

# **TUGAS AKHIR**

## **IMPLEMENTASI RANGKAIAN PENYEARAH UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN ( PLTA )**

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat-Syarat Memproleh  
Gelar Sarjana Teknik Elektro (ST) Universitas  
Muhammadiyah Sumatera Utara*

**Disusun Oleh:**

**MUHAMMAD NUR**

**NPM : 1407220034**



**UMSU**

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2019**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

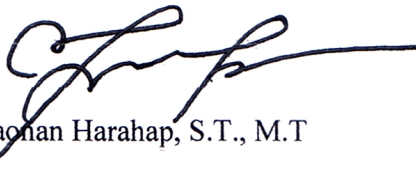
Nama : Muhammad Nur  
NPM : 1407220034  
Program Studi : Teknik Elektro  
Judul Skripsi : Implementasi Rangkaian Penyearah Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Angin ( PLTA )

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 21 Maret 2019

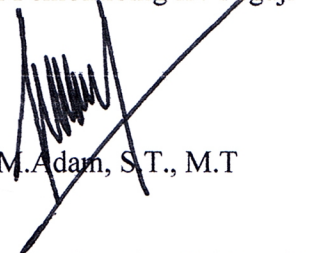
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing I / Penguji



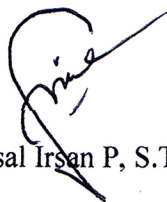
Partaon Harahap, S.T., M.T

Dosen Pembimbing II / Penguji



M. Adam, S.T., M.T

Dosen Pembanding I / Penguji



Faisal Irsan P, S.T., M.T

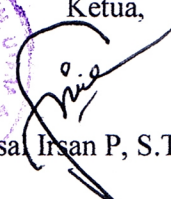
Dosen Pembanding II / Penguji



Cholish, S.T., M.T



Program Studi Teknik Elektro  
Ketua,

  
Faisal Irsan P, S.T., M.T

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertandatangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Nur

NPM : 1407220034

Program Studi : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir yang berjudul:

### **“IMPLEMENTASI RANGKAIAN PENYEARAH PENYEARAH UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN (PLTA)”**

Dengan sebenar benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, Gagasan dan masalah ilmiah dan diteliti dan diulas didalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik disuatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip didalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Medan, 21 MARET 2019

Saya yang menyatakan,



MUHAMMAD NUR

## ABSTRAK

Pada *inverter* tegangan DC yang dihasilkan oleh *solar charger controller* akan diubah menjadi tegangan AC dan dapat langsung digunakan ke beban. Tetapi tidak bisa tersambung langsung oleh tegangan yang dihasilkan PLN karena jenis *inverter* yang digunakan adalah *type off grid* yang tidak bisa terhubung langsung ke beban PLN. Menentukan arus pada penyearah pembangkit listrik tenaga angin adalah dengan mengukur tegangan V pada bagian masukan dan keluaran menggunakan multimeter. Kemudian pengukuran arus A pada penyearah adalah dengan cara mengukur induksi pada kabel fasa masukan dan keluaran menggunakan tang ampere. Tegangan rata-rata yang dihasilkan generator DC pada PLTA tidak terlalu besar yaitu 5,2 volt dan arusnya sebesar 2,3 Ampere sehingga pada saat melewati *solar charger controller* untuk pengisian baterai terlalu lama dan belum efisien perlu penambahan gearbox dan rangkaian penaik tegangan sehingga pengisian lebih cepat dan efisien dan keuntungannya adalah pemakaian beban listrik dapat lebih lama digunakan. Setelah itu menentukan gelombang pada osiloskop dilakukan dengan cara menghubungkan konektor ke fasa dan ke netral/gronding, selanjutnya baca gelombang vol/div dan time/div serta frekuensinya.

Kata kunci: Pembangkit listrik tenaga angin , *Solar Charger Controller*, *Inverter*

## **ABSTRACT**

*In a DC voltage inverter produced by a solar charger controller, it will be converted into AC voltage and can be directly used to load. But it cannot be connected directly by the voltage produced by PLN because the type of inverter used is type off grid that cannot be connected directly to the PLN. Determining the current in the rectifier of a wind power plant is to measure the voltage V in the input and output parts using a multimeter. Then the measurement of current A on the rectifier is by measuring the induction on the input and output wires using amperage pliers. The average voltage generated by a DC generator on a hydropower plant is not too large at 5.2 volts and the current is 2.3 amperes so that when passing a solar charger controller for charging the battery for too long and not yet efficient it needs to add a gearbox and voltage booster circuit so that more fast and efficient and the advantage is that the use of electric loads can be used longer. After that determine the wave on the oscilloscope is done by connecting the connector to phase and to neutral / gronding, then read the wave vol / div and time / div and its frequency.*

Katra key: Wind power plant, Solar Charger Controler, Inverter

## KATA PENGHATAR



Assalamu'Alaikum Wr.Wb

Puji syukur kepada Allah Subhanahu Wataalla, atas rahmat, hidayah dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan Tugas Akhir yang berjudul:

### **“IMPLEMENTASI RANGKAIAN PENYEARAH UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN (PLTA)”**

Penulisan Tugas Akhir ini dilakukan untuk memenuhi syarat-syarat memperoleh gelar sarjana teknik pada Fakultas Teknik Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Pada kesempatan yang berbahagia ini penulis mengucapkan terimakasih sebesar-besarnya atas motivasi, semangat dan dorongan dari berbagai pihak, baik berupa secara langsung maupun tidak langsung maka pada kesempatan ini penulis tidak lupa mengucapkan terimakasih dan rasa hormat kepada:

1. Bapak Dr. Agus Sani, MAP selaku Rector Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara'
2. Bapak Munawar Al Fansury Siregar, ST.MT selaku Dekan Fakultas Teknik.
3. Bapak Dr. Ade Faisal, ST.M.Sc. selaku Wakil Dekan 1 Fakultas Teknik.
4. Bapak Khairul Ummurani, ST.MT selaku Wakil Dekan 3 Fakultas Teknik.
5. Kepada ayahanda dan ibunda tercinta beserta keluarga besar yang saya sayangi.
6. Bapak Faisal Irsan Pasaribu, ST.MT selaku Ketua Prodi Teknik Elektro.
7. Bapak Partaonan Harahap, ST.MT selaku Sekertaris Prodi Teknik Elektro yang juga sebagai Pembimbing 1 yang banyak memberikan saran dan masukan kepada penulis demi kebaikan tugas akhir ini.
8. Bapak Muhammad Adam, ST.MT selaku Pembimbing 2 yang banyak memberikan saran dan masukan kepada penulis demi kebaikan tugas akhir ini.

9. Dan keluarga yang telah memberikan semangat serta motivasi sehingga terselesaikannya Tugas Akhir saya ini.

Serta seluruh Staf Pengajar, Staf Administrasi dan rekan-rekan mahasiswa angkatan 2014, tim dalam pembuatan alat yang meliputi, Heri Pradana, Muhammad Murdani, Imam Rizki Wahyudi, Irwansyah, Dedi Setiawan, Purnomo dan Suhardi Istiawan, Program Studi Teknik Elektro Dan Muhammad Rafi'i Ma'arif trg. M.Pd. atas bantuan dan kostribusinya dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini. Dan tidak melupakan sahabat dan saudara Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Medan, yang telah memberi banyak dukungan, semangat bantuan pengorbanan waktunya. Semoga allah Subhanahu Wataalla memberikan kebahagiaan , berkah dan karunia kepada semua pihak yang membantu penulisan sehingga selesai tugas akhir ini.

Harapan penulis kiranya tugas akhir ini dapat bermanfaat kepada siapasaja yang membaca, semua pengguna atau pemakai alat-alat, dan kepada yang berminat dalam meneliti saya ucapkan terimakasih.

Medan.....2019

Penulis,

Muhammad Nur

1407220034

## DAFTAR ISI

|  |            |
|--|------------|
| <b>ABSTRAK</b>   | <b>i</b>   |
| <b>KATA PRNGHANTAR</b>   | <b>ii</b>  |
| <b>DAFTAR ISI</b>  | <b>iv</b>  |
| <b>DAFTAR TABEL</b>  | <b>vi</b>  |
| <b>DAFTAR GAMBAR</b>   | <b>vii</b> |
| <b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>                                       | <b>1</b>   |
| 1.1 Latar Belakang   | 1          |
| 1.2 Rumusan masalah  | 3          |
| 1.3 Tujuan Penelitian  | 3          |
| 1.4 Batasan Masalah  | 3          |
| 1.5 Manfaat Penelitian   | 4          |
| 1.6 Sistematika Penulisan                                      | 4          |
| <b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b>                                  | <b>6</b>   |
| 2.1 Kajian Pustaka   | 6          |
| 2.2 Landasan Teori   | 6          |
| 2.2.1 <i>Full-Bridge Converter Theory</i>                      | 7          |
| 2.2.2 Inverter gelombang kotak ( <i>square-Wave Inverter</i> ) | 8          |
| 2.2.3 Definisi Pesawat Terbang                                 | 9          |
| 2.2.4 Osilator Sinyal Sinus Dan Segitiga                       | 12         |
| 2.2.5 <i>Integrated Circuit ICL 8038 (IC)</i>                  | 13         |
| 2.2.6 <i>Low Pass Filter (LPF)</i>                             | 13         |
| 2.2.7 Daya Listrik   | 16         |
| 2.2.8 Tegangan Listrik   | 16         |



|   |           |
|---|-----------|
| 2.2.9 Arus Listrik  | 17        |
| 2.3 Komponen Pendukung Pada Penyearah PLTA  | 18        |
| 2.3.1 Jenis-jenis turbin pada PLTA  | 18        |
| 2.3.2 Generator Listrik   | 20        |
| 2.3.3 Baterai Charger Regulator   | 22        |
| 2.3.4 Baterai Aki (Acumulator)  | 25        |
| 2.3.5 Prinsip Kerja Baterai Aki   | 26        |
| 2.3.6 Cara Kerja  | 26        |
| 2.3.7 Kapasitas Aki   | 27        |
| 2.3.8 Jenis-jenis Inverter  | 28        |
| 2.4 Faktor Pengoprasian Maksimum Penyearah PLTA   | 30        |
| 2.4.1 Energi Kinetik Angin Sebagai Fungsi Dari<br>Kecepatan Angin                         | 31        |
| 2.4.2 Kecepatan angin Beredasarkan Fungsi<br>Ketinggiannya Dari Permukaan Permukaan Tanah | 32        |
| 2.4.3 Jenis-Jenis Angin   | 33        |
| 2.4.4 Angin Laut Dan Angin Darat  | 34        |
| 2.4.5 Angin Lembah  | 35        |
| 2.4.6 Angin Musim   | 35        |
| 2.4.7 Angin Permukaan   | 35        |
| 2.4.8 Angin Topan   | 37        |
| 2.5 Potensi Energi Angin  | 37        |
| <b>BAB 3 METODELOGI PENELITIAN</b>  | <b>39</b> |
| 3.1 Waktu Dan Tempat  | 39        |

|                                    |   |           |
|------------------------------------|---|-----------|
| 3.2                                | Peralatan Dan Bahan   | 39        |
| 3.2.1                              | Perelatan Dan Bahan   | 39        |
| 3.2.2                              | Bahan-bahan Penelitian  | 40        |
| 3.3                                | Metodelogi Penelitian   | 40        |
| 3.3.1                              | Studi Literatur   | 41        |
| 3.4                                | Diagram Penelitian  | 42        |
| <b>BAB 4 PENGUJIAN DAN ANALISA</b> |   | <b>44</b> |
| 4.1                                | Deskripsi Umum  | 44        |
| 4.2                                | Pengujian Pada Solar Charger Controler  | 44        |
| 4.3                                | Inverter  | 45        |
| 4.4                                | Pengukuran Menggunakan Osiloskop pada Sisi<br>Masukan dan Keluaran  | 46        |
| 4.4.1                              | Pengujian Input Pada Solar Charger Controler  | 46        |
| 4.4.2                              | Pengujian Input Pada <i>Solar Charger Controler</i>   | 47        |
| 4.4.3                              | Pengujian Input pada Inverter   | 48        |
| <b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN</b>  |   | <b>50</b> |
| 5.1                                | Kesimpulan  | 50        |
| 5.2                                | Saran   | 51        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA</b>              |   | <b>52</b> |
| <b>DAFTAR TABEL</b>                |   |           |
| Tabel 2.1:                         | <i>Full Bridge Converter</i>  | 7         |
| Tabel 2.2                          | Menunjukkan Besarnya Nilai n Sebagai Faktor<br>Perbedaan Jenis Permukaan Tanah yang<br>Mempengaruhi Kecepatan Angin | 33        |

|   |    |
|---|----|
| Tabel: 2.3 Sebaran Potensi Energi Angin. TWH/ tahun                       | 37 |
| Tabel 4.1 Hasil Penguji pada Penyearah Pembangkit<br>Listrik Tenaga Angin | 45 |

