

SKRIPSI

**ANALISA PERHITUNGAN OUTPUT PADA PEMBANGKIT
LISTRIK TENAGA GELOMBANG LAUT**



Oleh :

ARDIANSYAH IDRIS
105 82109812

SULKIFLI
105 8296912

PROGRAM STUDI TEKNIK LISTRIK

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

2019



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221

Website: www.unismuh.ac.id, e_mail: unismuh@gmail.com

Website: <http://teknik.unismuh.makassar.ac.id>

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi syarat ujian guna memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) Program Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

Judul Skripsi : **ANALISA PERHITUNGAN OUTPUT PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GELOMBANG LAUT**

Nama : 1. Ardiansyah Idris
2. Sulkiffi

Stambuk : 1. 10582 1098 12
2. 10582 969 12

Makassar, 19 Juni 2019

Telah Diperiksa dan Disetujui
Oleh Dosen Pembimbing;

Pembimbing I

Pembimbing II


Dr. Eng. Ir. H. Zulfajri Basri Hasanuddin, M.Eng


Ir. Abdul Hafid, M.T

Mengetahui,

Ketua Jurusan Elektro


Adriani, S.T., M.T.
NBM : 1044 202

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ
PENGESAHAN

Sripsi atas nama Ardiansyah Idris dengan nomor induk Mahasiswa 10582 1098 12 dan Sulkifli dengan nomor induk Mahasiswa 10582 969 12, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0003/SK-Y/20201/091004/2019, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Senin tanggal 17 Juni 2019.

15 Syawal 1440 H

Makassar,

19 Juni 2019 M

Panelis Ujian :

1. Pengawas Umum

a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar

Prof. Dr. H. Abdul Rahman Rahim, SE., MM.

b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Dr. Ir. H. Muh. Arsyad Thaha, M.T

2. Penguj

a. Ketua : Dr. Umar Katu, S.T.,M.T

b. Sekretaris : Rahmania, S.T.,M.T

3. Anggota

1. Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc

2. Andi Fajaruddin, S.T.,M.T

3. Adriani, S.T.,M.T

Mengetahui :

Pembimbing I

Dr. Eng. Ir. H. Zulfajri Basri Hasanuddin, M.Eng

Pembimbing II

Ir. Abdul Hafid, M.T

Dekan

Ir. Hamzah Al Imran, S.T., M.T.,IPM
NBM : 855 500

KATA PENGANTAR



Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga proposal yang berjudul **“ANALISA PERHITUNGAN OUTPUT PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GELOMBANG LAUT ”** ini dapat diselesaikan. Penyusunan proposal ini diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan kelulusan pada Universitas Muhammadiyah Makassar Fakultas Teknik, Teknik Elektro.

Penulis menyadari penulisan proposal ini dapat terselesaikan karena bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Orang Tua kami yang tercinta yang selalu mendoakan, memberikan motivasi dan pengorbanan yang tak henti-hentinya baik dari segi moril maupun materi kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal ini.
2. Kakak dan adik tercinta yang tak pernah bosan mendukung dan memberikan bantuan materi serta doa hingga penulis bisa bertahan sampai tahap ini.
3. Bapak Dr. H Rahman Rahim SE.,MM selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar.
4. Bapak Hamzah Al Imran ST.,MT selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
5. Adriani, S.T.,M.T selaku Ketua Jurusan Prodi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

6. Bapak Dr. Eng. Ir. H.Zulfazri Basri Hasanuddin, M.Eng. selaku Pembimbing 1 dan Ir. Abd Hafid, MT. selaku Pembimbing 2 yang telah banyak memberikan bantuan dan arahan dalam penyusunan proposal ini.
7. Segenap Dosen Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar untuk ilmu bermanfaat yang telah diajarkan dan seluruh Staf Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar atas bantuannya.
8. Rekan- rekan mahasiswa Fakultas Teknik, terkhusus saudaraku angkatan 2012 yang dengan keakraban dan persaudaraannya banyak membantu dalam menyelesaikan proposal penelitian ini.
9. Pihak-pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah mendukung penulisan proposal ini.

Akhir kata penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dan penulis berharap semoga proposal ini dapat bermanfaat

Makassar, 13 Februari 2019

Sulkifli dan Ardiansyah idris

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PERSETUJUAN	i
KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR GAMBAR.....	iv
DAFTAR TABEL	v
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Batasan Masalah.....	3
D. Tujuan Penelitian	3
E. Manfaat Penelitian	4
F. Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
A. Penelitian Terdahulu	6
B. Motor Generator DC	8
C. Komponen Motor Generator DC.....	9
D. Charge Controller.....	11
E. Baterai Atau Aki 12 Volt.....	13
F. Turbin Air	14
1. Turbin Impuls.....	15
2. Turbin Reaksi.....	15

G. Transmisi Putaran	16
H. Sabuk Mesin (V-Belt)	17
I. Rantai Penghubung Dan Sprocket	19
J. Perhitungan Daya Pada Rangkaian DC	19

BAB III METODE PENELITIAN

A. Tempat Dan Waktu Penelitian	21
B. Alat Yang Digunakan	21
1. AVOMeter	21
2. Mistar Meter	22
C. studi Literatur	22
D. Metode Pengolahan Data Dan Analisis	23
E. Bagian-Bagian Perancangan	23
F. Flow Chart	24

BAB IV HASIL DAN ANALISIS

A. Blok Diagram Prinsip Kerja Alat	25
B. Implementasi Sistem	27
C. Lokasi Pengujian Alat	28
D. Tabel Hasil Pengujian PLTGL Dilokasi	28
E. Tabel Data Penyimpanan Listrik Pada Aki	29
F. Tabel Pengujian Beban PLTGL Dilokasi	30
G. Perhitungan Daya Yang Dihasilkan PLTGL	30
H. Tabel perhitungan Daya Pada Lokasi	32
I. Spesifikasi PLTGL Yang Digunakan	33

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan	34
B. Saran.....	34



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Prinsip Kerja Motor Generator DC	8
Gambar 2. Arus Induksi Dalam Sebuah Induktor	9
Gambar 3. Bagian-Bagian Motor Generator DC	10
Gambar 4. Charge Controller	12
Gambar 7. AKI (Akumulator).....	13
Gambar 8. Perancangan Turbin Air Sebagai Suplay Listrik ke Rumah	14
Gambar 9. Turbin Impuls.....	15
Gambar 10. Turbin Reaksi	16
Gambar 11. Transmisi Putaran.....	17
Gambar 12. Sabuk Mesin (V-Belt)	17
Gambar 13. Penggunaan Sabuk Mesin (V-Belt).....	18
Gambar 14. Rantai Penghubung dan Sprocket.	19
Gambar 15. AVometer	21
Gambar 16. flow chart	24
Gambar 17 Blok Diagram Prinsip Kerja Alat	25
Gambar 18 instalasi kelistrikan.....	26
Gambar 19 Pengujian Alat PLTGL.....	27
Gambar 20 Konstruksi Mekanik Transmisi Putaran	27
Gambar 21 Lokasi Pengujian Alat	28

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Hasil Pengujian PLTGL Dilokasi	28
Tabel 2 Data Penyimpanan Listrik Pada Aki	29
Tabel 3 Pengujian Beban PLTGL Dilokasi	30
Tabel 4 Perhitungan Daya	32
Tabel 5 Spesifikasi PLTGL Yang Digunakan	33



ANALISA PERHITUNGAN OUTPUT PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GELOMBANG LAUT

ARDIANSYAH IDRIS
10582109812

SULKIFLI
1058296912

Ardiansyahidris848@gmail.com

zteknik99@gmail.com

ABSTRAK

Analisa perhitungan output pada pembangkit listrik tenaga gelombang laut di bimbing oleh Zulfajri Basri Hasanuddin dan Abd Hafid. Energi listrik merupakan sumber energi yang sangat penting bagi kehidupan manusia baik untuk kegiatan industri, kegiatan komersial maupun dalam kehidupan sehari-hari dengan memanfaatkan sumber daya alam yang dapat menghasilkan listrik seperti Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut (PLTGL). Dalam penelitian ini ditujuakan untuk menganalisis berapa besar tegangan listrik yang dihasilkan dari pembangkit listrik tenaga gelombang laut (PLTGL). Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah membandingkan berapa besar listrik yang dihasilkan dari waktu operasi dimulai dari jam 09:00 – 18:00, terhadap beban lampu 5 watt. Dari penelitian selama 9 jam diperoleh hasil bahwa PLTGL dapat menghasilkan listrik mulai dari 10,6 V hingga 13,8 V. Tegangan yang tersimpan pada aki mulai dari 12,3 V sampai 12,1 V. Besar kecilnya tegangan yang dihasilkan PLTGL tergantung dari ketinggian ombak, serta jumlah ombak yang menghantam pelampung.

