

DESAIN DAN IMPLEMENTASI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GELOMBANG LAUT MENGGUNAKAN PENDULUM

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF SEA WAVE POWER PLANT USING THE PENDULUM

Rendy Andhika Putra¹, MasSarwoko, Ir.,Msc², AnggaRusdinar,ST.,MT.,Phd³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹rendvandhikaputra@students.telkomuniversity.ac.id, ²swkknk@telkomuniversity.ac.id,

³anggarusdinar@telkomuniversity.ac.id.

Abstrak

Indonesia merupakan suatu negara kepulauan yang sebagian besar wilayahnya adalah lautan. Lautan merupakan kekayaan alam yang menjadi sumber mata pencaharian bagi para penduduk yang tinggal di sekitarnya. Bukan hanya sebagai mata pencaharian, laut juga dapat dijadikan sebagai sumber energi. Didasari hal tersebut penulis akan merancang pembangkit listrik sebagai sumber energi yang digunakan pada perahu untuk menghasilkan energi listrik sebagai pengganti bahan bakar minyak. Pemanfaatan tenaga ombak laut ini untuk menggerakkan pendulum sebagai aktuator.

Hasil dari penelitian ini adalah sebuah pembangkit listrik tenaga gelombang dengan memakai pendulum seberat 1.25Kg dengan panjang tiang penyangga pendulum 80cm, menggunakan 8 buah roda gigi untuk mempercepat rpm yang masing-masing mempunyai roda gigi yang berbeda-beda yaitu 4 buah 60 roda gigi, 1 buah 40 roda gigi, 1 buah 30 roda gigi, 2 buah 10 roda gigi, 1 buah 52 roda gigi, menggunakan 2 buah *free wheel* yang mempunyai roda gigi yang berbeda yaitu 1 buah *free wheel* 16 roda gigi dan 1 buah *free wheel* 18 roda gigi, masing masing roda gigi terhubung dengan rantai, kemudian tegangan yang dihasilkan dari alat ini adalah sebesar 3.8451V dan menghasilkan daya sebesar 0,657W. Dari hasil tersebut maka alat ini diharapkan dapat menggantikan bahan bakar minyak yang selama ini digunakan para nelayan sebagai sumber daya untuk motor pada kapal.

Kata Kunci : Sumber energi, pembangkit listrik, pendulum, roda gigi, free wheel.

Abstract

Indonesia is an archipelago country that most of its territory is ocean. The oceans are natural wealth a source of livelihood for the residents living in the vicinity. Not just as a livelihood, the sea can also be used as an energy source. However, the use of the oceans as a source of energy is still little done. Based on the authors will design the power plant as a source of energy that is used on a boat to produce electrical energy as a substitute for fuel oil. Utilization of the sea wave power as a pendulum to move the actuator.

Results from this study is a wave power plant using a pendulum weighing 1.25kg with a length of 80cm pendulum poles, using eight pieces of gear to accelerate rpm, each of which has a gear that is different is 4 pieces of 60 gears, 1 fruit 40 gears, 1 piece 30 gears, 2 pieces of 10 gears, 1 piece 52 gears, menggunakan 2 pcs free wheel that has gears different ie 1 unit free wheel 16 gears and 1 free wheel 18 gears , each gear is connected to the chain, then the voltage generated from this tool is at 3.8451V and generate a power of 0,657W. From these results, the tool is expected to replace fossil fuels that have been used by fishermen as a power source for the motor on the boat.

Keyword : Energy source, power generation, pendulum, gears, free wheel

I. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Sebagian besar wilayah Negara Indonesia merupakan perairan, kekayaan alam yang melimpah ruah itu sangat dimanfaatkan oleh para nelayan. Namun pemanfaatan masih termasuk minim dan masih belum sepenuhnya dimanfaatkan sebagai sumber energi. Kian menipisnya bahan bakar minyak di bumi menjadi masalah, terutama bagi para nelayan, dikarenakan bahan bakar minyak yang harganya mulai melonjak tinggi banyak para nelayan yang tidak berlayar tidak adanya kemampuan untuk membeli bahan bakar minyak tersebut menjadi salah satu problem para nelayan.