### **DAFTAR GAMBAR**

|   |    |
|---|----|
| Gambar: 2.1 <i>Full bridge converter</i>                          | 8  |
| Gambar: 2.2 <i>Rangkain Off Grid Inverter</i>                     | 10 |
| Gambar: 2.3 Rangkaian <i>On Grid Inverter</i>                     | 10 |
| Gambar: 2.4 <i>Topologi Pushpull Inverter</i>                     | 11 |
| Gambar: 2.5 Teknik Mobil PWM                                      | 12 |
| Gambar: 2.6 <i>Integrated Circuit 8038</i>                        | 13 |
| Gambar: 2.7 <i>Sallen-key Low Pass Filter</i>                     | 14 |
| Gambar: 2.8 <i>Single _supplay sallen-key Low Pass Filter</i>     | 16 |
| Gambar: 2.9 Turbin Angin Jenis Propeller                          | 19 |
| Gambar: 2.10 Turbin Angin Jenis Derrieus                          | 19 |
| Gambar: 2.11 Generator Listerik Dan Alternator                    | 21 |
| Gambar: 2.12 Konstruksi Arus Searah                               | 22 |
| Gambar: 2.13 Rangkaian Baterai Charger Regulator                  | 24 |
| Gambar: 2.14 Rangkaian HVD dan LVD                                | 25 |
| Gambar: 2.15 Proses Charger Dan Discharger pada Baterai           | 26 |
| Gambar: 2.16 Sel Aki  | 28 |
| Gambar: 2.17 (A) Inverter DC-AC (B) Inverter control Motor        | 30 |
| Gambar: 2.18 Merupakan Kurva Intensitas Enegy Kinetik             | 32 |
| Gambar: 2.19 Hasil kecepatan Angin Berdasarkan Ketinggian         | 33 |
| Gambar: 2.20 Sirkulasi Pergerakan Udara Akibat Aktivitas Matahari | 34 |
| Gambar: 2.21 Arah Angin Permukaan Dan Pusat Tekanan Admosfer      | 36 |

|  |    |
|--|----|
| Gambar: 3.1 Rangkaian Percobaan                | 41 |
| Gambar: 3.2 Blok Diagram Pengukuran Penyearah  | 42 |
| Gambar: 3.3 Diagram Alur                       | 43 |
| Gambar: 4.1 Input Pada Solar Charger Controler | 46 |
| Gambar: 4.2 Output Pada Solar Charger          | 47 |
| Gambar: 4.3 Input Pada Inverter                | 49 |

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Permintaan energi di Indonesia sangat tinggi karena masih banyak produksi energi listrik yang menggunakan teknologi lama yang memiliki efisiensi rendah dan menghasilkan polusi. Dan ditambah dengan meningkatnya kebutuhan energi yang menggunakan bahan bakar fosil, Contohnya bahan bakar minyak (BBM) Gas dan Batubara. Semua itu dibutuhkan untuk menghadapi peningkatan kebutuhan hidup tersebut. Makin berkurangnya bahan bakar fosil (batubara, gas, minyak) dan sumberdaya manusia yang semakin meningkat di masa depan maka diperlukan produksi listrik yang makin besar pula. Selain itu, makin berkembangnya pembangunan dan penelitian tentang energi alternatif yang bertujuan untuk pengembangan energi berkelanjutan yang menghasilkan sedikit efek lingkungan, dampak kesehatan, dan memungkinkan untuk memproduksi listrik tersebut pada masa depan (Didi Istardi, 2017).

Salah satu pemanfaatan energi berkelanjutan adalah dengan menggunakan pembangkit listrik tenaga angin (PLT Angin). Sistem kerja PLTA ini secara sederhana memanfaatkan tenaga angin sebagai penggerak kincir kemudian dikonversi menjadi energi listrik, namun listrik yang dihasilkan adalah berupa arus bolak balik karena menggunakan generator AC, oleh karena itu diperlukan rangkaian penyearah untuk merubah tegangan AC menjadi DC. Dengan demikian arus AC yang dihasilkan akan di konversikan oleh Penyearah untuk mendapatkan arus searah dan berfungsi sebagai charger sebelum di masukan ke baterai/aki, sebagai media penyimpanan tegangan. Setelah itu arus DC dari aki diubah

kembali menjadi arus AC dengan menggunakan alat inverter, karena yang diinginkan adalah tegangan AC (Lugas Grafity, 2013).

Seiring dengan perkembangan semi konduktor dan elektronika daya maka pembangkit listrik tenaga angin juga semakin banyak digunakan dalam sistem tenaga . Pada tahun 2006, di Eropa, negara yang mempunyai kapasitas total generator tenaga angin terbesar adalah Jerman dengan 20621 MW. Spanyol dan Amerika Serikat di urutan ke dua dan ketiga dengan lebih dari 11603 MW. Berdasarkan data GWEC (Global Wind Energy Council) , Pertumbuhan pembangunan Generator tenaga angin sebesar 32 % dari tahun 2005 ( Prasetyo & Endryansyah, 2018).

Cuaca, hembusan angin yang tidak stabil serta wilayah atau tempat menjadi salah satu masalah dalam pengoperasian PLTA, Ketidak stabilan tersebut mengakibatkan putaran turbin tidak selalu konstan sehingga mempengaruhi keluaran daya yang akan dihasilkan oleh PLTA. Dengan adanya perancangan rangkaian penyearah untuk PLTA ini, maka tegangan AC yang dihasilkan oleh generator PLTA dapat diubah menjadi tegangan DC sehingga dapat di simpan di aki.

Berdasarkan paparan diatas perlu dilakukan suatu konversi daya yang dihasilkan dari alternator berupa DC diubah dengan rectifier menjadi AC. Penelitian ini dilakukan dengan bertujuan untuk mengetahui sistem kerja ”implementasi rangkaian penyearah untuk pembangkit listrik tenaga angin”

## **1.2 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana mengetahui cara kerja penyearah pada PLTA.
2. Bagaimana menentukan arus dan tegangan yang dihasilkan oleh penyearah pada PLTA.
3. Bagaimana cara mengetahui gelombang yang dihasilkan oleh osiloskop terhadap penyearah PLTA.

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

Untuk mengetahui pengaruh implementasi rangkaian penyearah untuk PLTA.

1. Untuk mengetahui cara kerja penyearah pada PLTA.
2. Untuk mengetahui arus dan tegangan yang dihasilkan oleh penyearah PLTA.
3. Untuk mengetahui bentuk gelombang yang dihasilkan osiloskop terhadap penyearah PLTA.

## **1.4 Batasan Masalah**

Ruang lingkup permasalahan yang dibahas pada penelitian ini yaitu:

1. Penelitian ini dilakukan di laboratorium umsu

Pembahasan hanya menganalisis implementasi rangkaian penyearah untuk PLTA.

2. Menganalisis arus dan tegangan hasil percobaan pada penyearah PLTA.
3. Menganalisis bentuk gelombang yang dihasilkan osiloskop terhadap penyearah PLTA

## 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut:

### 1. Bagi Mahasiswa

Bahwa penemuan penelitian ini dapat dijadikan sebagai sumber referensi bagi mahasiswa untuk menambah pengetahuan yang berkaitan dengan implementasi rangkaian penyearah untuk PLT Angin.

Hasil penelitian ini juga diharapkan dapat dijadikan landasan empiris atau kerangka acuan bagi mahasiswa teknik elektro selanjutnya.

### 2. Bagi Masyarakat

Sebagai titik acuan bahwa alat yang ditemukan ini dapat digunakan bagi masyarakat untuk pengganti sumber energi cadangan ketika PLN padam.

## 1.6 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan skripsi ini dilakukan sebagai berikut:

### **BAB 1 PENDAHULUAN**

Bab ini berisikan tentang Latar Belakang Masalah, Rumusan Masalah, Tujuan Penelitian, Batasan Masalah, Manfaat Penelitian, dan Sistematika Penulisan.

### **BAB 2 LANDASAN TEORI**

Bab ini membahas mengenai dasar-dasar ilmu yang berhubungan dengan semua pokok pembahasan dan yang mendukung dalam pembahasan.

### **BAB III METODELOGI PENELITIAN**

Bab ini berisikan tentang sistem cara kerja penyearah pada pembangkit listrik tenaga angin ( PLTA).



## **BAB 4 PRINSIP KERJA DAN PENGARUH IMPLEMENTASI PENYEARAH UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN**

Bab ini berisikan prinsip kerja penyearah untuk pembangkit listrik tenaga angin.

## **BAB 5 PENUTUP**

Bab ini berisikan kesimpulan, saran, lampiran dan daftar pustaka. Bab ini merupakan bab terakhir dan laporan yang berisikan kesimpulan dari pembahasan serta saran untuk sipenulis.

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Kajian Pustaka

Beberapa peneliti yang telah melakukan penelitian serupa adalah (Lugas Grafity, 2013) Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Batam, Melakukan penelitian yang berkaitan dengan pengujian Perancangan Rangkaian Penyearah Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Angin Di Politeknik Negeri Batam.

(Yusuf, Setyawan & Syaiful Alam, 2017) Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung, Melakukan penelitian yang berkaitan dengan pengujian Rancang Bangun Inverter Satu Fasa Menggunakan Teknik High Voltage PWM (*Pulse Width Modulation*).

(Fadhli Mr, 2010) Jurusan Elektro Universitas Indonesia Depok, Melakukan Penelitian yang berkaitan dengan pengujian Rancang Bangun Inverter 12v DC Dengan Frekwensi 50 Hz Dan Gelombang Keluaran Sinusoidal.

(Siti Nurhabibah Hutagalung & Melda Pajaitan, 2017) Dosen tetap di STMIK Budidarma Medan, Melakukan Penelitian yang berkaitan dengan pengujian Prototype Rangkaian Inverter DC Ke AC 900 Watt.

#### 2.2 Landasan Teori

Inverter adalah rangkaian yang merubah DC menjadi AC. Atau lebih tepatnya inverter memindahkan tegangan dari sumber DC ke beban AC. Inverter digunakan pada aplikasi seperti *adjustable-speed AC motor drives*, *Uninterruptible power supplies (UPS)*, dan aplikasi yang dijalankan dari baterai (Fadhli Mr, 2010).