Kata kunci : PLTGL, gelombang laut ,generator.

ABSTRACT

Analysis of calculation of output at sea wave power plants is guided by Zulfajri Basri Hasanuddin and Abd Hafid. Electrical energy is an energy source that is very important for human life both for industrial activities, commercial activities and in daily life by utilizing natural resources that can produce electricity such as the Sea Wave Power Plant (PLTGL). In this study, it is intended to analyze how much electricity is generated from the ocean wave power plant (PLTGL). The method used in this study is to compare how much electricity is generated from the operating time starting at 09:00 - 18:00, against the load of 5 watt lights. From the 9-hour study, the results show that PLTGL can generate electricity from 10.6 V to 13.8 V. The voltage stored in the battery starts from 12.3 V to 12.1 V. The size of the voltage generated by the PLTGL depends on the height waves, and the number of waves that hit the buoy.

Keywords: PLTGL, ocean waves, generators

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Seiring dengan perkembangan peradaban manusia, tingkat kebutuhan energi manusia juga semakin meningkat. Pemenuhan energi ini sebagian besar berasal dari pembakaran bahan bakar fosil yang berumur jutaan tahun dan tidak dapat diperbaharui dan sebagian kecil saja yang berasal dari penggunaan sumber energi lain yang lebih terbarukan. Saat ini telah banyak jenis teknologi yang dikembangkan pada pembangkit listrik terbarukan seperti; pembangkit listrik tenaga matahari (PLTS), pembangkit listrik tenaga angin (PLTA), pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH) dan masih banyak lagi yang lainnya.

Melihat topografi pulau Sulawesi Selatan yang dikelilingi oleh laut, maka jenis pembangkit listrik terbarukan seperti *Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut (PLTGL)* dapat diperhitungkan serta diterapkan di Sulawesi Selatan. Jenis pembangkit listrik tenaga gelombang laut ini selain ramah lingkungan, dalam pembangunan dan pengoperasiannya tindakan merusak ekosistem alam di Sulawesi Selatan, sehingga Sulawesi Selatan akan tetap menjadi daerah tujuan wisata yang terkenal dengan keindahan alamnya. Gelombang laut adalah salah satu bentuk energi alternatif yang bisa digunakan untuk memenuhi kebutuhan manusia. Seperti kita ketahui, bahwa lautan terdiri dari unsur air merupakan sumber kehidupan untuk makhluk hidup. Lautan memiliki peranan yang begitu penting, tanpa adanya lautan maka baik manusia, tumbuhan maupun hewan tentu tak akan bisa hidup.

Tak hanya sebagai sumber dari kehidupan saja, gelombang laut juga dapat dimanfaatkan untuk penggerak turbin sebagai penghasil listrik untuk kebutuhan manusia sebagai alat penerangan. Dengan memanfaatkan gelombang laut sebagai salah satu energi terbarukan, juga tak akan menghasilkan emisi gas berbahaya yang menimbulkan polusi udara.

Gelombang laut disebabkan oleh angin yang bertiup di atas permukaan laut, dan di beberapa wilayah di dunia anginnya cukup konsisten dan kuat untuk menghasilkan gelombang besar terus menerus. Gelombang besar air laut adalah sumber energi dan energi yang dihasilkan dari gelombang laut memiliki potensi besar untuk menjadi sumber energi terbarukan yang signifikan di beberapa bagian dunia di tahun-tahun mendatang. Mengenai keunggulannya, energi gelombang laut merupakan sumber energi terbarukan yang benar-benar bersih dimana bahan bakar tidak diperlukan dan tidak ada masalah dengan emisi dan/atau limbah seperti pada beberapa sumber energi lainnya. Energi gelombang laut memiliki potensi yang sangat besar, dapat menghasilkan sejumlah besar energi (sumber daya gelombang laut yang bermanfaat diperkirakan lebih besar dari 2 TWatt). dan juga pada proyek energi gelombang laut, sekali pembangkit dibangun mereka tidaklah mahal untuk dioperasikan dan dipelihara. Energi gelombang memiliki keuntungan dalam prediktabilitasnya. Banyak orang tidak tahu bahwa energi gelombang laut sangat bisa diprediksi. Gelombang yang disebabkan oleh angin dapat diprediksi lima hari sebelumnya. Oleh karena itu dibutuhkan kajian ilmiah untuk menghitung keluaran yang dihasilkan oleh Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut (PLTGL).

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian yang terdapat dalam latar belakang di atas, maka masalah yang akan di bahas dalam penelitian ini dapat diidentifikasi sebagai berikut:

1. Menganalisis prinsip kerja PLTGL berdasarkan alat yang telah dirancang?"
2. Bagaimana menganalisis besar daya yang diperoleh dari pembangkit listrik tenaga gelombang laut?"

C. Batasan Masalah

Dengan mengacu pada masalah yang telah dirumuskan, maka tujuan penelitian ini adalah:

1. Prinsip kerja Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut (PLTGL) secara sederhana.
2. Menghitung output yang dihasilkan Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut (PLTGL).

D. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk menjelaskan prinsip kerja Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut (PLTGL).
2. Untuk menganalisis output daya yang dikeluarkan oleh Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut (PLTGL)

E. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dapat dijadikan sebagai panduan dalam merancang serta menganalisis perhitungan output daya yang dihasilkan dari sebuah Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut.
2. Memanfaatkan gelombang laut sebagai sumber energi pembangkit listrik.

F. Sistematika Penulisan

Untuk mendapatkan gambaran umum isi tulisan, sistematika penulisan tugas akhir ini terdiri dari 5 bab, penulis membuat sistematika penulisan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN : Dalam bab ini studi yang dimaksudkan untuk mendapatkan pengetahuan serta landasan teori dari berbagai buku, referensi, dan sumber lainnya yang berhubungan dengan permasalahan yang dibahas.

BAB II TUJUAN PUSTAKA : Yaitu dengan mendiskusikan data atau sumber mengenai perancangan alat ini dengan dosen dan orang-orang yang telah mendalami dan menguasai hal tersebut.

BAB III METODE PENELITIAN : Yaitu bagaimana menjelaskan mengenai konsep perancangan yang akan digunakan serta pengumpulan komponen-komponen yang akan dipakai dalam pelaksanaan penelitian.

BAB IV HASIL DAN ANALISIS

Pada bab ini berisi tentang hasil kerja dari pembangkit listrik tenaga gelombang laut(PLTGL), dan analisa keluaran yang dihasilkan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisi kesimpulan dan saran.



BAB II

TINJAUAN TUSTAKA

A. Penelitian Terdahulu

Penelitian-penelitian terdahulu mengenai perancangan pembangkit listrik terbarukan dengan menggabungkan dua atau lebih pembangkit listrik dengan jenis yang berbeda telah banyak dilakukan oleh beberapa peneliti. Berikut adalah beberapa peneliti tersebut:

Luthfi Prasetya Kurniawan, Sardono Sarwito, dan Indra Ranu Kusuma, **Studi Perancangan Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Tipe Salter Duck.**

Dalam tulisannya, pengumpulan data lapangan berupa data ketinggian dan panjang gelombang, data tegangan, arus yang dihasilkan prototype, data-data pendukung lainnya yang dibutuhkan untuk perhitungan. Pada analisa dan perhitungan dari salter duck berupa dimensi dan daya yang dihasilkan oleh prototype. Analisa perhitungan yang dilakukan meliputi perhitungan konstruksi dari prototype salter duck dan perhitungan dari daya yang dihasilkan oleh prototype salt duck. Dari hasil perhitungan dan uji coba dari prototype didapatkan hasil yang berbeda. Dimana berdasarkan perhitungan daya yang dihasilkan sebesar 7.89 Watt sedangkan melalui uji coba didapatkan hasil 0.4 mWatt.