Di dasari hal tersebut penulis akan merancang pembangkit listrik yang akan di gunakan untuk perahu dengan penggunaan energi listrik sebagai pengganti bahan bakar minyak. Dengan memanfaatkan ombak laut yang tidak ada habisnya sebagai pembangkit listrik hal tersebut merupakan salah satu cara untuk mengurangi

permasalahan bagi para nelayan, dengan adanya perahu listrik kita juga dapat mengurangi polusi udara yang di sebabkan oleh sisa sisa pembakaran bahan bakar minyak.

1.2 Tujuan

1. Menganalisis pengaruh beban pendulum terhadap energi yang dihasilkan.
2. Mendapatkan desain sistem penggerak generator yang baik agar energi listrik yang di hasilkan besar.
3. Menghasilkan energi listrik dengan sumber energi yang efisien dan menggantikan sumber energi penghasil listrik yang sudah mulai langka saat ini.

2. Dasar Teori

2.1 Generator Arus

Generator Arus Searah atau sering disebut juga Generator DC mempunyai komponen dasar yang umumnya hampir sama dengan komponen mesin-mesin listrik lainnya. Secara garis besar adalah alat konversi energy mekanik berupa putaran menjadi energy listrik arus searah. Energi mekanik dipergunakan untuk memutar kumparan kawat penghantar didalam medan magnet^[1]. Generator arus searah terdiri dari dua bagian yaitu stator bagian mesin DC yang diam dan rotor bagian mesin DC yang berputar. Bagian stator terdiri dari: rangka motor, belitan stator, sikat arang, bering, dan terminal box. Sedangkan bagian rotor terdiri dari : komutator, belitan rotor, kipas rotor, dan poros rotor. Secara umum konstruksi generator arus searah dapat kita lihat seperti gambar berikut.

2.2 Rantai.

Jarak yang cukup jauh yang memisahkan anantara dua buah poros mengakibatkan tidak memungkinkannya menggunakan transmisi langsung dengan roda gigi^[2]. Rantai disini merupakan solusi yang dapat digunakan. Rantai adalah salah satu penghubung yang terbuat dari besi dan mempunyai penampang yang cocok disambungkan dengan roda gigi.

2.3 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^[3]. Di samping itu terdapat pula roda gigi yang perbandingan kecepatan sudutnya dapat bervariasi. Ada pula roda gigi dengan putaran yang terputus-putus. Dalam teori, roda gigi pada umumnya dianggap sebagai benda kaku yang hampir tidak mengalami perubahan bentuk dalam jangka waktu lama.

2.4. Gelombang Laut

Gelombang laut adalah pergerakan naik turunnya air dengan arah tegak lurus, permukaan air laut yang membentuk kurva atau grafik sinusoidal. Gelombang atau ombak yang terjai di lautan dapat diklasifikasikan menjadi beberapa macam tergantung kepada gaya pembangkitnya^[5].

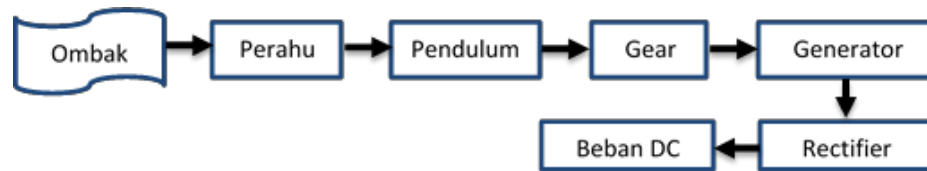
Ada tiga macam gelombang laut yang terbentuk akibat aktivitas angin :

1. Swell adalah gelombang laut dengan periode panjang.
2. Sea adalah gelombang laut tak beraturan yang dibentuk oleh angin.
3. Surf adalah gelombang pecah pada kawasan pantai^[4].