### 2.2.1 Full – Bridge Converter Theory

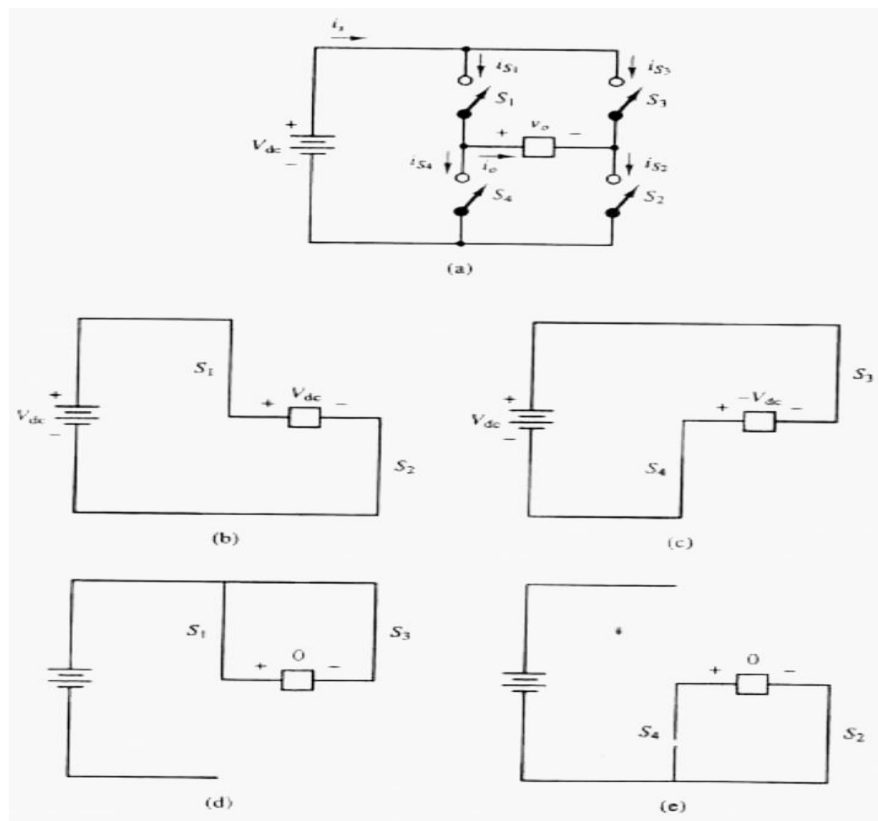
Inverter adalah rangkaian teori dasar yang digunakan untuk mengubah DC ke AC. *Full bridge converter* mempunyai pasang saklar (S1, S2) dan (S3, S4). Keluaran AC didapatkan dari masukan DC dengan membuka dan menutup saklar-saklar pada urutan yang tepat. Tegangan keluaran  $V_o$  bisa berupa  $+ V_{dc}$ , atau nol, tergantung pada saklar yang mana tertutup. (Fadhli Mr, 2010).

Rangkaian ekivalen kombinasi saklar *full bridge converter* diperlihatkan pada Gambar 2.1. Sebagai catatan bahwa S1 dan S4 tidak boleh menutup pada saat yang bersamaan, begitu juga dengan S2 dan S3, yang akan menyebabkan terjadinya *shortcircuit* pada sumber DC. Saklar yang nyata tidak bisa on atau off secara seketika.

Tegangan keluaran dari kondisi pasangan saklar pada rangkaian *full bridge converter* ditampilkan pada tabel 2.1 ( Fadhli MR, 2010).

Tabel: 2.1 *full bridge converter*

| Saklar Tertutup | Tegangan Keluaran ( $V_o$ ) |
|-----------------|-----------------------------|
| S1 dan S2       | $+ V_{dc}$                  |
| S3 dan S4       | $- V_{dc}$                  |
| S1 dan S3       | 0                           |
| S2 dan S4       | 0                           |



Gambar : 2.1 (a) *Full bridge converter*. (b)  $S_1$  dan  $S_2$  tertutup. (c)  $S_3$  dan  $S_4$  Tertutup. (d)  $S_1$  dan  $S_3$  tertutup (Fadhli Mr, 2010)

Walaupun waktu transisi switching harus diberikan pada kendali saklar, overlap pada waktu saklar on juga akan mengakibatkan short circuit, yang disebut shoot-through. Waktu yang diberikan Untuk *transisi Switching blanking time* (Fadhli Mr, 2010).

### 2.2.2 Inverter gelombang kotak (square-Wave Inverter)

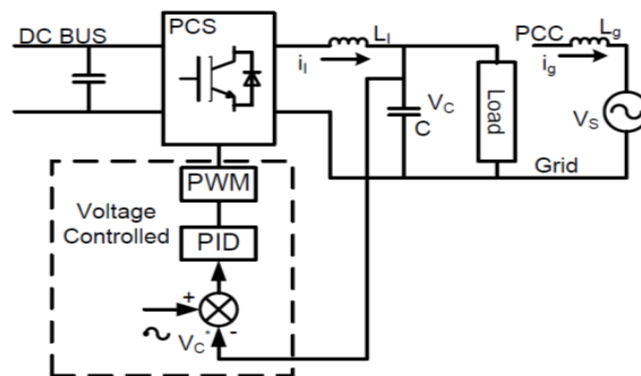
Merupakan pola *switching* yang paling sederhana agar full bridge converter dapat menghasilkan keluaran tegangan gelombang kotak. Saklar-saklar akan menghubungkan beban ke  $+V_{dc}$  ketika  $S_1$  dan  $S_2$  tertutup atau ke  $-V_{dc}$  ketika  $S_3$  dan  $S_4$  tertutup. Priodik switching dari tegangan beban antara  $+V_{dc}$  dan  $-V_{dc}$  Menghasilkan tegangan gelombang kotak pada

beban. Walaupun perselangan keluaran ini nonsinusoidal, namun mampu mencukupi bentuk gelombang AC untuk beberapa aplikasi. (Fadhli Mr, 2010).

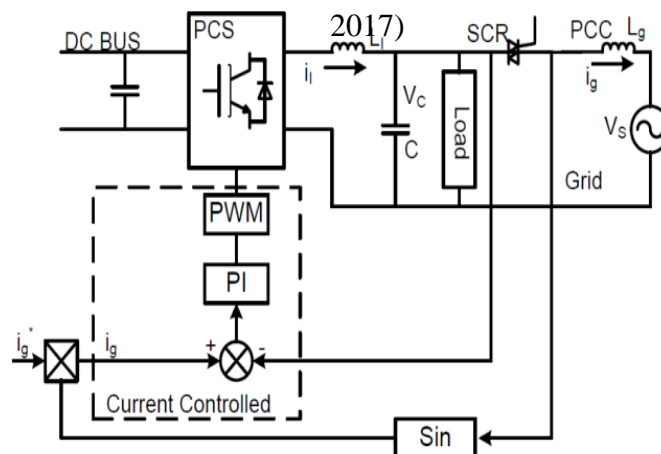
Bentuk gelombang arus pada beban tergantung pada komponen beban. Untuk beban resistif, bentuk gelombang arus sesuai dengan bentuk tegangan keluar. Beban induktif akan mempunyai arus yang lebih bersifat sinusoidal daripada tegangan karena sifat filtering dari induksi. Pada beban induktif ada beberapa pertimbangan dalam mendesain saklar-saklat pada rangkaian full bridge converter karena arus saklar harus bidirectional. (Fadhli Mr, 2010)

### **2.2.3 Definisi Pesawat Terbang**

Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya inverter adalah perangkat yang dapat merubah tegangan DC menjadi AC. Ada tiga jenis inverter yaitu off grid, on grid dan on / off grid. Pada inverter off grid maka inverter dapat mensuplay beban AC akan tetapi tidak dapat terhubung dengan jaringan listrik PLN. Inverter on grid adalah inverter yang dapat mensuplay beban AC dari sumber DC, akan tetapi untuk dapat beroperasi inverter ini harus terhubung dengan jaringan PLN. Jika tidak ada Jaringan yang digunakan sebagai acuan operasi inverter maka inverter tidak dapat menyuplai beban AC dan beroperasi terhubung dengan jaringan. Akan tetapi ketika jaringan listrik PLN tidak ada maka inverter dapat bekerja mandiri tanpa harus ada jaringan listrik yang menjadi acuan operasi seperti on grid inverter.



Gambar : 2.2 Rangkaian *Off Grid Inverter* (Hartono, Wahyu & Sapto,

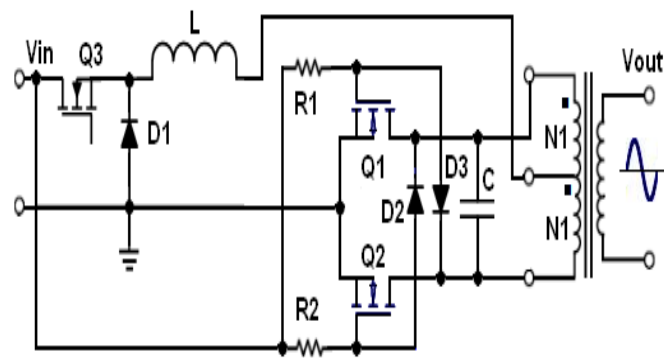


Gambar: 2.3 Rangkaian *On Grid Inverter* (Hartono, Wahyu & Sapto, 2017)

Pada konfigurasi off grid inverter maka referensi gelombang sinus yang akan dibangkitkan inverter dari sebuah rangkaian internal osilator, sementara pada rangkaian on grid maka referensi gelombang sinus menggunakan acuan sinyal tegangan dari jaringan. Hal ini yang menyebabkan on grid inverter tidak dapat bekerja menghasilkan daya listrik karena tidak ada sinyal referensi tegangan yang akan menjadi acua menghasilkan gelombang sinus murni. Pada on/off grid inverter maka gelombang sinus yang menjadi referensi dapat menggunakan internal osilator yang menghasilkan sinyal gelombang sinus atau dapat

menggunakan referensi gelombang tegangan jaringan (Hartono, Wahyu & sapto, 2017).

Ada beberapa topologi inverter, salahsatunya adalah konfigurasi *pushpull*. Pada topologi ini sistem inverter menggunakan transformator center tab, Serta dirancang bekerja pada frekuensi yang relatif tinggi. Dengan inverter jenis ini, maka kebutuhan komponen switching menjadi lebih sedikit, Dan transformattor filter menjadi lebih ringan (Hartono, wahyu & sapto, 2017).



Gambar: 2.4 Topologi Pushpull Inverter (Hartono, Wahyu & Sapto, 2017)

Tegangan Maksimal Keluaran Inverter ( $V_0$ ) tersebut sebelum di filter adalah :

$$V_0 = \frac{4}{\pi\sqrt{2}} \frac{V_{dc}}{n} \dots\dots\dots (2.1)$$

n adalah perbandingan lilitan trafo primer / skunder. Jika tegangan keluaran inverter ( $V_{inv}$ ) berbentuk sinus murni, maka besarnya sama dengan :

$$V_{inv} = \frac{4}{\pi\sqrt{2}} \frac{V_{dc}}{n} \sin(\omega_1 + \varphi_1) \dots\dots\dots (2.2)$$

Sedangkan tegangan jaringan listrik ( $V_{grid}$ ) adalah :

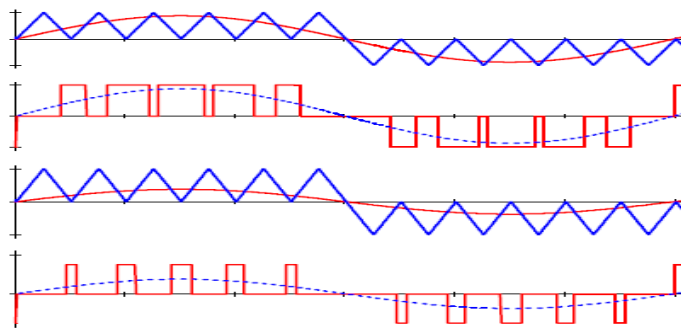
$$V_{grid} = V\sqrt{2} \sin(\omega_2 t + \varphi_2) \dots\dots\dots (2.3)$$

Kondisi sinkronisasi terjadi bila tegangan ( $v_{inv}$  dan  $v_{grid}$ ), frekuensi ( $\omega_1$  dan  $\omega_2$ ) dan sudut fase ( $\varphi_1$  dan  $\varphi_2$ ) adalah sama sehingga dari (2) dan (3) tegangan didapat :

$$\frac{4}{\pi\sqrt{2}} \frac{V_{dc}}{n} V\sqrt{2} \dots \dots \dots (2.4)$$

Atau

$$V = \frac{4v_{dc}}{2\pi n} \dots \dots \dots (2.5)$$



Gambar: 2.5 Teknik Modulasi PWM (Hartono, Wahyu & Sapto, 2017)

Sinkronisasi tegangan pada saat, frekuensi, dan fase tersebut dilakukan dengan teknik zerocrossing pada tegangan yang telah difilter pada orde yang cukup dan telah dikompensasi untuk mengeliminasi pergeseran sudut ( $\vartheta_{filter} + \vartheta_{kompensator} = 0$ ), yang dilanjutkan dengan penggunaan tegangan jaringan (asli tanpa filter) yang dimodulasi dengan teknik PWM seperti tampak pada gambar 2.5 (Hartono, Wahyu & Sapto, 2017).