Besarnya panjang gelombang dan tinggi gelombang mempengaruhi sistem kerja dari salter duck serta hasil keluaran daya. Mekanisme yang digunakan pada penelitian untuk mengkonversi gerakan nodding masih kurang berhasil. Hal ini

diindikasikan dengan perubahan gerak translasi menjadi rotasi yang kurang sukses. Sehingga gaya rotasi yang diubah oleh dynamo menjadi energi listrik juga kecil.

Ferri Rifki Rizaldi, *Analisis Debit Andalan Dan Simulasi Tampungan Untuk Pengembangan PLTA Pumped Storage Di Pintu Air Tulungagung Selatan.*

Dalam paper ini, metode yang digunakan adalah, *Metode karakteristik aliran (Flow Characteristic)*. Metode Flow Characteristic Metode Flow Characteristic berhubungan langsung dengan basis tahun normal, tahun kering, dan tahun basah. Yang dimaksud debit berbasis tahun normal adalah jika debit rata-rata keseluruhan ($Q_{rt} = Q_t$). Untuk debit berbasis tahun kering adalah jika debit rata-rata tahunannya lebih kecil dari debit rata-rata keseluruhan tahun ($Q_{rt} < Q_t$). Sedangkan untuk debit berbasis tahun basah adalah jika debit rata-rata keseluruhan tahun ($Q_{rt} > Q_t$). Q_{rt} adalah debit rata-rata tahunan, sedangkan Q_t adalah debit rata-rata semua tahun.

Perhitungan debit andalan dengan metode ini antara lain memakai data yang didapatkan berdasar karakteristik alirannya.

Metode ini umumnya dipakai untuk:

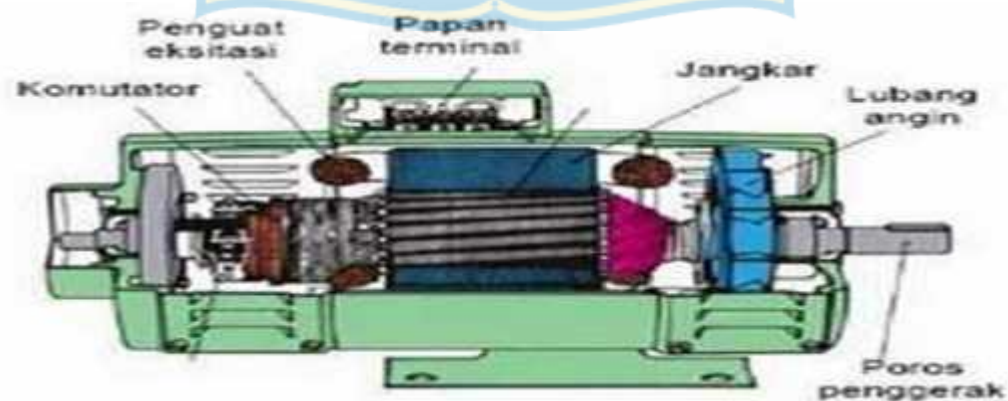
- 1) Daerah pengaliran sungai (DPS) dengan fluktuasi maksimum dan minimumnya relatif besar dari tahun ke tahun.
- 2) Kebutuhan yang relatif tidak konstan sepanjang tahun.
- 3) Data yang tersedia cukup panjang.

Berdasarkan hasil perhitungan debit andalan yang dilakukan dengan 4 (empat) Metode, maka dapat disimpulkan besarnya debit andalan yang mendekati

kapasitas Turbin minimum yaitu sebesar 17m³/dt, perhitungan yang mendekati dengan kapasitas turbin minimum yaitu dengan perhitungan Metode Karakteristik Aliran (Flow Characteristic) karena menghasilkan debit dengan keandalan 97,3% dengan hasil perhitungan sebesar pada debit inflow 18,678 m³/dt, dan debit outflow 18,559 m³/dt.

B. MOTOR GENERATOR DC

Motor generator DC berfungsi untuk mengubah energi mekanis yang didapatkan dari mesin menjadi energi listrik, menghasilkan arus searah, motor generator DC memsuplai kebutuhan listrik pada mobil sewaktu mesin hidup. Tetapi apabila jumlah pemakaian listrik lebih besar daripada yang dihasilkan motor generator DC, maka baterai ikut memikul beban kelistrikan tersebut. Prinsip Kerja Motor generator DC. Untuk memahami prinsip kerja motor generator DC, sebelumnya kita harus tahu tentang Hukum Faraday yang berbunyi *"Bila sebuah konduktor digerak-gerakkan memotong garis gaya magnet, maka pada konduktor akan mengalir arus listrik,* Seperti pada gambar di bawah, medan magnet di dalam lilitan akan berubah yang mengakibatkan gaya gerak listrik, sehingga arus akan mengalir. Hal ini disebut dengan induksi elektromagnet.



Gambar 1. Prinsip Kerja Motor Generator DC

Arus induksi di dalam sebuah konduktor dapat dipahami dengan menggunakan *Kaidah Tangan Kanan Fleming* seperti berikut:

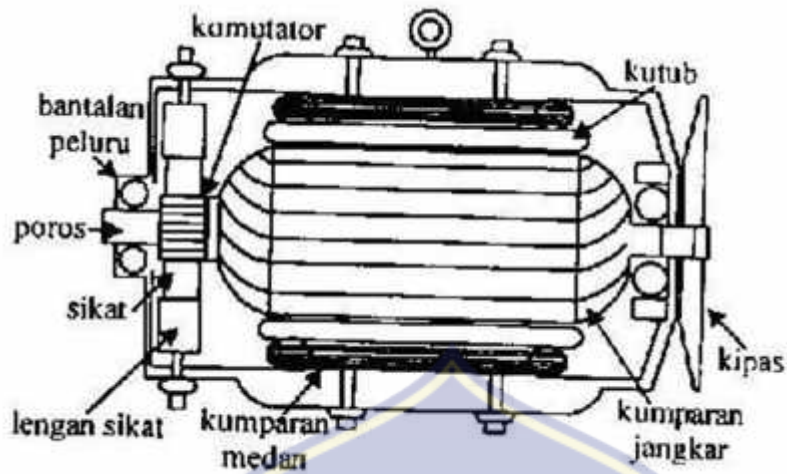
- 1) Jari telunjuk menunjukkan arah medan magnet.
- 2) Ibu jari menunjukkan gerak konduktor.
- 3) Jari tengah menunjukkan arah arus induksi.



Gambar 2. Arus Induksi Dalam Sebuah Induktor

C. KOMPONEN MOTOR GENERATOR DC

Didalam sebuah motor generator DC terdapat sebuah magnet yang dapat berputar dan sebuah kumparan tetap. Bila roda sepeda di putar dan pada motor akan memutar sehingga roda akan memutar magnet biasanya motor dapat menghasilkan tegangan 6 sampai 12 Volt. Magnet sebagai sumber arus listrik pada kumparan, yaitu pada saat magnet bergerak mendekati dan menjauhi kumparan, pada ujung-ujung kumparan timbul beda potensial yang menyebabkan timbulnya arus listrik pada kumparan. Beda potensial yang ditimbulkan disebut GGL induksi (gaya gerak listrik).



Gambar 3. Bagian-bagian motor generator DC

Adapun bagian-bagian dalam motor generator DC sebagai berikut :

1) Roda motor

Bagian atas motor (bagian yang dapat berputar) dihubungkan pulley bergerak. Pada proses itulah terjadi perubahan energi gerak menjadi energi listrik. Generator (motor) merupakan alat yang prinsip kerjanya berdasarkan induksi elektromagnetik.