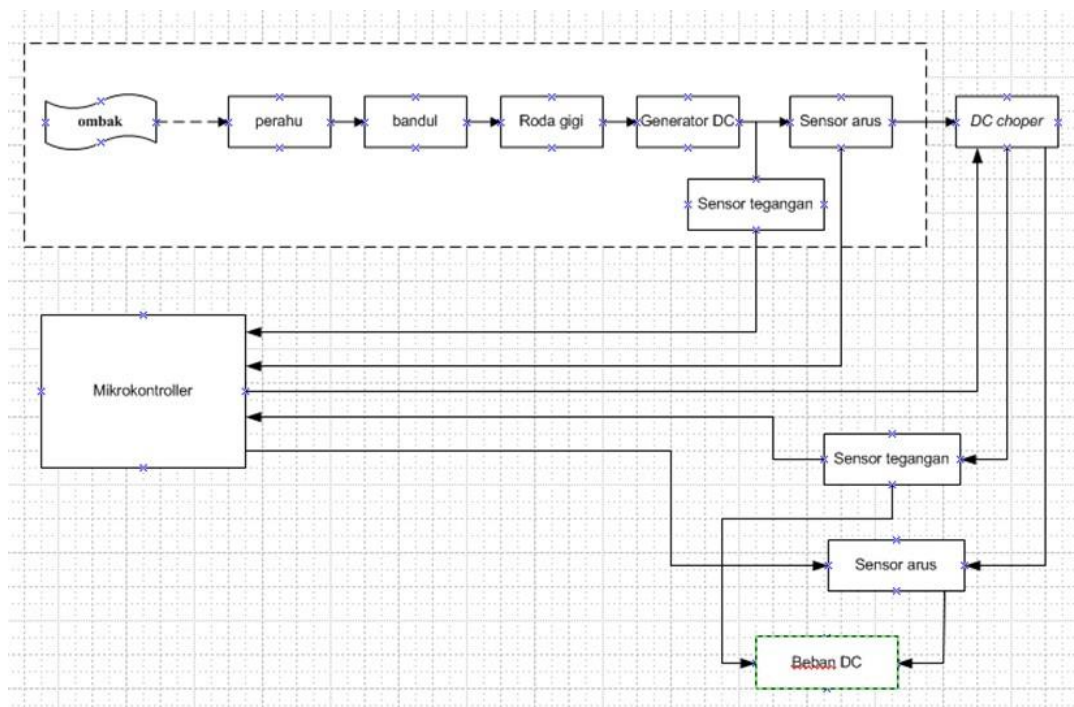
3. Perancangan

Dalam penelitian ini akan dirancang sebuah pembangkit listrik tenaga ombak yang mampu menggerakkan perahu sehingga tidak lagi menggunakan bahan bakar minyak, dalam perancangan sistem dibagi menjadi tiga bagian yaitu perancangan piranti mekanikal, elektronika dan pengukuran. Ombak laut yang bergerak naik turun menggerakkan perahu, akibat gerakan naik turun tersebut bandul yang terhubung langsung dengan perahu akan bergerak memutar, gerakan putar bandul tersebut berfungsi untuk menggerakkan generator DC, Sehingga akan

menghasilkan energi listrik berupa arus dan tegangan DC. Energi yang dihasilkan masuk kedalam sensor arus dan sensor tegangan, sehingga dapat dianalisis setiap keluaranya.



Gambar 1 Diagram Blok



Gambar 2 Flowchart Sistem Pergerakan Robot

3.1 Pembagian Tugas dalam Kelompok

Pengerjaan tugas akhir ini penulis mengerjakan secara berkelompok, jadi lingkup pengerjaannya hanya pada rangkaian mekaniknya saja yang meliputi pelampung piranti mekanik pada rodagigi hingga generator DC dan energi keluaran dari sistem tersebut akan diukur oleh sensor arus dan tegangan untuk mengetahui nilainya dan untuk selanjutnya masuk ke dalam rangkaian DC chopper agar dibuat lebih stabil nilai arus dan tegangannya sebelum masuk ke baterai.

3.2 Perancangan Mekanik

Pada perancangan piranti mekanik kali ini penulis menggunakan dua buah dinamo yang terdiri dari dinamo AC dan dinamo DC, dua buah bandul yang terhubung menggunakan besi dan terhubung dengan gear sepeda 52 gerigi lalu terhubung dengan dua buah free wheel yang masing masingnya digunakan untuk putaran satu arah, disetiap free wheel akan di sambungkan dengan as yang terhubung langsung dengan gear 60 dan di perbesar lagi putaranya menggunakan gear 40 yang terhubung dengan gear 60 dan selanjutnya dibesarkan lagi menggunakan gear 30 yang juga terhubung dengan gear 60 lalu tiap-tiap gear terhubung pada gear 10 pada dinamo yang dihubungkan dengan rantai.