#### 2.2.4 Osilator Sinyal Sinus Dan Segitiga

Osilator merupakan rangkaian elektronik untuk menghasilkan sinyal keluaran tanpa adanya sinyal masukan. Osilator menghasilkan sinyal keluaran yang priodik hanya dengan masuk berupa tegangan DC. Keluaran



osilator dapat berupa sinusoidal dan non sinusoidal tergantung pada jenis osilator. Beberapa tipe keluaran osilator yaitu gelombang sinus, Gelombang kotak, gelombang segitiga, dan gelombang gigi gergaji (Yusuf, Setyawan & Alam, 2017).

### **2.2.5 Integrated Circuit ICL 8038 (IC)**

IC ICL 8038 merupakan salah satu jenis IC fungsi generator tersebut. IC ini dapat menghasilkan tiga gelombang keluaran yaitu: sinus, kotak dan segitiga dengan komponen luar yang minimum. IC ini bekerja pada frekuensi 0.001 Hz sampai lebih dari 300KHz dengan menggunakan kombinasi nilai resistor dan kapasitor (Yusuf, Setyawan & alam, 2017).



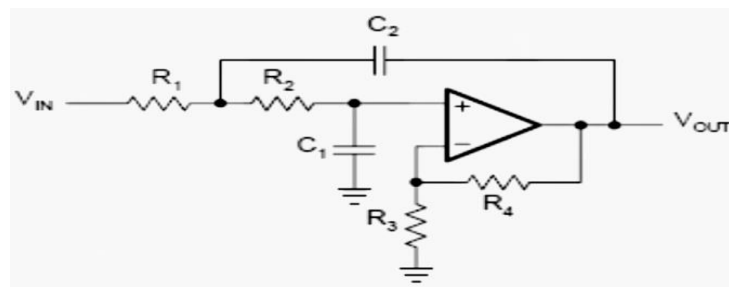
Gambar: 2.6 Integrated Circuit 8038 (commons wikimedia.org)

### **2.2.6 Low Pass Filter (LPF)**

Low pass filter digunakan untuk mengeliminasi harmonisa yang tidak menguntungkan dari sinyal keluaran. Keluaran dari inverter sebelum di berikan filter tidak sinusoidal, setelah diberikan low pass filter keluaran menjadi sinusoidal. Low pass filter digunakan untuk menyeleksi frekuensi

yang dibutuhkan, dan mengeliminasi frekuensi tinggi yang lebih dari frekuensi cut-off (Yusuf, setyawan & Alam, 2017).

Sebuah LPF adalah suatu frekuensi dimana respon gain dari LPF tersebut turun menjadi 70,75% dari gain maksimumnya. Dengan kata lain gain ( $H(\omega)$ ) dari LPF tersebut bernilai  $1/\sqrt{2}$  atau 0,707. Pada frekuensi cut-off, energi yang didisipasi pada rangkaian bernilai dari setengah energi maksimalnya. Optimasi-optimasi yang dapat dilakukan sejauh ini terhadap respon gain dan frekuensi sebuah LPF salahsatunya adalah dengan arsitektur sallen-key filter orde dua, seperti ditunjukkan pada gambar 2.7 berikut. Frekuensi cut-off dari filter ini ditentukan oleh nilai  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $C_1$ , dan  $C_2$ . Sedangkan  $R_3$  dan  $R_4$  berpengaruh terhadap gain dari filter tersebut sekaligus menentukan jenis respon yang diinginkan.



Gambar: 2.7 Sallen-key Low Pass Filter (Fadhli Mr, 2010)

Gain dari sallen-key LPF dapat dibandingkan dengan keluaran output dan inputnya, Sehingga diperoleh sebuah fungsi alih. Fungsi alih dari sebuah LPF adalah sebagai berikut:

$$H(S)_{LPF} = \frac{K}{-\left(\frac{f}{f_c}\right)^2 + j\left(\frac{f}{f_c}\right)Q + 1} \dots\dots\dots (2.6)$$

Sinyal akan mengalami pelemahan yang besarnya sebanding dengan kuadrat rasio frekuensi. Persamaan inilah yang mendeskripsikan karakter LPF yang sebenarnya.

Sementara itu, fungsi alih dari rangkaian LPF pada gambar 2.7 adalah sebagai berikut:

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{K}{s^2(R_1R_1C_1C_2) + s(R_1C_1 + R_2C_1 + R_1C_2(1-K)) + 1} \dots\dots\dots (2.7)$$

Dengan membandingkan persamaan di atas akan di peroleh:

$$s = j2\pi f \dots\dots\dots (2.8)$$

$$f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{R_1R_2C_1C_2}} \dots\dots\dots (2.9)$$

$$Q = \frac{\sqrt{R_1R_2C_1C_2}}{R_1C_1 + R_2C_1 + R_1C_2(1-K)} \dots\dots\dots (2.10)$$

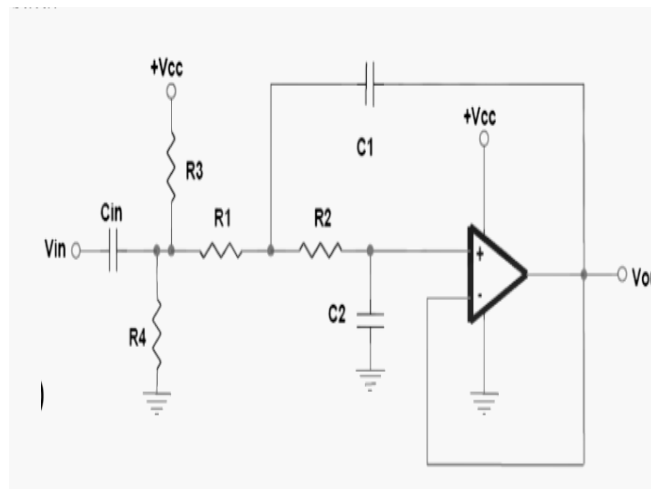
$$K = 1 + \frac{R_4}{R_3} \dots\dots\dots (2.11)$$

Untuk mempermudah desain dan mempersingkat persamaan maka kita dapat membuat nilai  $R_1=R_2=R$  dan  $C_1=C_2=C$  sehingga diperoleh:

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC} \dots\dots\dots (2.12)$$

$$Q = \frac{1}{3-K} \dots\dots\dots (2.13)$$

Sallen-key LPF dapat juga dibuat menggunakan single-supply op-amp seperti pada rangkaian berikut ini:



Gambar: 2.8 Single\_supply sallen-key low pass filter (Fadhli Mr, 2010)

### 2.2.7 Daya Listrik

Daya listrik sering dikaitkan dengan laju hantaran energi listrik pada sirkuit listrik. Satuan standart internasional daya listrik adalah watt yang menyatakan banyaknya tegangan listrik yang mengalir dalam suatu waktu (joule/detik). Daya listrik dilambangkan dengan huruf  $P$ . Pada rangkaian arus DC, Daya listrik sesaat dihitung menggunakan hukum joule. Daya pada sumber DC dinyatakan dalam persamaan berikut (Pahlevi, Reza 2014).

$$P = V \cdot I \dots\dots\dots (2.14)$$

Keterangan:

$P$  = Daya keluaran (watt)

$V$  = Tegangan keluaran (Volt)

$I$  = Arus (Ampere)

### 2.2.8 Tegangan Listrik

Tegangan listrik (kadang disebut sebagai voltase) adalah perbedaan potensial listrik antara dua titik dalam rangkaian listrik, dan dinyatakan

dalam satuan volt. Besaran ini mengukur energi potensial dari sebuah medan listrik. Tergantung pada perbedaan potensial listriknya, suatu tegangan listrik dapat dikatakan sebagai ekstra rendah, rendah, tinggi, dan ekstra tinggi (Pahlevi, reza, 2014)

$$V = I \cdot R \dots\dots\dots (2.15)$$

$$V = \frac{P}{I} \dots\dots\dots (2.16)$$

$$P = \sqrt{P \cdot R} \dots\dots\dots (2.17)$$

Variasi rumus tegangan (V)

Keterangan:

V = Tegangan (volt)

I = Arus (Ampere)

P = Daya (watt)

### 2.2.9 Arus Listrik

Arus listrik adalah banyaknya muatan listrik yang mengalir melalui suatu titik dalam sirkuit listrik tiap satuan waktu. Arus listrik dapat diukur dalam satuan Coulomb/detik atau ampere. Comoh arus listrik dalam kehidupan sehari-hari berkisasran dari yang sangat lemah dalam satuan mikro ampere ( $\mu A$ ) seperti di dalam jaringan tubuh hingga arus yang sangat kuat 1-200 kilo Ampere (kA) seperti yang terjadi pada petir. Dalam kebanyakan sirkuit arus dearah dapat diasumsikan resistansi terhadap arus listrik adalah kostan sehingga besar arus yang mengalir dalam sirkuit bergantung pada voltase dan resistansi sesuai dengan hukum ohm (pahlevi, Reza, 2014).

$$I = \frac{V}{R} \dots\dots\dots (2.18)$$

$$I = \frac{P}{V} \dots\dots\dots (2.19)$$

$$I = \sqrt{\frac{P}{R}} \dots\dots\dots (2.20)$$

Variasi rumus arus (I)

Keterangan:

I =Kuat arus (Ampere)

V = Tegangan (Volt)

R = Resistansi ( $\Omega$ /ohm)

P = Daya (watt)

### 2.3 Komponen Pendukung Pada Penyearah PLTA

Perkembangan PLTA sangat meningkat sebagai energi alternatif yang terbarukan. Perkembangan tersebut salahsatunya berdampak pada pembuatan PLTA itu sendiri. Jenis PLTA banyak jenisnya dan memiliki efisiensi yang berbeda-beda. Demikian untuk mengaplikasikan sumber energi PLTA dapat disesuaikan dengan kebutuhan dan yang paling penting sesuai dengan anggaran dana. Jenis jenis PLTA , dan bahan yang digunakan adalah:

#### 2.3.1 Jenis-jenis turbin pada PLTA

Dalam perkembangannya, turbin angin dibagi menjadi dua jenis yaitu turbin angin Propeller dan turbin angin Darrieus. Kedua jenis turbin inilah yang kini memperoleh perhatian besar untuk dikembangkan (Grafity,2013)

- a. Turbin angin Propeller adalah jenis turbin dengan proses horizontal seperti baling-baling pesawat terbang pada umumnya. Turbin angin

ini harus diarahkan sesuai dengan arah angin yang paling tinggi kecepataannya.



Gambar: 2.9 Turbin Angin Jenis Propeller

- b. Turbin angin Darrieus merupakan suatu sistem konversi energi angin yang digolongkan dalam jenis turbin angin berporos tegak atau vertikal. Turbin angin ini pertamakali ditemukan oleh GJM Darrieus tahun 1920. Keuntungan dari turbin jenis ini adalah tidak memerlukan mekanisme orientasi pada arah angin (tidak perlu mendeteksi arah angin yang paling tinggi kecepataannya) seperti pada turbin angin propeller (Grafity, 2013).



Gambar: 2.10 Turbin Angin Jenis Derrieus

### 2.3.2 Generator Listrik

Generator adalah salahsatu komponen yang dapat merubah energi gerak menjadi energi listrik. Perinsip kerjanya biasanya dengan menggunakan induksi elektromagnetik, poros pada generator dipasang dengan material ferromagnetic permanen setelah itu di sekeliling poros terdapat stator yang bentuk fisisnya adalah kumparan-kumparan kawat yang membentuk loop. Ketika poros generator mulai berputar maka akan terjadi perubahan fluks pada stator yang akhirnya terjadi perubahan tegangan dan arus listrik tertentu proses ini dikenal dengan pembangkit listrik (Grafity,2013).

