daya yang dihasilkan sangat jauh dari asumsi awal perhitungan. Dimana, pada saat perhitungan daya yang seharusnya dicapai pada sudut 40° dengan beban bandul 2 kg adalah 4,696 watt. Tetapi, pada saat pengujian dan pengambilan data, daya yang dihasilkan prototipe pada sudut 40° dengan bandul 2 kg adalah 0,97 watt atau sekitar 20 persen dari daya hitungan. Hal ini dikarenakan banyaknya *losses* yang terjadi pada alat. Bisa kemungkinan terjadi pada bearing, one way bearing, ataupun generatornya sendiri.

5.2 Saran

Oleh karena itu, kami sangat menyarankan untuk memakai *generator* PMG (*Permanent Magnet Generator*) dimana *generator* tersebut dapat menghasilkan daya yang tinggi pada putaran rendah. Selain itu, untuk meningkatkan efisiensi alat, kami sangat menyarankan untuk menggunakan bearing yang memiliki *friction* rendah sehingga gesekan antara poros dan bearing dapat diminimalisir dan efisiensinyapun menjadi meningkat.

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Irasari, Pudji. (2008). *Metode Perancangan Generator Magnet Permanen Berbasis Pada Dimensi Stator Yang Sudah Ada*. Bandung: LIPI.
- Fitzgerald, A. E., dkk.(1997). *Mesin – Mesin Listrik, Edisi keempat*. Jakarta: Erlangga.
- Gillmer, T.C., & Bruce,J.(1987). *Introduction to Naval Architecture*. New York: Naval Institute Press
- Giancoli.(1999). *Fisika (Edisi kelima)*.Erlangga: Jakarta.
- Young,H.D., & Freedman,R.A.(2001).*Fisika Universitas (Edisi Kesepuluh Jilid 1)*.Jakarta: Erlangga
- Anantasena, Yudi. (2009). *Technology Centre For Marine Survey BPPT*.
- Tugas Akhir Muizzul Fadli Hidayat (4212100084).2013

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BIODATA PENULIS



Achmad Rifai lahir di Tulungagung pada 14 Mei 1994. mempunyai hobi bermain catur. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN Gombang I, MTsN Bandung, dan MAN 2 Tulungagung. Penulis melanjutkan ke jenjang perguruan tinggi yaitu di jurusan S1 Teknik Sistem Perkapalan ITS. Semasa perkuliahan, penulis aktif organisasi UKM Catur. Penulis selalu

optimis dan pantang menyerah.

Untuk berdiskusi lebih lanjut mengenai tugas akhir, hubungi penulis melalui :

Email : me.achmadrifai@gmail.com

Facebook : achmad rifai

LineID: me.rifai

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”