Gambar 3 pembangkit listrik teanga gelombang Tampak Depan

Data perhitungan titik masa bandul

1. Bandul dengan berat + 1,25 Kg (2 buah)
2. Generator DC 2 buah (sebagai alat indikator potensi energi listrik).
3. Lengan bandul jari-jari 100 mm dan panjang 80 cm
4. Konstruksi dari besi L ukuran tebal 5 mm.
5. Bevel gear dengan Z1 = 52 ,Z2 = 16 ,Z3 = 60 ,Z4 = 40 ,Z5 = 60 ,Z6 = 30 ,Z7 = 60 ,Z8 = 10 dan Z9 = 18 ,Z10 = 60 ,Z11 = 10
6. Diaemeter As ukuran 20mm

Titik masa lengan bandul

Data perhitungan awal

Massa Bandul = 1.25kg

Sudut elivasi (α) = 300

Lengan = 0.987 m + 0.013m

= 1 m

$$h = L - (L \times \cos \alpha)$$

h = Ketinggian (m)

L = Lengan bandul (m)

$$h = 1 - (0.987 \times \cos 300)$$

$$h = 0.16 \text{ m}$$

$$v = \sqrt{2 \times g \times h}$$

v = Kecepatan (m/s)

g = Gravitasi (m/a2)

h = Ketinggian (m)

$$v = \sqrt{2 \times 9.81 \times 0.16}$$

$$v = 1.77 \text{ m/s}$$

Untuk menghitung kecepatan sudut yang di hasilkan maka sebagai berikut

$$\omega = v/L$$

ω = Kecepatan sudut (rad/s)

v = Kecepatan (m/s)

L = Lengan bandul (m)

$$\omega = 1.77/0.987$$

$$= 1.79 \text{ (rad/s)}$$

Berikut cara perhitungan pada Torsi

$$r = L \cdot \sin 300$$

$$r = 0.987 \times 0.5$$

$$= 0.49 \text{ m}$$

$$\tau = m \cdot g \cdot r$$

τ = Torsi (Nm)

m = Massa bandul (kg)

g = Gravitasi (m/s2)

r = Jarak posisi bandul (m)

$$\begin{aligned} \tau &= 1.25 \times 9.81 \times 0.49 \\ &= 6.0086 \text{ Nm} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan diatas dapat kita temukan daya nya dengan

$$\begin{aligned} P &= \tau \cdot \omega \\ P &= 6.0086 \times 1.79 \\ &= 10.75 \text{ watt} \end{aligned}$$

Disamping itu mekanisme yang saya pakai untuk penggerak utama yaitu Sproket penggerak utama (*gear*) dan *free wheel*. Gear yang saya pakai untuk mekanisme alat ini yaitu sebagai berikut :

- Jumlah gigi gear : 54mm (bicycle gear)
: (60 mm, 60 mm, 40 mm, 30mm, 10mm, 10mm) 35B.
- Jumlah gigi free wheel : 18mm (1/2×1/8×18T), dan
: 16mm (1/2×1/8×16T) bicycle gear

Alat ini menggunakan perbandingan gear untuk meningkatkan kecepatan rpmnya.

Dan berikut adalah rumus perhitungan untuk mendapatkan nilai rpm dengan perbandingan gear.

$$d_1 \times n_1 = d_2 \times n_2$$

d_1 = Diameter roda gigi 1

d_2 = Diameter roda gigi 2

n_1 = Rpm roda gigi 1

n_2 = Rpm roda gigi 2

4. Pengujian dan Analisis Sistem

4.1 Pengujian Keluaran Tegangan

Dari pengujian yang dilakukan sebanyak duapuluh kali percobaan dalam tiga kondisi, didapatkan tegangan keluaran sebagai berikut.

Tabel 1 Tegangan pada posisi Swell, Sea, dan Surf..