Hampir semua alat yang mengubah energi mekanis menjadi energi listrik menggunakan efek faraday untuk prinsip operasinya. Menurut efek faraday, suatu gradien voltase ditimbulkan dalam konduktor listrik yang dikenakan gaya tegak lurus terhadap suatu medan magnet. Generator ini berfungsi merubah energi rotasional pada poros menjadi energi listrik. Tegangan dan arus listrik yang dihasilkan ini di salurkan melalui kabel jaringan listrik (Amrullah, F, 2007).

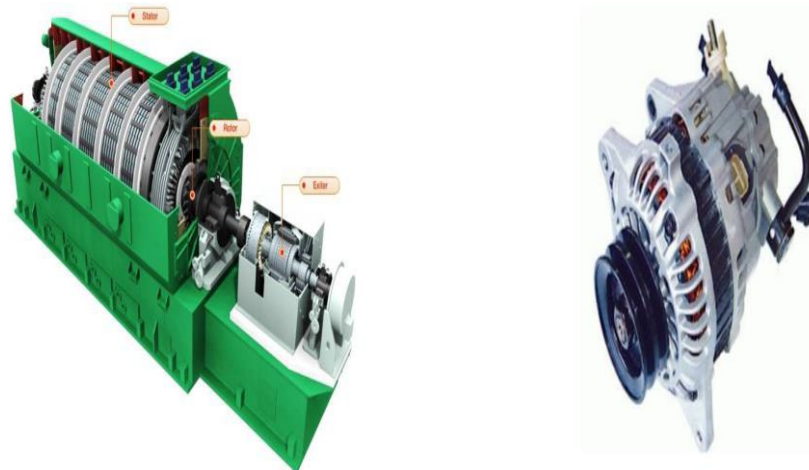
Berdasarkan sistem pembangkitnya Generator dibagi menjadi dua yaitu:

a. Generator Listrik (alternator)

Generator arus bolak-balik (AC) atau disebut dengan alternator adalah suatu alat yang berfungsi untuk mengkonversi energi mekanik (gerak) menjadi energi listrik (elektrik) dengan perantara induksi medan magnet. Listrik AC dihasilkan dari hasil induksi elektromagnetik, sebuah belitan kawat yang berdekatan dengan kutub magnet permanen. Kutub permanen



diputar pada sumbernya, maka diujung-ujung belitan akan timbul tegangan listrik yang ditunjukkan jarum V meter. Jarum V meter bergoyang kearah kanan dan kekiri, ini menunjukkan satu waktu polaritasnya positif dan satuwaktu polaritasnya negatif. Perubahan energi ini terjadi karena adanya perubahan medan maknet pada kumparan jangkar (tempat terbangkitnya tegangan pada generator). Kumparan medan pada generator AC terletak pada rotornya sedangkan kumparan jangkarnya terletak pada stator. Contoh generator AC dapat dilihat pada gambar 2.11 ( sakura, 2017).

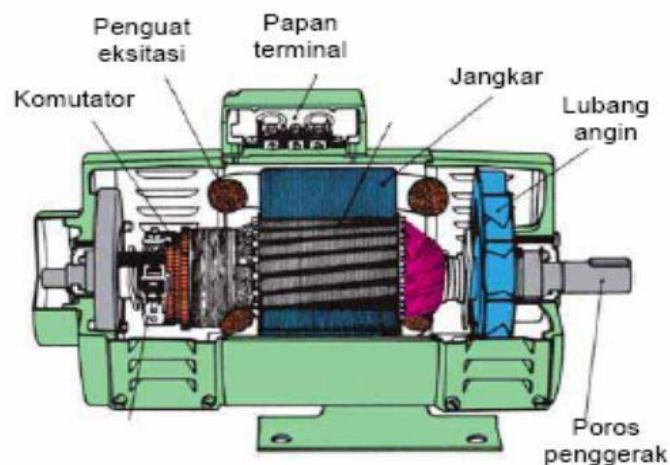


Gambar: 2.11 Generator Listrik Dan Alternator (Dietzel, 1988)

#### b. Generator DC

Generator DC atau arus searah mempunyai komponen dasar yang umumnya hampir sama dengan komponen generator AC. Secara garis besar genertor arus searah adalah alat konversi energi mekanis berupa putaran menjadi energi listrik arus searah, energi mekanik di magnet berdasarkan hukum faraday, maka pada kawat penghantar akan timbul ggl induksi yang besarnya sebanding dengan laju perubahan fluksi yang

dilingkupi oleh kawat penghantar. Bila kumparan kawat tersebut merupakan rangkaian tertutup, maka akan timbul arus induksi yang membedakannya dengan generator AC yaitu terletak pada komponen penyearah yang terdapat didalamnya yang disebut dengan komutator dan sikat. Generator arus searah memiliki konstruksi yang terdiri dari dua bagian yaitu bagian yang berputar (rotor) dan bagian yang diam (stator), Stator adalah rangka, komponen magnet dan komponen sikat, Sedangkan yang termasuk rotor adalah jangkar, kumparan jangkar dan komutator. Secara umum konstruksi generator arus searah adalah dapat dilihat pada gambar 2.12 (Sakura, 2017).



Gambar: 2.12 Konstruksi Generator Arus Searah (Ditzel, 1988)

### 2.3.3 Baterai Charger Regulator

Baterai charger regulator pada sistem pencargeraan sebuah aki dan pembangkit listrik energi terbarukan (sering disebut SCC atau baterai control unit (BCU) atau baterai control regulator (BCR) adalah bagian yang sangat penting. Peran utama adalah melindungi dan melakukan otomatis pada pengisian baterai. Hal ini bertujuan untuk mengoptimalkan sistem dan

menjaga agar masa pakai baterai dapat dioptimalkan. Ada beberapa kondisi yang dapat dilakukan oleh solar charger controller pada pembangkit listrik tenaga angin:

- Mengendalikan tegangan pada pembangkit listrik tenaga angin: Tanpa fungsi control pengendali antara PLTA dan baterai, Panel akan melakukan pengisian baterai melebihi tegangan daya yang dapat ditampung baterai, sehingga dapat merusak sel yang terdapat didalam baterai. Mengisi daya baterai secara berlebihan dapat mengakibatkan baterai meledak.
- Mengawasi Tegangan Baterai: SCC dapat mengawasi saat tegangan baterai anda rendah . Jika tegangan baterai turun dibawah tingkat tegangan tertentu, SCC akan memutus beban dari baterai agar daya baterai tidak habis. Penggunaan baterai dengan kapasitas yang habis, akan merusak baterai. Bahkan baterai bisa tidak dapat digunakan lagi.
- Menghentikan arus terbalik pada saat tidak ada angin: Pada saat tidak ada angin, PLTA tidak menghasilkan tegangan dan arus. Ketika tidak dapat lagi sumber energi, yaitu angin. Alih-alih tegangan dan arus berhenti mengalir, arus yang terdapat pada baterai akan kembali lagi ke generator DC/ Pembangkit listrik, dan hal ini dapat merusak sistem pada pembangkit tersebut. SCC berfungsi untuk menghentikan kondisi arus terbalik ini.

- Dapat memaksimalkan Fungsi Sistem Pada PLTA: SCC berfungsi mengatur arus dari beban saat beban tersambung ke SCC. Terminal beban pada SCC dapat digunakan untuk koneksi langsung, namun SCC masih bisa beroperasi seperti biasa jika tidak ada beban yang terhubung langsung dengannya. Solar charger controler pada sistem PLTA.

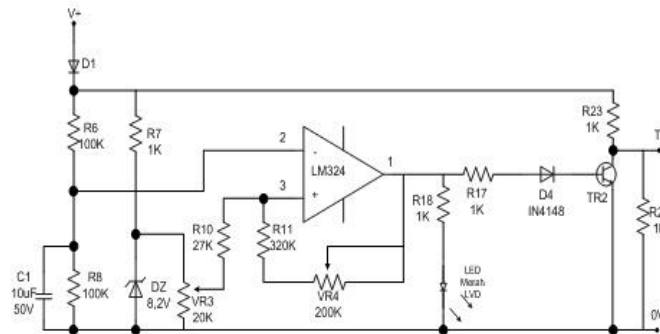
Diagram diatas diatas dapat menggambarkan koneksivitas sistem PLTA, SCC baterai dan beban (misalnya bola lampu). Baterai yang terhubung dengan terminal positif dan negatif pada SCC akan diisi daya oleh PLTA. Ketika beban terhubung oleh SCC, maka sistem kerja PLTA dapat berfungsi secara ideal. Namun perlu diingat bahwa pada sistem ini tegangan yang digunakan adalah tegangan DC.

Baterai charger regulator terdiri atas rangkain HVD (*High Voltage Disconnect*) dan LVD (*Low Voltage Disconnect*) . Kedua rangkaian ini hampir sama kecuali pada penggunaan logika untuk relly magnetiknya, Rangkaian umum baterai charger regulator dapat dilihat pada gambar berikut ini:



Gambar: 2.13 Rangkaian Baterai Charger Regulator Seri

Baterai charger yang regulator digunakan menggunakan regulator seri dengan menggunakan relay magnetik sebagai komponen saklar. Relay magnetik dipilih karena lebih aman dialiri arus besar. Rangkaian kontrol untuk HVD maupun LVD hampir sama, yaitu seperti pada gambar dibawah ini:



Gambar: 2.14 Rangkaian HVD Dan LVD

Perbedaan rangkaian HVD dan LVD hanya pada hubungan rangkain kontrolnya dengan relay magnetik (Septayudha, Warsito, Karnoto, 2017).

### 2.3.4 Baterai Aki (Acumulator)

Karena keterbatasan akan energi angin (tidak sepanjang hari angin akan selalu tersedia) maka ketersediaan listrik pun menjadi tidak menentu. Oleh karena itu digunakan alat penyimpana yang berfungsi sebagai back-up energi listrik sekaligus menghasilkan tegangan keluaran yang kosntan. Tegangan aki yang digunakan adalah 12 volt. Penyimpanan penyimpanan energi ini diakomodasi dengan menggunakan aki.

Aki adalah alat listrik kimiawi yang menyimpan enegri dan mengeluarkannya dalam bentuk listrik. Aki terdiri dari tiga komponen penting, yaitu:

- Batang karbon sebagai anoda (kutub positif aki)
- Seng (Zn) sebagai katoda (kutub negatif aki)
- Pasta sebagai elektrolit (penghantar)

### 2.3.5 Prinsip Kerja Baterai/aki

Baterai aki adalah salah satu komponen penyimpan energi yang dapat mengubah energi listrik menjadi energi kimia dan energi kimia menjadi energi listrik. Banyak jenis baterai yang dapat dipakai pada sistem ini, salahsatunya adalah jenis asam timbal (*lead acid*). Baterai ini tersusun dari beberapa sel elektrokimia dan masing-masing sel bekerja dengan mempergunakan elektroda positif (anoda) yang terbuat dari  $PbO_2$  (*lead oxide*) dan elektroda negatif (Katoda) dari bahan  $Pb$  (*lead*), sedangkan larutan elektrolit yang digunakan dari asam sulfat biasanya terdiri dari enam sel dari masing-masing sel memiliki tegangan sebesar dua volt. (saptiyudha, Warsito, Karnoto. 2017).

Terdapat dua proses yang terjadi pada aki yaitu:

1. Proses pengisian : proses pengubah energi listrik menjadi energi kimia.
2. Proses pengosongan : proses pengubahan energi kimia menjadi energi listrik.