2) Sumbu motor generator DC

Sumbu motor generator DC berfungsi untuk menghubungkan antara roda motor dengan magnet yang terdapat dalam tabung motor sehingga posisi magnet dalam tabung akan tetap seimbang saat roda motor mulai berputar.

3) Magnet

Magnet yang terdapat dalam tabung motor berfungsi untuk menghasilkan listrik dengan cara radiasi gelombang yang akan diterima oleh kawat kumparan yang telah terlilit pada inti besi.

4) Inti Besi

Inti besi yang terdapat dalam tabung motor berfungsi sebagai tempat kawat kumparan melekat. Sehingga kawat kumparan akan lebih efisien dalam menerima radiasi gelombang magnet yang dihasilkan.

5) Kawat Kumparan

Kawat kumparan adalah sebuah material yang terbuat dari tembaga yang dapat menghasilkan listrik apabila terkena radiasi dari gelombang magnet disekitarnya.

D. CHARGE CONTROLLER

Charge controller adalah peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah yang diisi ke baterai dan diambil dari baterai ke beban. Fungsinya antara lain mengatur overcharging (kelebihan pengisian karena baterai sudah penuh), dan kelebihan voltase dari Alternator. Kelebihan voltase dan pengisian akan mengurangi umur baterai. Charge controller menerapkan teknologi pulse width modulation (PWM), untuk mengatur fungsi pengisian baterai dan pembebasan arus dari baterai ke beban.

Beberapa fungsi detail dari charge controller adalah sebagai berikut:

- 1) Mengatur arus untuk pengisian ke baterai, menghindari over charging, dan overvoltage.
- 2) Mengatur arus yang dibebaskan atau diambil dari baterai agar baterai tidak 'full discharge', dan overloading.
- 3) Monitoring temperatur baterai.

Charge controller yang baik biasanya mempunyai kemampuan mendeteksi kapasitas baterai. Bila baterai sudah penuh terisi maka secara

otomatis pengisian arus dari alternator akan berhenti. Cara deteksi adalah melalui monitor level tegangan baterai. Charge controller akan mengisi baterai sampai level tegangan tertentu, kemudian apabila level tegangan drop, maka baterai akan diisi kembali. Charge controller biasanya terdiri dari: 1 input (2 terminal) yang terhubung dengan output alternator, 1 output (2 terminal) yang terhubung dengan baterai atau aki dan 1 output (2 terminal) yang terhubung dengan beban (load). Arus listrik DC yang berasal dari baterai tidak mungkin masuk ke panel sel surya karena biasanya ada 'diode protection' yang hanya melewatkan arus listrik DC dari alternator ke baterai, bukan sebaliknya.

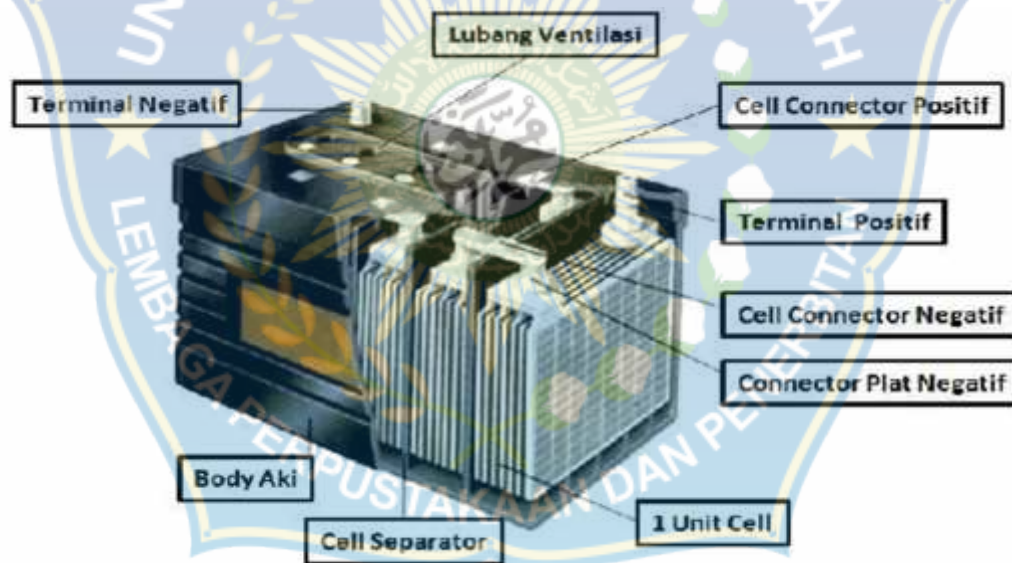
Charge Controller bahkan ada yang mempunyai lebih dari 1 sumber daya, yaitu dari matahari, tapi juga bisa berasal dari tenaga angin ataupun mikro hidro (turbin air).



Gambar 4. Charge Controller

E. BATERAI / AKI 12 VOLT

Baterai atau aki, atau bisa juga accu adalah sebuah sel listrik dimana di dalamnya berlangsung proses elektrokimia yang reversibel (dapat berbalikan) dengan efisiensinya yang tinggi. Yang dimaksud dengan proses elektrokimia reversibel, adalah di dalam baterai dapat berlangsung proses perubahan kimia menjadi tenaga listrik (proses pengosongan), dan sebaliknya dari tenaga listrik menjadi tenaga kimia, pengisian kembali dengan cara regenerasi dari elektroda-elektroda yang dipakai, yaitu dengan melewati arus listrik dalam arah (polaritas) yang berlawanan di dalam sel.



Gambar 7. AKI (Akumulator).

Baterai atau AKI juga merupakan suatu alat electrochemical yang dapat merubah energi kimia menjadi energi listrik melalui reaksi kimia kelistrikan. Fungsi baterai harus bisa mengikuti kondisi kendaraan.

Adapun fungsi-fungsi baterai yang mampu mengikuti kondisi kendaraan sebagai berikut:

1. Dapat mensuplai semua peralatan listrik.
2. Apabila sistem pengisian rusak, dapat berfungsi sebagai sumber arus listrik.
3. Mengatur keseimbangan output sistem pengisian dan beban pemakaian.terpenting fungsi baterai adalah mengakomodasi kebutuhan lisreik DC secara optimal.

F. TURBIN AIR

Turbin adalah penggerak di mana energi fluida kerja diperlukan langsung untuk memutar roda turbin dan menjadi tenaga mekanis, yang selanjutnya dapat diubah menjadi tenaga listrik untuk memenuhi kebutuhan industri maupun rumah tangga. Pada turbin tidak mengenal terdapat mesin yang bergerak translasi. Bagian turbin yang berputar disebut rotor atau roda turbin sedangkan bagian yang tidak berputar disebut stator.



Gambar 8. Perancangan Turbin Air Sebagai Suplay Listrik ke Rumah

Tenaga air yang masuk ke turbin tergantung pada head air dan debit yang masuk ke turbin. Tenaga potensial (Head) dan tenaga kinetik (dari debit), air diserap oleh sudut-sudut turbin, menyebabkan roda jalan berputar dan menimbulkan tenaga mekanis pada poros turbin. Berdasarkan perubahan momentum fluida kerjanya, turbin air diklasifikasikan menjadi 2 dua yaitu sebagai berikut:

1. Turbin Impuls

Turbin dimana perubahan momentumnya hanya terjadi di dalam sudut tetapnya saja, yang termasuk didalamnya adalah turbin pelton.



Gambar 9. Turbin Impuls

2. Turbin Reaksi

Turbin dimana proses ekspansi fluida kerjanya terjadi didalam sudut tetapnya, maupun sudut gerakannya, air masuk terjadi didalam rumah Turbin dan mengelilingi runner sampai penuh. Yang termasuk didalamnya adalah Turbin Francis, Turbin Kaplan.