Percobaan	Tegangan yang Dihasilkan		
	<i>Swell</i>	<i>Sea</i>	<i>Surf</i>
1	0.012	0.113	1.325
2	0.015	0.330	1.401
3	0.022	0.203	2.223
4	0.019	0.491	4.532
5	0.020	0.248	3.021
6	0.011	0.380	2.780
7	0.025	0.222	3.109
8	0.017	0.310	4.682
9	0.023	0.647	2.390
10	0.010	0.530	3.754
11	0.009	0.390	4.378
12	0.121	0.762	3.902
13	0.082	0.831	5.831
14	0.032	0.201	3.908
15	0.054	0.636	4.342
16	0.092	0.921	5.843
17	0.111	1.127	4.730
18	0.045	0.650	3.921
19	0.031	0.834	5.961
20	0.231	0.760	4.869
Rata-rata	0.0491	0.5293	3.8451

Dari table diatas hasil rata-rata tegangan yang dihasilkan oleh alat yang dibuat pada posisi Swell = 0.0491V, Sea = 0.5293V, Surf = 3.8451V. Dapat terlihat bahwa posisi Surf memiliki nilai yang tertinggi, sehingga posisi Surf merupakan posisi terbaik untuk pembangkit listrik tenaga gelombang yang dibuat.

4.2 Pengujian Keluaran Arus

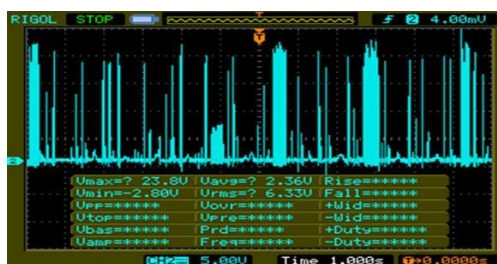
Dari pengujian yang dilakukan sebanyak duapuluh kali percobaan didapatkan arus sebagai berikut:
Tabel 2. Hasil Arus Rata-rata

Percobaan	Tegangan (v)	Arus (mA)
1	1.325	6.022727
2	1.401	6.368182
3	2.223	10.10455
4	4.532	20.60000
5	3.021	13.73182
6	2.780	12.63636
7	3.109	14.13182
8	4.682	21.28182
9	2.390	10.86364
10	3.754	17.06364
11	4.378	19.90000
12	3.902	17.736364
13	5.831	26.504545
14	3.908	17.763636
15	4.342	19.736364
16	5.843	26.559091
17	4.730	21.500000
18	3.921	17.822727
19	5.961	27.095455
20	4.869	22.131818
Rata-rata	3.8451	17.477727

Dari table 2, arus yang dihasilkan ketika pada posisi Surf bernilai 17.477727 mA, karna nilai tegangan yang dihasilkan pada posisi Surf memiliki nilai tertinggi dibandingkan posisi yang lain maka arus yang dihasilkan pada posisi Surf sebanding dengan nilai tegangan yang dihasilkan.

4.3 Pengujian Rectifier

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui bentuk sinyal tegangan keluaran dari linear alternator, nilai Vmaks , nilai Vmin, dan keberhasilan mengubah dari tegangan AC menjadi tegangan DC. Bentuk sinyal keluaran rectifiire hasil pengujian ditunjukkan oleh gambar berikut.



Gambar 4. Keluaran pada rectifier

Dari Gambar 4.1 dapat dilihat Besarnya Vmaks diperoleh sebesar 23.8V dan besar Vmin sebesar -2.80V. Dapat disimpulkan rangkaian rectifier telah dapat mengubah tegangan AC menjadi tegangan DC

4.4 Pengujian dinamo DC

Bentuk sinyal keluaran dinamo DC hasil pengujian ditunjukkan oleh gambar berikut

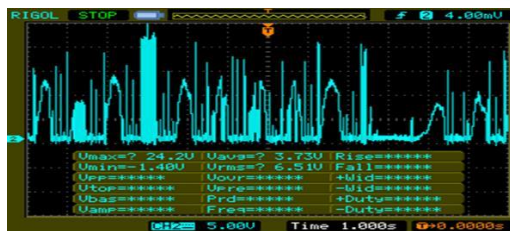


Gambar 5. Hasil Tegangan Pada osiloskop

Besarnya V_{maks} diperoleh sebesar 14.6V dan besar V_{min} 3.00V. Dapat disimpulkan tegangan yang dihasilkan telah sesuai dengan apa yang diinginkan.