Proses pengisian dan pengosongan dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar: 2.15 Proses charger Dan discharger Pada Baterai

### 2.3.6 Cara Kerja Baterai

Baterai adalah suatu proses kimia listrik, dimana pada saat pengisian/ cas/ charger energi listrik akan diubah menjadi energi kimia dan pada pengeluaran/ discharger energi kimia diubah menjadi energi listrik. Baterai (dalam hal ini adalah aki, Mobil/Motor/Mainan) terdiri dari sel-sel dimana pada setiap sel memiliki tegangan sebesar 2V, artinya aki mobil dan aki

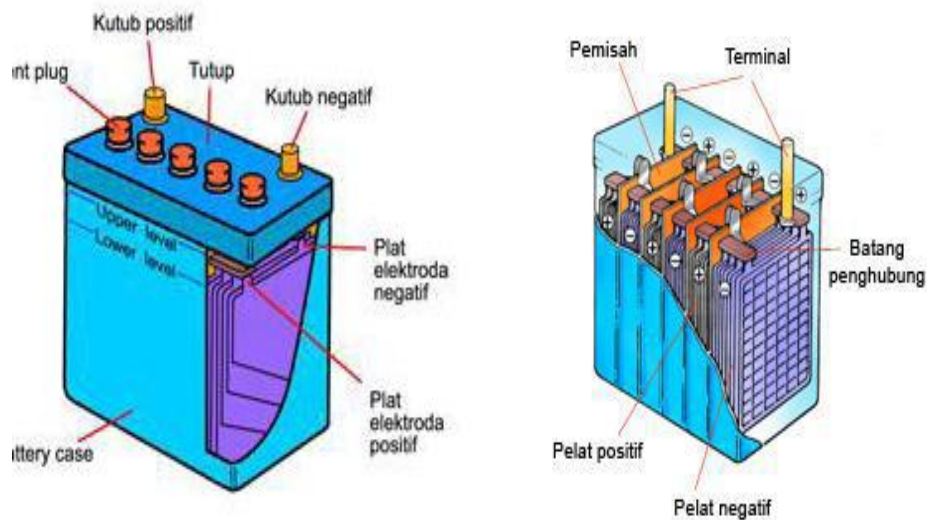
motor memiliki tegangan 12V terdiri dari enam sel yang dipasang secara seri ( $12V = 6 \times 2V$ ).

### **2.3.7 Kapasitas Aki**

Kapasitas aki adalah jumlah ampere jam ( $Ah = \text{kuat arus atau Ampere dikalikan waktu/ hour}$ ), artinya aki dapat memberikan / menyuplai sejumlah isinya secara rata-rata sebelum tiap selnya menyentuh tegangan/ voltase turun (drop voltage) yaitu sebesar 1,75V. Misal, aki 12V 75Ah. Aki ini bisa memberikan kuat arus rata-rata sebesar 900 watt ( $\text{Watt} = V \times I = \text{Voltase} \times \text{Ampere} = 12V \times 75A$ ). Secara hitungan kasar dapat menyuplai alat berdaya 900 watt selama satu jam atau alat berdaya 90 watt selama 10 jam, walaupun pada kenyataannya tidak seperti itu setelah accumulator dipakai melayani beban akan mengalami proses pengosongan, sehingga accumulator tersebut diisi lagi dengan dialiri arus.

Besarnya energi yang dapat disimpan dan dikeluarkan oleh baterai diukur dalam ampere jam (Ah). Misalkan, kapasitas baterai 100 Ah 12 volt artinya secara ideal arus yang dikeluarkan sebesar 5 Ampere selama 20 jam pemakaian. (Saptiyudha, Warsito, Karnoto. 2017).

Berdasarkan elemen yang digunakan untuk aki, dapat dibedakan menjadi dua yaitu dengan bahan berupa larutan atau cairan yang bisa disebut dengan aki basah, dan ada juga yang berupa plat yang disebut aki kering (Padmika, Wibawa, Trisnawati. 2017).



Gambar: 2.16 Sel Aki (Padmika, Wibawa, Trisnawati. 2017)

### 2.3.8 Jenis-jenis Inverter

Inverter adalah rangkainya yang merubah DC menjadi AC. Atau lebih tepatnya inverter memindahkan tegangan dari sumber DC ke beban AC yang disebut rectifier-inverter. Rectifier berarti penyearah, rectifier dapat menyearahkan gelombang sinusoidal (AC) yang dihasilkan oleh generator menjadi gelombang (DC). Inverter disini berfungsi sebagai pembalik. Ketika dibutuhkan daya dari penyimpan energi (aki/lainnya) maka csatu yang dihasilkan oleh aki akan berbentuk gelombang DC. Karena kebanyakan kebutuhan rumah tangga menggunakan catu daya AC, maka diperlukan inverter untuk merubah gelombang DC yang dikeluarkan oleh aki menjadi gelombang AC, agar dapat digunakan oleh rumah tangga.

Dan inverter ada juga yang dapat merubah tegangan bolak balik dan tegangan searah dengan frekuensi dan tingkat tegangan yang dapat diatur dan biasanya untuk mengontrol putaran maupun rangkaian utama pada motor (Rashid, 1993).



Rangkaian inverter terdiri dari tiga bagian, bagian pertama sebuah rangkaian yang terbentuk dari rangkaian konverter yang mengubah sumber tegangan bolak-balik satu fasa dengan frekuensi beragam. Kedua rangkaian ini disebut rangkaian utama.

Bagian yang ketiga adalah sebuah rangkaian kontrol berfungsi sebagai pengendali rangkaian utama. Gabungan keseluruhan rangkaian ini disebut unit inverter (FATEC, 2006).

Inverter dapat secara luas di klasifikasikan kedalam dua tipe, yaitu inverter satu fasa dan inverter tiga fasa. Setiap tipe inverter ini dapat menggunakan piranti terkendali turn-on dan turn-off (seperti BJTT, MOSFET, IGBT, MCT, SIT, GTO) atau thyristor komutasi paksa tergantung pada aplikasinya. Sebuah inverter disebut voltage fed inverter (VFI) jika tegangan masukan inverter dijaga konstan, current fed inverter (CFI) jika arus masukan inverter dijaga konstan dan variable DC linked inverter jika tegangan masukannya dapat dikendalikan (rashid, 1993). Pada penelitian ini, inverter yang dibuat adalah inverter yang menghasilkan frekuensi yang dapat diubah-ubah untuk dapat mengendalikan kecepatan putar sebuah motor induksi satu fasa tipe kapasitor start dan berputar. Variasi frekuensi tegangan keluaran inverter diperoleh dengan cara merubah-ubah nilai tahanan variabel dari sebuah potensio (R) yang terhubung secara seri dengan kapasitor eksternal dengan nilai kapasitansi (C). Ketika tahanan variabel potensio  $R = 1 \square C$ , maka akan terjadi osilasi pada rangkaian osilator dengan frekuensi osilasi sebesar  $f_c = 12 \square RC$ . Frekuensi yang dihasilkan oleh rangkaian osilator adalah dalam kisaran 10 – 50 Hz.

Frekuensi yang dihasilkan oleh rangkaian osilator ini yang selanjutnya menjadi masukan bagi rangkaian driver. Kemudian keluaran dari rangkaian driver ini digunakan untuk menyulut mosfet pada rangkaian inverter. Keluaran inverter inilah yang pada akhirnya diaplikasikan keterminal motor induksi satu fasa pada penelitian ini dilakukan kemotor kapasitordalam kondisi tanpa beban dan berbeban mekanis untuk melihat a hubungan antara frekuensi masukan motor terhadap tegangn, arus, dan kecepatan motor.



(A)



(B)

Gambar : 2.17 (A) inverter yang dapat merubah DC ke AC dan (B) inverter yang dapat mengontrol putaran motor melalui frekuensi.

#### 2.4 Faktor Pengoprasian Maksimum Penyearah PLTA

Kerja maksimum penyearah pada PLTA dipengaruhi oleh banyak faktor. Faktor tersebut ada yang berpengaruh cukup besar dan ada juga yang kecil pengaruhnya. Berikut yang mempengaruhi kinerja maksimum dari penyearah PLTA adalah Energi angin, mengetahui pengaruh angin pada PLTA dan mengetahui pengertian angin adalah sebagai berikut:

### 2.4.1 Energi Kinetik Angin Sebagai Fungsi Dari Kecepatan Angin.

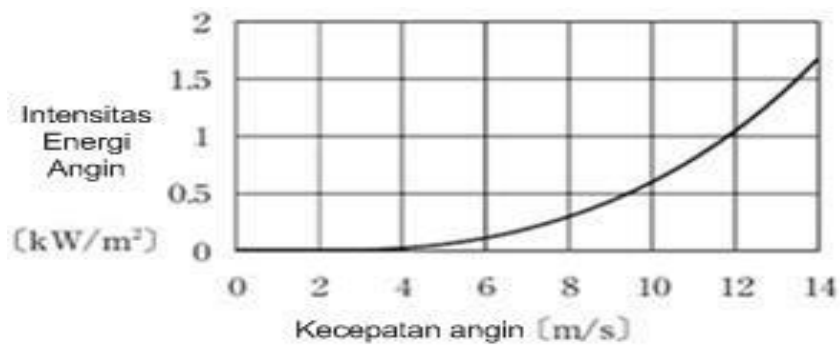
Energi kinetik angin yang dapat masuk kedalam area efektif turbin angin dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut:

$$p = \frac{mx^2}{2} = \frac{(\rho Ax)x^2}{2} = \frac{\rho Ax^2}{2} \dots\dots\dots (2.21)$$

Dimana pada persamaan tersebut dapat kita lihat bahwa energi angin (P : watt), bergantung terhadap faktor –faktor seperti aliran massa angin (m ; kg/s), kecepatan angin (v ; m/s), densitas udara ( $\rho$  ; kg/m<sup>2</sup>), Luas permukaan area efektif turbin (A ; m<sup>3</sup>). Di akhir persamaan, secara jelas dapat disimpulkan bahwa energi angin akan meningkat delapan kalilipat apabila kecepatan angin meningkat dua kalilipatnya, atau dengan kata lain apabila kecepatan angin yang masuk kedalam daerah efektif turbin memiliki perbedaan sebesar 10% maka energi kinetik angin akan meningkat sebesar 30%. Apabila kecepatan kerja PLTA adalah  $V_{rated}$ , maka daya keluaran PLTA dapat diperoleh dari persamaan dengan menuliskan kembali kepersamaan berikut:

$$P_{wt} = \left(\frac{v}{V_{rated}}\right)^3 \times P_{WT (rated)} \dots\dots\dots (2.22)$$

$$P_{WT} = \begin{cases} 0 & , 0 < v < v_{rated} \\ \left(\frac{v}{V_{rated}}\right)^3 \times P_{WT\_rated} & , v_{rated} < v < v_{cut-off} \dots \\ P_{WT\_rated} & , v < v_{cut-off} \end{cases} \dots\dots (2.23)$$



Gambar: 2.18 Merupakan Kurva Intensitas Energi Kinetik Angin Berdasarkan Fungsi Dari Kecepatan Angin (Sutrisna, 2011)

#### 2.4.2 Kecepatan Angin Berdasarkan Fungsi Ketinggiannya Dari Permukaan Tanah

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa kecepatan angin sangat dipengaruhi oleh ketinggian dari permukaan tanah. Semakin mendekati permukaan tanah, kecepatan angin semakin rendah karena adanya gaya gesek antara permukaan tanah dan angin. Untuk alasan ini, PLTA biasanya dibangun dengan menggunakan tower yang tinggi atau dipasang di atas bangunan. Berikut adalah rumus bagaimana cara mengukur kecepatan angin berdasarkan ketinggian dan jenis permukaan tanah sekitarnya.

$$v = v_1(z/z_1)^{1/3} \dots \dots \dots (2.24)$$

Keterangan:

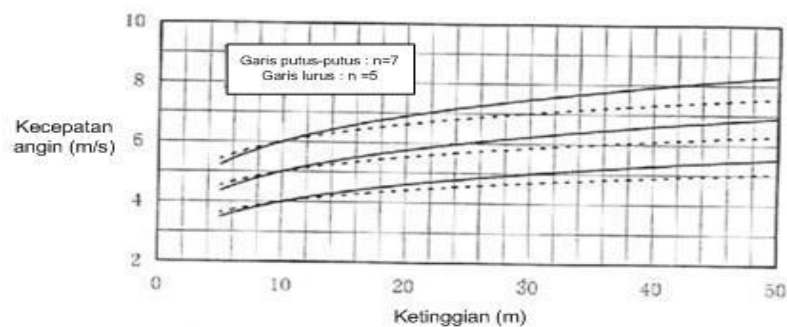
$v$  : Kecepatan angin pada ketinggian ( $z$ )

$v_1$  : Kecepatan angin pada ketinggian ( $z_1$ )

$n$  : Nilai  $n$  dipengaruhi oleh jenis permukaan tanah

Tabel: 2.2 menunjukkan besarnya nilai  $n$  sebagai faktor perbedaan jenis permukaan tanah yang mempengaruhi kecepatan angin.