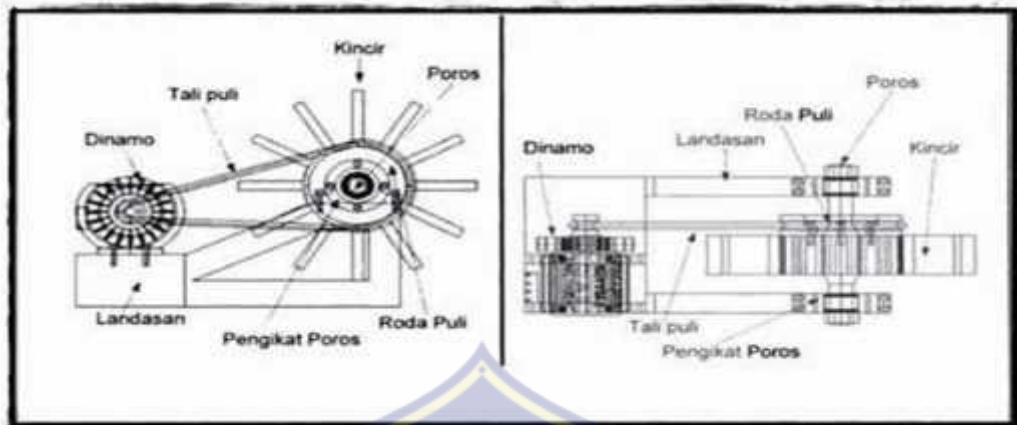
Gambar 10. Turbin Reaksi

G. TRANSMISI PUTARAN

Transmisi putaran adalah sistem yang berfungsi untuk konversi torsi dan kecepatan (putaran) dari turbin air menjadi torsi dan kecepatan yang berbeda-beda, untuk diteruskan ke penggerak akhir yang akan menggerakkan Alternator. Konversi ini mengubah kecepatan putar yang tinggi menjadi lebih rendah tetapi lebih bertenaga atau sebaliknya.

Adapun secara umum transmisi sebagai salah satu komponen sistem pemindah tenaga (power train) mempunyai fungsi sebagai berikut :

- 1) Meneruskan tenaga / putaran dari turbin ke poros propeler
- 2) Merubah momen yang dihasilkan turbin sesuai dengan kebutuhan (beban turbin dan kecepatan alternator).



Gambar 11. Transmisi Putaran.

H. SABUK MESIN (V-BELT)

V-BELT adalah sabuk atau belt terbuat dari karet dan mempunyai penampang trapezium. Tetapan teteron dan semacamnya digunakan sebagai inti sabuk membawa tarikan yang besar. Sabuk V dibelitkan pada alur puli yang terbentuk V pula, bagian sabuk yang membelit akan mengalami lengkungan sehingga lebar bagian dalamnya akan bertambah besar.



Gambar 12. Sabuk Mesin (V-Belt)

V-Belt Mempunyai kelebihan dari pada menggunakan rantai dan sprocket, Adapun Kelebihan Yang Dimiki Oleh V-Belt sebagai berikut:

- 1) V-Belt digunakan untuk mentransmisi daya yang jaraknya relatif jauh.
- 2) Kecilnya faktor slip.
- 3) Mampu digunakan untuk putaran tinggi.
- 4) Dari segi Harga V-Belt relatif lebih murah dibanding dengan element transmisi yang lain.
- 5) Sisitem Operasi menggunakan V-belt tidak Berisik (NoiseKecil) dibandingkan dengan rantai.

V-BELT digunakan untuk mentransmisikan daya dari poros yang satu ke poros yang lainnya melalui pulley yang berputar dengan kecepatan sama atau berbeda. Puli V-belt merupakan salah satu elemen mesin yang berfungsi untuk mentransmisikan daya seperti halnya sproket rantai dan roda gigi.



Gambar 13. Penggunaan Sabuk Mesin (V-Belt).

I. RANTAI PENGHUBUNG DAN SPROCKET

Rantai (chain) berfungsi untuk meneruskan putaran sproket yang memegang Turbin air ke roda transmisi besar, sehingga roda transmisi ditentukan dari besar kecilnya sproket yang digunakan.



Gambar 14. Rantai Penghubung dan Sprocket.

Sproket (gear) adalah roda bergigi yang bekerja berpasangan dengan rantai roda. Gear pada Turbin terdiri dari 2 (dua) bagian, yaitu gear depan yang berukuran besar dan terhubung langsung dengan Turbin air, sebagai penggerak (drive) dan gear belakang yang berukuran kecil dan terhubung langsung dengan roda transmisi putaran, sebagai yang digerakkan (driven) biasa disebut gear set. Gear set digunakan untuk meneruskan tenaga putar antara poros depan dengan poros belakang bersama-sama rantai roda.

J. PERHITUNGAN DAYA PADA RANGKAIAN DC

Daya pada rangkaian arus searah (DC, *Direct Current*) dapat diukur menggunakan alat ukur tegangan (Volt) dan alat ukur arus (Ampere) yang dihubungkan ke beban. Dalam pengukuran daya listrik arus searah (DC) rumus yang dapat digunakan adalah :

$$P = V \cdot I$$

Keterangan:

P = Daya listrik satuan Watt (W)

V = Tegangan listrik satuan Volt (V)

I = Arus listrik satuan Ampere (A)



BAB III

METODELOGI PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian

Adapun waktu dan tempat penelitian tugas akhir yang berjudul Analisa perhitungan output pada pembangkit tenaga gelombang laut pada lokasi yaitu mulai pada tanggal, 20 mei 2019 yang terletak di Pantai Tanjung Bayang Desa. Barombong, Kec. Tamalate Dimulai pada pukul 09:00 pagi, hingga 18:00

B. Alat Yang Digunakan

Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Avo meter

Avometer berasal dari kata "AVO" dan "meter". 'A' artinya ampere, untuk mengukur arus listrik. 'V' artinya voltase, untuk mengukur voltase atau tegangan. 'O' artinya ohm, untuk mengukur ohm atau hambatan. Terakhir, yaitu meter atau satuan dari ukuran. AVOMeter adalah alat untuk mengukur arus, tegangan, baik tegangan bolak-balik (AC) maupun tegangan searah (DC) dan hambatan listrik.



Gambar 15. AVOMeter

2. Mistar meter

Mistar meter adalah instrument (alat) yang digunakan untuk mengukur tinggi gelombang laut dalam satuan meter dan cm. Pada saat seseorang melakukan pengukuran menggunakan mistar meter, arah pandangan orang tersebut harus tegak lurus dengan dengan skala yang ada pada mistar dan benda yang diukur tersebut. Ini dilakukan agar memberikan hasil yang lebih akurat dan meminimalisir kesalahan dalam pengukuran.



Gambar 16. Mistar meter

3. Anemo meter

Anemo meter adalah sebuah alat pengukur kecepatan angin yang paling banyak dipakai dalam bidang Meteorologi dan Geofisika atau stasiun prakiraan cuaca, alat ini masih diyakini alat yang paling akurat untuk mengukur kecepatan angin. Nama alat ini berasal dari kata Yunani anemos yang berarti angin. Fungsi yang paling utama dari Anemometer ialah mengukur kecepatan angin, apakah hanya angin saja yang dapat diukur? Tentu tidak, Anemometer juga dapat digunakan untuk mengukur gas. Fungsi Anemometer ultrasonik dapat digunakan untuk mengukur kecepatan angin dan juga dapat menentukan arah mata angin, pengamatan cuaca dan meteorologi, tidak sedikit yang menggunakan Anemometer ultrasonik ini untuk kegiatannya.