4.5 Pengujian Penggabungan Dinamo

Bentuk sinyal keluaran dari penggabungan dinamo secara seri pada osiloskop di ditampilkan pada gambar di bawah ini:



Gambar 6. Hasil penggabungan dinamo

Dari gambar dapat terlihat hasil keluaran dari penggabungan dinamo, nilai tegangan maksimal (V_{maks}) yang dihasilkan sebesar 24.2V dan tegangan minimum (V_{min}) sebesar -1.4V. Dari hasil tersebut penggabungan yang dilakukan menghasilkan tegangan DC.

4.6 Pengujian Daya

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui bentuk sinyal serta daya optimum yang dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga gelombang.

No	Resistor (Ω)	Tegangan (V)	Arus (mA)	Daya (W)
1	100	7.02	8.4	0.591
2	200	9.48	6.9	0.657
3	300	10.0	5.1	0.512
4	400	11.7	4.3	0.503
5	500	13.6	3.8	0.524
6	600	10.8	3.0	0.324
7	700	10.7	2.3	0.246
8	800	13.0	2.5	0.325
9	900	13.2	2.2	0.298
10	1000	13.7	2.0	0.274
Daya optimum (W)				0.657
Tegangan optimum (V)				9.48
Arus optimum (mA)				6.9

Dari pengujian yang dilakukan dihasilkan bentuk sinyal tegangan DC besar daya di hasilkan sebagai berikut. Daya optimum yang dihasilkan sebesar 0.657W.

5 Kesimpulan

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan pada desain dan implementas pembangkit listrik tenaga gelombang laut menggunakan pendulum, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu:

1. Hasil terbaik yang diperoleh dari pembangkit listrik tenaga gelombang ini yaitu pada posisi "Surf" yaitu sebesar 3.8451V.
2. Tegangan yang dihasilkan pada percobaan di laut sebesar 3.8451V dan percobaan manual sebesar 9.48V hasil perbedaan tersebut dikarnakan alat bekerja tidak secara maksimal yaitu sudut elevasi tidak sesuai dengan yang seharusnya yaitu 30° dan juga keterbatasan medan pada saat percobaan. Yaitu gelombang laut yang didapat sangat rendah.
3. Berdasarkan pengujian yang dilakukan dan tegangan yang dihasilkan keluaran arus pada alat saat berada di laut sebesar 17.4777mA dan percobaan manual sebesar 6.9mA.

4. Berdasarkan keseluruhan percobaan daya yang dihasilkan dilaut sebesar 0.065W dan pada saat percobaan manual 0.657W. Dari daya yang dihasilkan maka alat yang dibuat dapat memenuhi tujuan dari tugas akhir yaitu sebagai sumber catu daya pengisian aki.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis pada desain dan implementas pembangkit listrik tenaga gelombang laut menggunakan pendulum, masih terdapat beberapa kekurangan. Oleh sebab itu, dibutuhkan beberapa perbaikan dan pengembangan untuk penelitian lebih lanjut yaitu:

1. Menggunakan beban yang lebih besar pada pendulum untuk menghasilkan putran gear yang maksimum
2. Perbandingan pada roda gigi di perbesar agar rpm yang dihasilkan untuk dinamo maksimal
3. Dinamo yang dipakai teganganya lebih besar agar menghasilkan tegangan yang cukup untuk pengisian aki.
4. Menggabungkan dengan banyak sumber generator untuk mempercepat pengisian aki.

Daftar Pustaka :

- [1]. Generator Arus Searah. 2010. <http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/3/Chapter%20II.pdf> diakses(10 Desember 2014).
- [2]. Sularso MSME. Kiyokatsu Suga. 1991. "Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin". Jakarta. PT. Pradnya Paramita.
- [3]. Chan, Yefri. 2010. "Teori Dasar Roda gigi". Universitas Darma Persada.
- [4]. Lanuru, Mahatma, Suarni. 2011. "Pengantar Oseanografi". Makasar. Universitas Hasanudin.
- [5]. Mulyono, Sobri. 2014. "Desain dan Implementasi Pembangkit Listrik Tenaga Ombak Laut Menggunakan Linier Altenator System Untuk Pengisian Maintenance Free Battery 12 Volt di Perahu Nelayan Elektrik". Bandung. Universitas Telkom