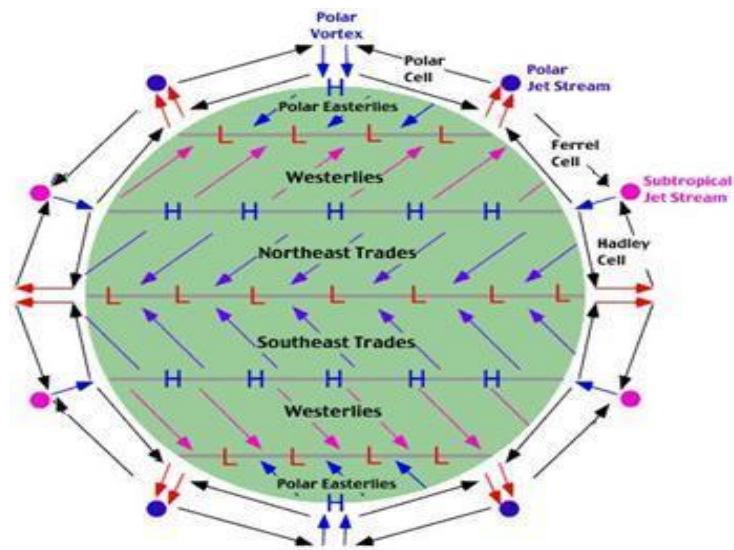
| Jenis permukaan tanah | $n$    | $1/n$       |
|-----------------------|--------|-------------|
| Padang rumput datar   | 7 ~ 10 | 0.10 ~ 0.14 |
| Pesisir pantai        | 7 ~ 10 | 0.10 ~ 0.14 |
| Sawah dan perkebunan  | 4 ~ 6  | 0.17 ~ 0.25 |
| Daerah perkotaan      | 2 ~ 4  | 0.25 ~ 0.50 |



Gambar: 2.19 Menunjukkan hasil perhitungan kecepatan angin berdasarkan ketinggian, dengan garis putus-putus menggunakan asumsi  $n = 7$ , sedangkan garis lurus dengan asumsi  $n = 5$

### 2.4.3 Jenis-jenis Angin

Angin timbul akibat sirkulasi di atmosfer yang dipengaruhi oleh aktivitas matahari dalam menyinari bumi yang berotasi. Dengan demikian, daerah khatulistiwa akan menerima energi radiasi matahari lebih banyak daripada didaerah kutub, atau dengan kata lain, udara di khatulistiwa akan lebih tinggi dibandingkan dengan udara di daerah kutub. Perbedaan berat jenis dan tekanan udara inilah yang akan menimbulkan adanya pergerakan udara (Sutrisna, 2011).



Gambar: 2.20 Merupakan pola sirkulasi pergerakan udara akibat aktivitas matahari dalam menyinari bumi yang berotasi (sumber: Blog Konversi ITB, Energi Angin dan Potensinya)

#### 2.4.4 Angin Laut Dan Angin Darat

Angin laut adalah angin yang timbul akibat adanya perbedaan suhu antara daratan dan laut. Seperti yang kita ketahui bahwa sifat air dalam melepaskan panas dari radiasi sinar matahari lebih lambat daripada daratan, Akibat adanya perbedaan suhu ini akan menyebabkan terjadinya perbedaan tekanan udara diatas daratan dan laut. Hal inilah yang menyebabkan angin akan bertiup dari arah darat kearah laut. Sebaliknya, pada siang hari dari pukul 09.00 sampai dengan pukul 16.00 angin akan berhembus dari laut ke darat akibat dari sifat air yang lebih lambat menyerap panas matahari (sutrisna, 2011).

#### **2.4.5 Angin Lembah**

Angin lembah adalah angin yang bertiup dari arah lembah ke puncak gunung yang biasa terjadi pada siang hari. Prinsip kerjanya hampir sama dengan proses terjadinya angin darat dan angin laut yaitu akibat adanya perbedaan suhu antara lembah dan puncak gunung (Sutrisna, 2011).

#### **2.4.6 Angin Musim**

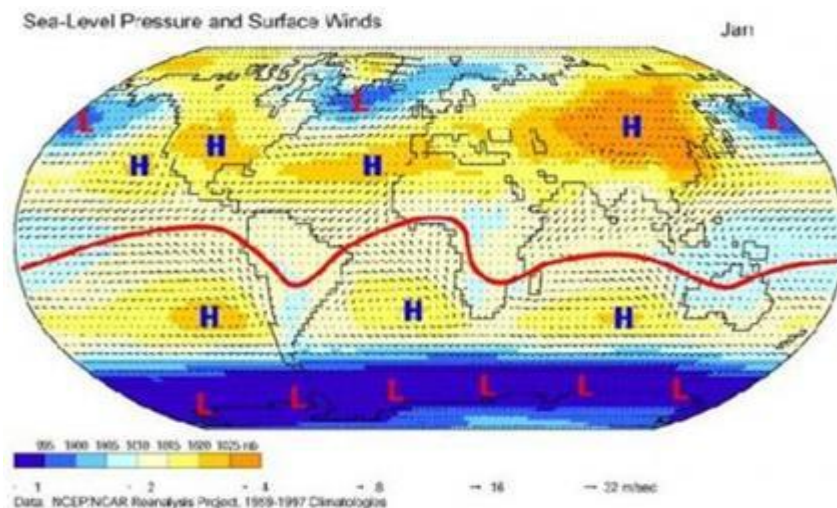
Angin musim dibedakan menjadi dua, yaitu angin musim barat dan angin musim timur. Angin musim barat/ Angin muson barat adalah angin yang mengalir dari benua Asia (musim dingin) ke benua Australia (musim panas). Apabila angin melewati tempat yang luas, seperti perairan dan samudra, maka angin ini akan mengandung curah hujan yang tinggi. Angin musim barat menyebabkan Indonesia mengalami musim hujan. Angin ini terjadi pada bulan Desember, Januari dan Februari, dan maksimal pada bulan Januari pada kecepatan minimal 3 m/s (Sutrisna, 2011).

Angin musim timur / Angin muson timur adalah angin yang mengalir dari benua Australia (musim dingin) ke benua Asia (musim panas). Angin ini menyebabkan Indonesia mengalami musim kemarau, karena angin melewati celah-celah sempit dan berbagai gurun (Gibson, Australia besar, dan Victoria). Musim kemarau di Indonesia terjadi pada bulan Juni, Juli, Agustus, dan maksimal pada bulan Juli (Sutrisna, 2011).

#### **2.4.7 Angin Permukaan**

Kecepatan dan arah angin ini dipengaruhi oleh perbedaan yang diakibatkan oleh material dipermukaan bumi dan ketinggiannya. Secara umum, suatu tempat dengan perbedaan tekanan dan udara yang tinggi akan

memiliki potensi angin yang kuat. Ketinggian mengakibatkan pusat tekanan menjadi lebih intensif. Selain perbedaan tekanan udara, material permukaan bumi juga mempengaruhi kuat lemah kekuatan angin karena adanya gaya gesek antara angin dengan material permukaan bumi. Disamping itu, material permukaan bumi juga mempengaruhi kemampuannya dalam menyerap dan melepas panas yang diterima dari sinar matahari. Sebagai contoh, belahan bumi utara didominasi oleh daratan, sedangkan sebaliknya di selatan didominasi oleh laut. Hal ini saja sudah mengakibatkan angin dibelahan bumi utara dan selatan menjadi tidak seragam. Gambar 2.21 menunjukkan tekanan udara dan arah angin bulan pada permukaan bumi dari tahun 1959-1997. Perbedaan tekanan terlihat dari perbedaan warna. Biru menyatakan tekanan rendah, sedangkan kuning hingga oranye mengatakan sebaliknya. Arah dan besar angin ditunjukkan dengan arah panah dan panjangnya (Sutrisna,2011).



Gambar: 2.21 Arah angin permukaan dan pusat tekanan atmosfer rata-rata pada bulan Januari, 1959-1997. Garis merah merupakan zona konvergen tropis, ITCZ (Sutrisna, 2011)



### 2.4.8 Angin Topan

Angintopan adalah posaran angin kencang dengan kecepatan angin 120 km/jam atau yang lebih sering terjadi diwilayah tropis diantara garis balik utara dan selatan. Angin topan disebabkan oleh perbedaan tekanan dalam suatu sistem cuaca. Di Indonesia dan daerah lainnya sangat berdekatan dengan khatulistiwa, jarang sekali dilewati oleh angin ini. Angin paling kencang yang terjadi di daerah tropis ini umumnya berpusar dengan radius ratusan kilometer disekitar daerah sistem tekanan rendah yang ekstrim dengan kecepatan sekitar 20 km/jam (Sutrisna, 2011).

### 2.5 Potensi Energi Angin

Berdasarkan data dari GWEC, Potensi sumber angin dunia diperkirakan sebesar 50,000 TWh/tahun. Total potensial ini dihitung pada daratan dengan kecepatan angin rata-rata diatas 5,1 m/s dan pada ketinggian 10m. Data ini setelah direduksi sebesar 10% sebagai toleransi yang dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti kepadatan penduduk, dan lain-lain (Sutrisna, 2011).

Tabel: 2.3 Sebaran potensi energi angin. TWH/ tahun (sutrisna, 2011)

| Daerah        | Grubb and meyer<br>(3) | Wijk and coelingh (4) |
|---------------|------------------------|-----------------------|
| Afrika        | 10.600                 | -                     |
| Australia     | 3.000                  | 1.638                 |
| Amerika Utara | 14.000                 | 3.762                 |
| Amerika latin | 5.400                  | -                     |

|                 |        |                     |
|-----------------|--------|---------------------|
| Eropa Barat     | 5.00   | 5.20                |
| Eropa Timur     | 10.600 | -                   |
| Asia            | 4.900  | -                   |
| Perkiraan Total | 50.000 | 20.000 (+Area lain) |

Pengukuran kecepatan angin untuk lokasi penempatan untuk di depan gedung laboratorium jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas di peroleh rata-rata kecepatan angin sebesar 1,53 m/s dan tidak mampu menghasilkan tegangan keluaran, Sedangkan untuk lokasi penempatan kincir angin di gedung lantai 4 fakultas Ekonomi Universitas Tidar rata-rata kecepatan angin yang di peroleh 5,52 m/s dan dapat menghasilkan tegangan keluaran 78,47 volt AC. Generator akan menghasilkan tegangan keluaran minimal kecepatan angin sebesar 2,5 m/s. Daya maksimal yang dihasilkan 172 watt dengan efisiensi daya invertersebesar 80% atau 138,24 watt (Nawawi & Fatkhurrozi, 2016).

## **BAB 3**

### **METODELOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Waktu Dan Tempat**

Penelitian dan pembuatan laporan pengujian penyearah pada PLTA dilakukan pada tanggal 02 Maret 2019 sampai dengan selesai, Tempat di Laboratorium Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Jalan Muchtar Basri No.03 Medan.

#### **3.2 Peralatan Dan Bahan**

peralatanlat dan bahan yang akan digunakan sebagai pendukung penelitian ini adalah sebagai berikut:

##### **3.2.1 Peralatan Penelitian**

Peralatan penunjang yang digunakan dalam merancang simulasi penyearah pada PLT Angin adalah sebagai berikut:

1. Tang Apere meter berfungsi sebagai alat alat yang digunakan untuk mengukur tegangan (V), hambatan resistansi (ohm), arus listrik (A) tanpa harus memotong kabel listrik
2. Multitester berfungsi sebagai alat yang berfungsi untuk mengukur tegangan (V) dan arus listrik (A).
3. Osiloscop berfungsi untuk mengetahui bentuk gelombang cara kerja solar charger dan inverter pada percobaan.
4. Tools kit (Berisikan alat pendukung seperti: tang pengelupas kabel, tang skun kabel, tang pemotong, tang buaya, tang kombinasi, obeng plus minus dan sebagainya.