Gambar 17. Anemo meter

4. Tacho meter

Tachometer adalah alat instrument yang dirancang untuk mengukur kecepatan rotasi dari sebuah objek, seperti alat pengukur dalam sebuah mobil yang mengukur putaran permenit (RPM) dari poros engkol mesin. Tingkat ketelitian batas ukuran terkecil pada tachometer yaitu 0,01 1/min. Kata tachometer berasal dari kata Yunani tachos yang berarti kecepatan dan metron yang berarti untuk mengukur. Alat pengukur putaran mesin yang biasa disebut dengan tachometer rpm ini sebelumnya dibuat dengan dial, jarum yang menunjukkan pembacaan saat ini dan tanda-tanda yang menunjukkan tingkat yang aman dan berbahaya. Pada saat ini seiring dengan perkembangan teknologi, dikembangkan tachometer digital yang memberikan pembacaan numerik tepat dan akurat yang hasilnya ditampilkan pada layar LCD berupa angka. Kegunaan/Fungsi :Kegunaan tachometer atau juga dikenal dengan RPM digunakan untuk mengukur putaran mesin khususnya jumlah putaran yang dilakukan oleh sebuah poros dalam satu satuan waktu dan biasanya dipakai pada peralatan kendaraan bermotor.



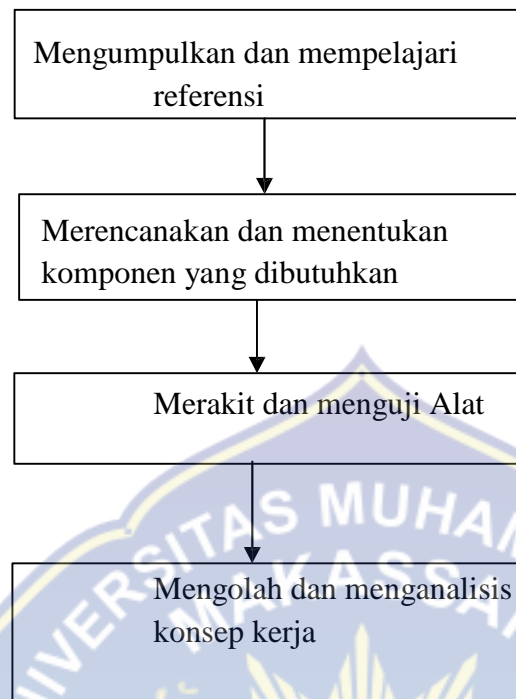
Gambar 18. Tacho meter

C. Studi Literatur

Tahap ini merupakan tahap awal dari proses keseluruhan penelitian, pada tahap ini digunakan untuk mencari literature dari penelitian sebelumnya, diharapkan dengan menemukan literature dari penelitian sebelumnya dapat memberikan keyakinan bahwa penelitian ini dapat dilaksanakan dan memberikan arahan untuk mengurangi kesalahan dalam penelitian.

D. Metode Pengolahan Data dan Analisis

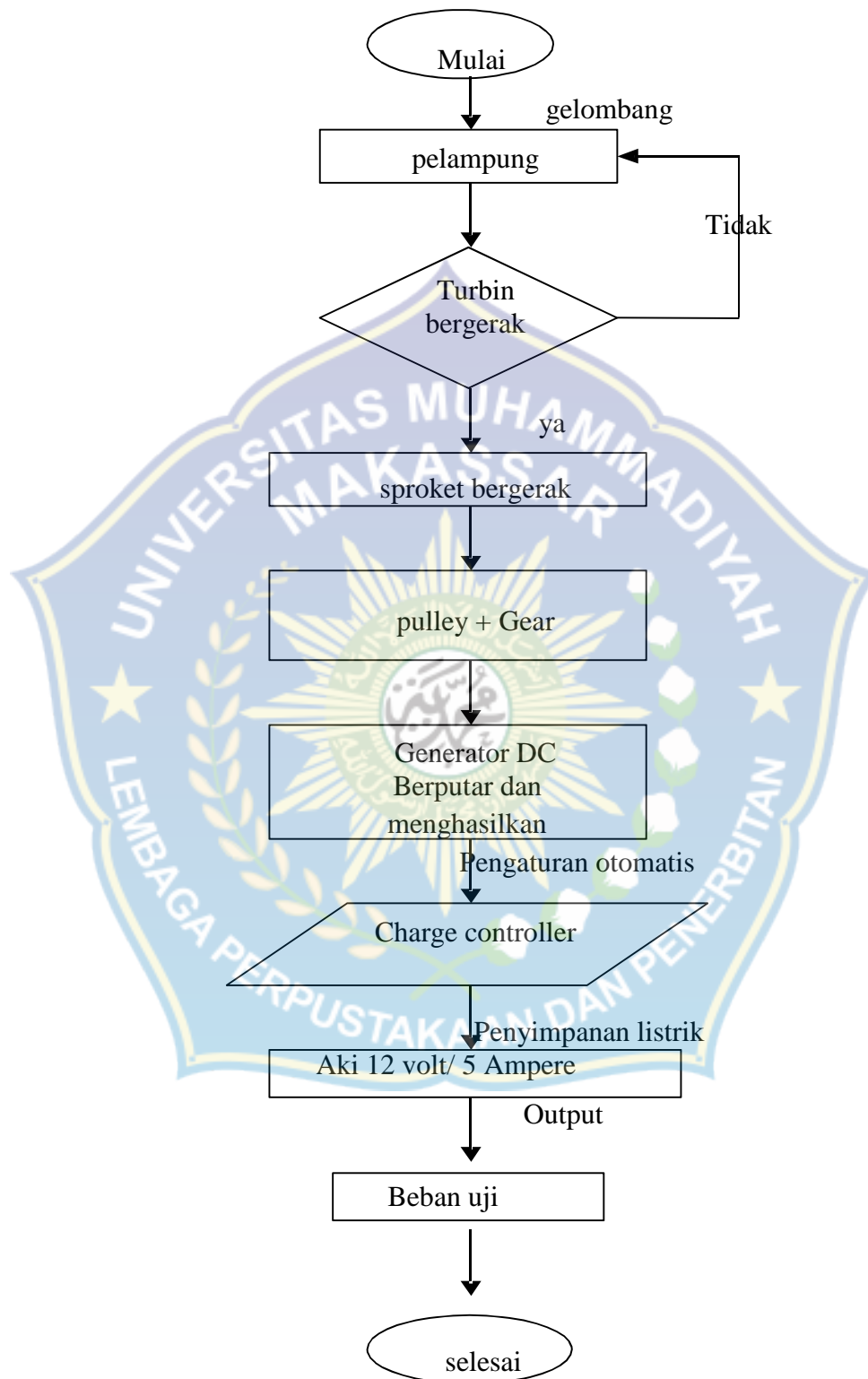
Pengolahan data dan Analisis dimulai dengan mengkaji konsep kerja alat dan menguji kualitas kinerja alat kemudian menghitung nilai ideal menggunakan rumus matematik. Untuk lebih detail tahap-tahap pengerjaan Skripsi ini dapat dilihat pada blok diagram berikut ini:



E. Bagian-Bagian Perancangan Alat

Dalam perancangannya, dapat dipisahkan menjadi beberapa bagian antara lain;

- 1) Pelampung
- 2) Tiang penghubung
- 3) Sprocket
- 4) Pulley
- 5) generator DC
- 6) Aki
- 7) Beban uji (lampu 5 watt)

F. Flow chart

G. Penjelasan flow chart

1. Pelampung

Pelampung pada pembangkit listrik tenaga gelombang laut ini berfungsi untuk menangkap gelombang laut yang datang. Apabila gelombang laut tersebut menghantam pelampung, maka pelampung akan bergerak keatas mendorong tuas yang terhubung langsung dengan Turbin gelombang laut.

2. Turbin penggerak

Adalah alat terbuat dari besi, berbentuk likaran dengan jari-jari. Fungsinya adalah sebagai pemutar sproket apabila ada tekanan yang diterima dari pelampung.

3. Sproket

Merupakan komponen yang terbuat dari besi, dengan permukaan bergerigi. Fungsinya adalah untuk merubah tekanan yang berasal dari pelampung menjadi putaran.

4. Rantai penghubung

Merupakan komponen yang menghubungkan antara sproket yang terpasang pada tuas pelampung dengan sproket yang terpasang pada rangka turbin.

5. Pulley

Adalah komponen yang terpasang pada rangka turbin, yang terhubung dengan sebuah poros pejal. Dimana dalam sebuah pipa bulat (poros pejal) terdapat dua buah komponen yaitu pulley dan sproket. Dalam istilah mesin, metode penggabungan dua buah komponen dalam satu poros pejal

dinamakan metode *Compound*. sedangkan pulley dan sproket yang terpasang adalah metode perubahan sistem transmisi dari sistem rantai ke sistem sabuk (belt). Dimana sistem rantai sangat baik digunakan untuk putaran awal karena memiliki torsi yang besar, sedangkan sistem sabuk (belt) unggul pada putaran atas (akhir).

6. V-belt

Adalah penghubung dari pulley yang terpasang pada rangka dengan pulley yang terpasang pada motor generator. Pulley pada rangka memiliki ukuran yang lebih besar dari pulley pada motor generator.

7. Generator DC

Merupakan alat penghasil listrik DC yang bekerja berdasarkan induksi medan magnet pada kawat kumparan yang terdapat pada inti besi.

8. Charge controller

Merupakan modul elektronik yang digunakan sebagai pengatur tegangan listrik yang dihasilkan, kemudian meneruskannya ke AKI. Apabila tegangan pada AKI telah penuh (12 Volt), maka saklar otomatis pada charge control akan terbuka untuk memutus suplay tegangan ke AKI. Sebaliknya, apabila tegangan pada AKI berkurang (<12 Volt) maka saklar otomatis pada charge controll akan menutup sehingga pasokan tegangan dari motor generator DC akan kembali mengisi AKI.

9. AKI Merupakan baterai DC yang dapat diisi ulang apabila tegangannya telah habis atau berkurang. Dalam sebuah AKI terdapat cairan liquid yang berfungsi untuk menyimpan muatan listrik DC.

10. Beban uji

Merupakan peralatan listrik lampu DC 5 watt yang dipakai untuk mengetahui berapa besar listrik yang telah disimpan dapat menyalakan lampu tersebut.

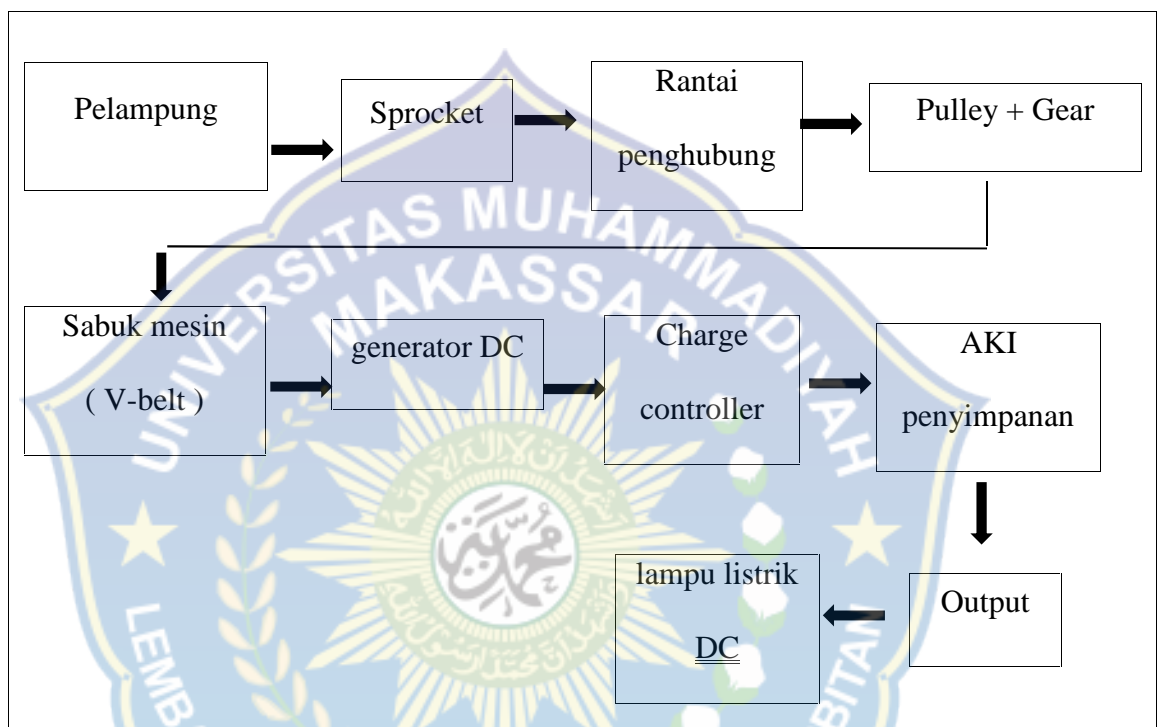




BAB IV

HASIL DAN ANALISIS

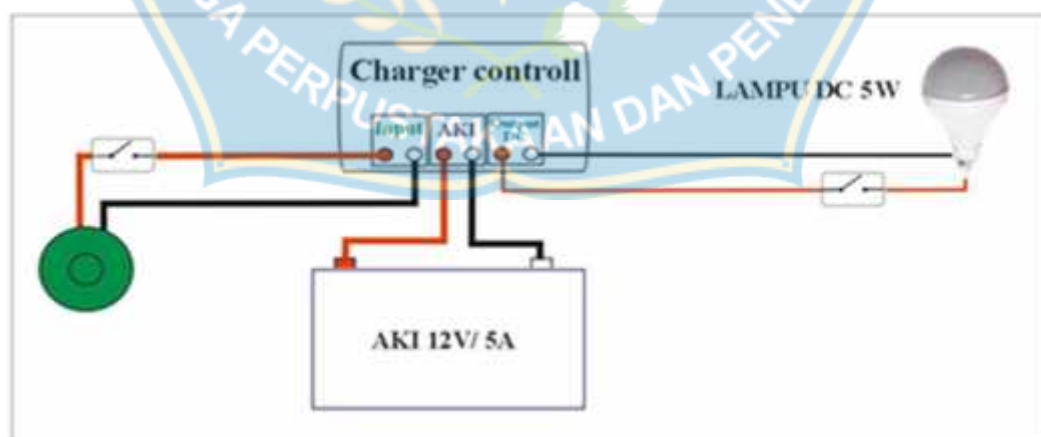
4.1 Blok Diagram Prinsip Kerja Alat



Gambar 17 Blok Diagram Prinsip Kerja Alat

1. **Pelampung** Digunakan untuk menahan gelombang laut, dimana riak gelombang yang tertahan akan menggerakkan turbin. Bergeraknya turbin adalah merupakan sebuah proses pembentukan energi mekanik (gerak). Energi gerak yang dihasilkan akan digunakan untuk menggerakkan sprocket.
2. **Sprocket** Adalah sebuah alat yang melekat pada turbin air dimana apabila turbin bergerak maka sprocket juga ikut bergerak.

3. **Rantai Penghubung** Adalah alat penghubung (interfacing) yang akan menghubungkan sprocket dengan roda transmisi putaran.
4. **Pulley** Adalah sistem konversi mekanik dimana sebuah sistem transmisi rantai yang terhubung dari turbin gelombang laut akan dirubah menjadi sistem transmisi pulley sehingga akan menghasilkan torsi yang besar yang dapat menggerakkan alternator.
5. **Generator DC.** Adalah jenis dinamo pembangkit listrik (power generator) yang akan menghasilkan listrik DC apabila turbin mulai bergerak.
6. **Charge controller** Adalah alat elektronik yang berfungsi untuk mengarahkan listrik yang dihasilkan ke baterai penyimpanan (aki).
7. **Multimeter Digital** Adalah alat elektronik yang dapat digunakan untuk memantau berapa besar tegangan listrik yang dihasilkan dari masing-masing pembangkit, serta penggunaan listrik pada beban ringan baik Dc maupun Ac



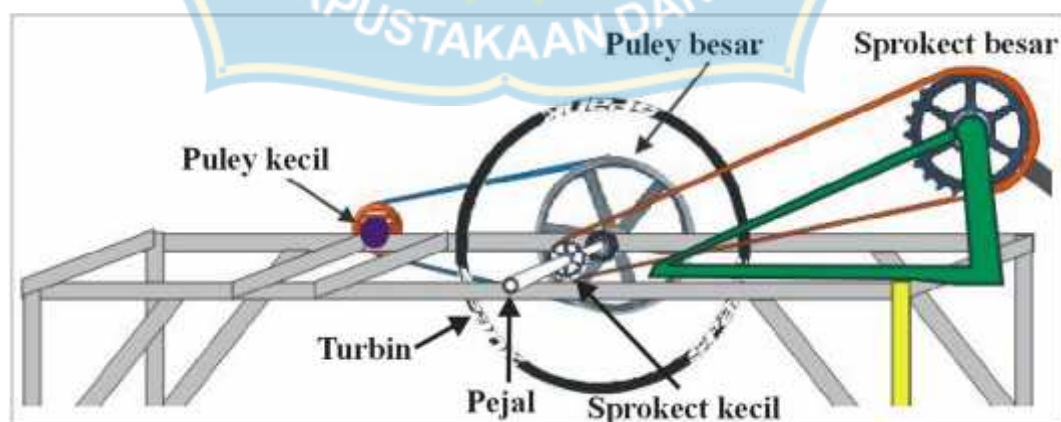
Gambar 18 instalasi kelistrikan

4.2 Implementasi Sistem

Implementasi sistem adalah sebuah proses yang dilakukan dalam rangka pengujian alat sehingga dapat diperoleh data-data berdasarkan hasil pengujian sebuah alat pembangkit listrik tenaga gelombang laut. Dimana proses kerja dari alat tersebut akan dianalisa, dimana analisis sistem serta pengujian dari alat tersebut dapat disajikan sebagai berikut.



Gambar 19 Alat Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut



Gambar 20 Konstruksi mekanik transmisi putaran

4.3 Lokasi Pengujian Alat



Gambar 21 Lokasi Pengujian Alat

Pengujian alat Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut (PLTGL), dilaksanakan pada hari rabu, 20 Mei 2019 yang terletak di *Tanjung Bayang . Kel / Desa. Barombong, Kec. Tamalate*. Dimulai pada pukul 09:00 pagi, hingga 18:00. Adapun hasil yang diperoleh dari pengujian ini dapat dilihat pada tabel berikut.

4.4 Tabel Hasil Pengujian PLTGL Di lokasi

Waktu Pengujian (WITA)	Tegangan Pada PLTGL (V)	Arus Pada PLTGL (A)	Tegangan Aki Dari PLTGL (V)	Kecepatan sproket Penggerak (rpm)	Kecepatan Angin (rpm)
09.00	12.9	0.34	12.3	89	3.7
10.00	12.6	0.30	12.4	81	3.0
11.00	12.5	0.28	12.2	80	3.0

12.00	13.8	0.72	12.9	94	3.9
13.00	11.8	0.26	12.1	76	2.2
14.00	11.5	0.22	12.1	72	2.2
15.00	12.9	0.34	12.5	88	3.2
16.00	11.4	0.20	12.2	75	2.0
17.00	12.3	0.15	12.2	68	2.5
18.00	12.2	0.11	12.1	64	2.2

4.6 Tabel Pengujian Beban PLTGL Dilokasi

Waktu pengujian (WITA)	Kecepatan Angin (rpm)	Tegangan AKI dari PLTGL (V)	Pengujian pada beban lampu 5 watt
09.00	3.7	12.3	Menyala
10.00	3.0	12.4	Menyala
11.00	3.0	12.2	Menyala
12.00	3.9	12.9	Menyala
13.00	2.2	12.1	Menyala
14.00	2.2	12.1	Menyala
15.00	3.2	12.5	Menyala
16.00	2.0	12.2	Menyala
17.00	2.5	12.2	Menyala
18.00	2.2	12.1	Menyala

4.7 Perhitungan Daya Yang Dihasilkan PLTGL

Setelah memperoleh data dari lokasi , tahapan selanjutnya adalah menghitung daya output yang dihasilkan dari Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut sebagai berikut:

$$\text{Rumus Menghitung Daya : } P = V \cdot I$$

P = Daya (Watt)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

Contoh:

Berdasarkan data pada lokasi jam 12:00

Tegangan yang diperoleh = 13.8 V

Arus yang diperoleh = 0.72 A. Daya = ?

$$P = V \times I$$

$$V = 13.8V$$

$$I = 0.72 A$$

$$P = 13.8 \times 0.72 = \mathbf{9.93 \text{ watt.}}$$

4.8 Tabel Perhitungan Daya

Waktu Pengujian (WITA)	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)	Daya (Watt)
09.00	12.9	0.34	4.72
10.00	12.6	0.30	3.78
11.00	12.5	0.28	3.5
12.00	13.8	0.72	9.93
13.00	11.8	0.26	3.06
14.00	11.5	0.22	2.25
15.00	12.9	0.34	4.38
16.00	11.4	0.20	2.28
17.00	12.3	0.15	1.63
18.00	12.2	0.11	1.16

4.9 Spesifikasi PLTGL Yang Digunakan

Spesifikasi Alat	Ukuran (cm)
Panjang rangka	159
Lebar rangka	53
Tinggi rangka	120
Panjang tiang pelampung	250
Panjang pipa turbin	56
Panjang rantai	140
Panjang v-belt	124
Diameter pelampung	25
Diameter turbin	46
Diameter sproket	15
Diameter pulley turbin	9
Diameter pulley motor generator	3

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan data yang telah dikumpulkan dari pengujian alat, maka kesimpulan yang dapat dirangkum dari pengujian PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GELOMBANG LAUT ini adalah sebagai berikut:

1. Tegangan listrik yang dihasilkan oleh PLTGL pada lokasi pengujian adalah antara 10.6 volt sampai 13,8 volt.
2. Pada lokasi, tegangan yang tersimpan pada aki saat dimulainya pengukuran tegangan adalah 12.9 volt. Setelah dilaksanakan pengujian alat hingga jam 18:00, diperoleh tegangan 12.2 volt. Maka, tegangan yang dihasilkan oleh PLTGL selama 9 jam adalah 0.7 volt

5.2 SARAN

Adapun saran yang dapat penulis sampaikan berdasarkan hasil analisa ini adalah:

1. Kondisi cuaca sangat berpengaruh terhadap tegangan yang dihasilkan dari Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut.
2. Metode penggunaan dua pelampung dapat diterapkan dalam pengembangan perancangan alat ini selanjutnya, guna memperoleh hasil yang maksimal.

3. Untuk dapat menutupi kekurangan dari Pembangkit Listrik Tenaga gelombang Laut ini, kombinasi dari dua atau lebih pembangkit listrik akan sangat efektif digunakan untuk merancang sebuah alat pembangkit listrik keterbarukan.





DAFTAR PUSTAKA

Luthfi Prasetya Kurniawan, Sardono Sarwito, dan Indra Ranu Kusuma, 2014. *“Studi Perancangan Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Tipe Salter Duck”*. Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).

Ferri Rifki Rizaldi. 2014. *“Analisis Debit Andalan Dan Simulasi Tampang Untuk Pengembangan Plta Pumped Storage Di Pintu Air Tulungagung Selatan”*. Teknik Energi Listrik, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya

Havianto, J. 2009. *Penggunaan Turbin Cross Flow pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro*. Deputi Manager Evaluasi Diklat dan Assessment PLN Pusdiklat.

Malvino. Paul, Albert, 1992. *Prinsip-Prinsip Elektronika*, Edisi III, Jilid I, Jakarta. Erlangga.

Drs. Daryanto. 2008. *Pengetahuan Baterai Mobil*. Jakarta: Erlangga

Dietzel, Fritz. 1990. *Turbin Pompa dan Kompresor*. Jakarta : Erlangga

Buyer, A. 2008. *Micro Hydro Power System*. Canada. Natural Resources.

Muhkamad Wakid, M.Eng. 2011. *Sistem Transmisi Kendaraan Ringan*. Yogyakarta. Skripta.

Agung Nugroho Adi. *Mekatronika* atau D.I. Yogyakarta. Graha Ilmu.

DOKUMENTASI