### 3.2.2 Bahan Bahan Penelitian

1. Baling-baling kipas berbentuk vertikal berfungsi menangkap datangnya laju angin dan merubah hembusan angin menjadi energi gerak yang akan memutar alternator.
2. Generator DC berfungsi sebagai pembangkit tenaga listrik yang digunakan untuk mensuplay kebutuhan listrik.
3. *Sholar Charger Controler* berfungsi mengontrol arus untuk pengisian kebaterei sehingga tidak terjadi *over charging* (kelebihan pengisian daya karena baterai sudah penuh) dan kelebihan tegangan dari alternator.
4. Baterai (aki) berfungsi sebagai penyimpan energi listrik dalam bentuk energi kimia atau konversi energi yang berkerja berdasarkan prinsip elektro kimia atau konversi energi yang bekerja berdasarkan perinsip kerja elektrokimia.
5. *Inverter* berfungsi mengubah tegangan listrik DC (*Direct Current*) menjadi tegangan listrik AC (*Alternating Current*).
6. Kabel listrik jenis NYAF ukuran 1 x2,5 mm<sup>2</sup> berfungsi untuk menghantarkan aliran listrik dari sumber listrik menuju ke beban.
7. *Acrylic* berfungsi sebagai penempatan komponen kelistrikan.
8. Volt meter analog berfungsi untuk mengukur tegangan AC, DC pada percobaan.

### 3.3. Metodologi Penelitian

Tahap yang dilakukan pada penelitian ini adalah strudi literatur, perbandingan hasil pengujian pada PLTA menggunakan Generator DC.

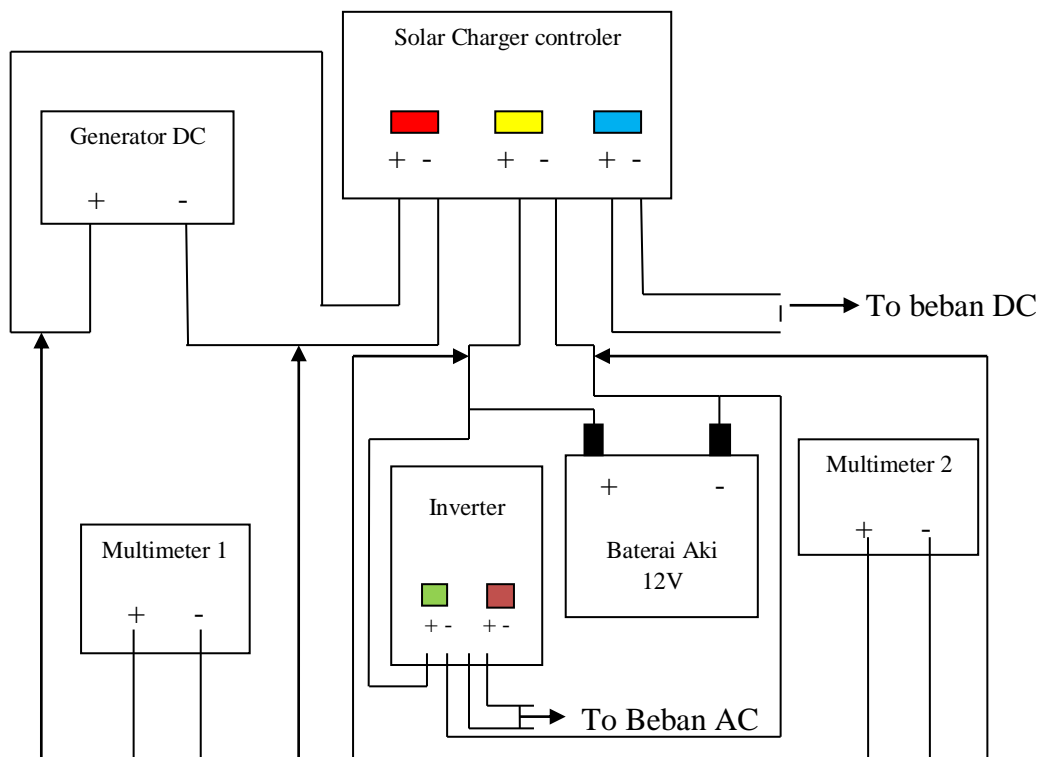
### 3.3.1 Studi Literatur

Studi literatur dimaksudkan untuk mempelajari berbagai sumber referensi atau teori dari (Jurnal dan Internet)

yang berkaitan dengan penelitian untuk penyearah pada PLTA.

Literatur yang di pelajari adalah yang berkaitan dengan:

1. Struktur perancangan PLTA
2. Implementasi rangkaian penyearah untuk PLTA
3. Jenis-jenis komponen yang terdapat dalam suatu PLTA Rumus Perhitungan, gambar, dan grafik pada suatu penyearah PLTA



Gambar: 3.1 Rangkaian Percobaan

Keterangan:

- |  |  |
|--|--|
| <span style="color: red;">■</span> Input DC <i>solar charger kontroler</i> | <span style="color: green;">■</span> Input DC Inverter |
| <span style="color: yellow;">■</span> Output DC ke inverter                | <span style="color: red;">■</span> Output AC Inverter  |
| <span style="color: blue;">■</span> Output ke beban DC                     |  |

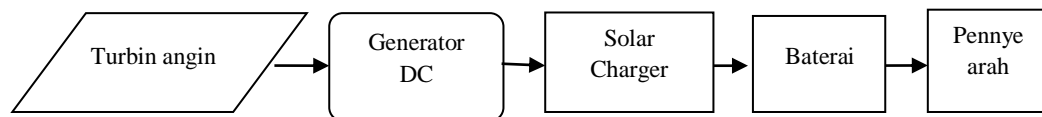
### 3.4 Diagram Penelitian

Urutan penelitian dan analisa data dituangkan dalam alur diagram 3.2 yakni penelitian diawali dengan memahami dan mempelajari karakteristik dari penyearah pada PLT Angin.

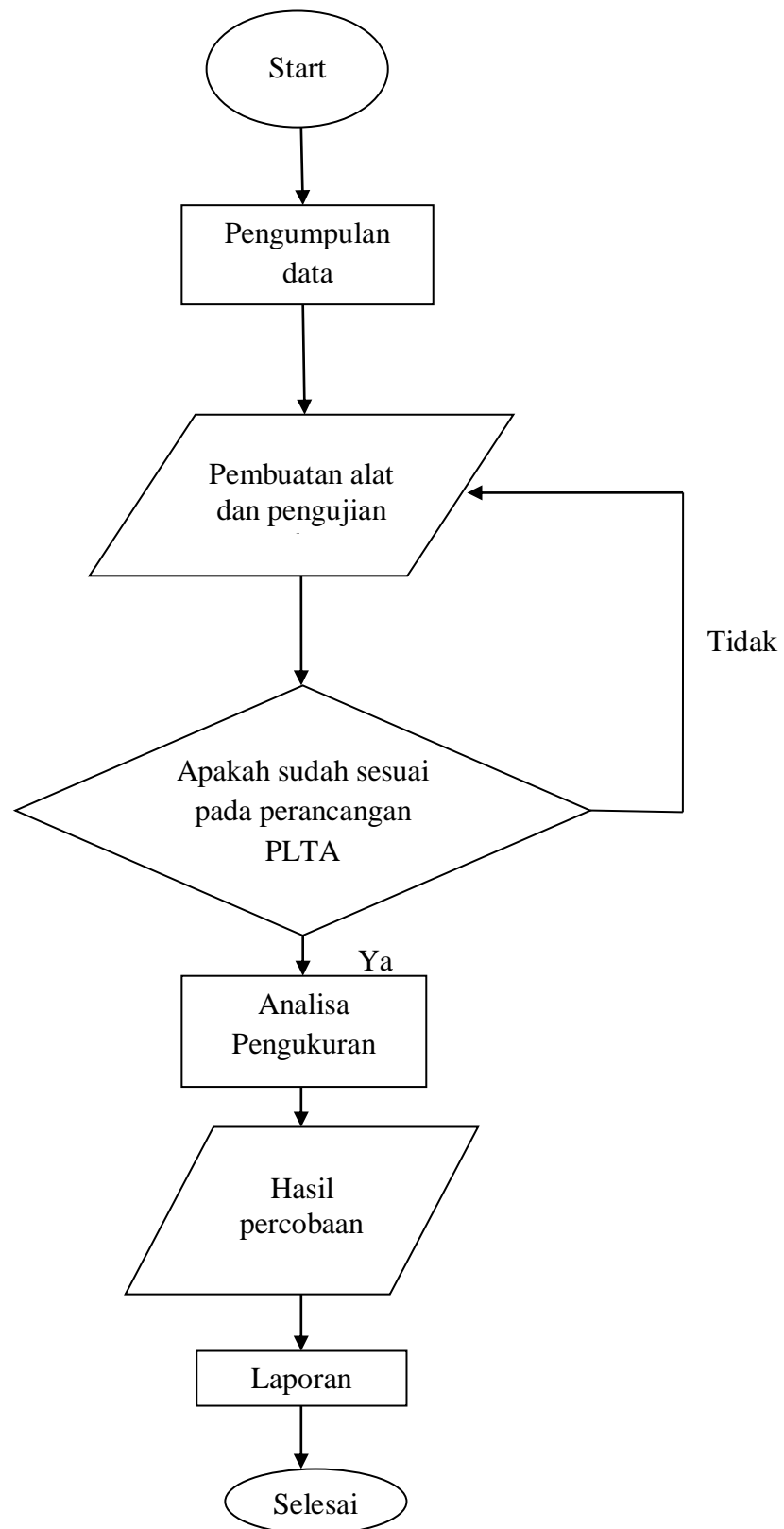
Pengujian sendiri dilakukan dengan mengamati daya, tegangan, dan arus yang dihasilkan dari penyearah dengan menggunakan tang ampere dan multimeter. Setelah semua data terkumpul dan dirasa cukup kemudian dilanjutkan dengan menulis laporan penelitian. Penelitian ini akan diakhiri saat penyusunan laporan telah selesai dan melaporkan hasil penelitian kepada beberapa dosen pembimbing yang telah ditentukan.

Pada penelitian ini akan dilakukan suatu eksperimen pada tiga waktu, yaitu:

Eksperimen pada pagi, siang, dan sore hari dengan mengukur keluaran dari baterai ke penyearah dan keluaran dari penyearah.



Gambar : 3..2 Blok Diagram Pengukuran Penyearah



Gambar : 3.3 Diagram Alur

## BAB 4

### PENGUJIAN DAN ANALISA DATA

#### 4.1 Deskripsi Umum

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui besarnya tegangan dan arus keluaran yang dihasilkan oleh penyearah pada pembangkit listrik tenaga angin dengan menggunakan multimeter dan tang amperem. Pada pengambilan data tugas akhir ini penulis mengambil sampel data dengan waktu yang berbeda-beda yang dimaksudkan untuk mengetahui perbedaan tegangan arus yang dihasilkan dari kecepatan angin pada waktu yang ditentukan yaitu pada 15 Februari 2019.

#### 4.2 Pengujian Pada Solar Charger Controller

Pengujian pada *solar charger controller* dilakukan dengan cara mengukur tegangan dan arus pada keluaran yang dihasilkan dari Generator DC ke masukan *solar charger controller* dan kemudian keluaran dari *solar charger controller* akan diukur menggunakan multimeter. Untuk pengukuran tegangan akan dilakukan dengan cara multimeter dihubungkan ke konektor keluaran rangkain *solar charger controller* dan untuk pengukuran arus keluaran dilakukan dengan cara multimeter dihubungkan secara seri dengan aki yang akan diisi.

Keluaran dari *baterai charger* akan stabil apabila masukannya mendapat tegangan diatas 12V atau lebih. Sedangkan arus akan berubah-ubah sesuai dengan kecepatan putaran generator DC. Saat tegangan masukannya dibawah 12V maka keluaran yang dihasilkan tidak mencapai tegangan 12V sehingga tidak efektif bisa digunakan untuk mengisi sebuah aki. Dalam pengujian *Solar charger controller* ini, penulis menggunakan aki 12V sebagai aki yang akan diisi ulang.



### 4.3 Inverter

Pengujian pada inverter dilakukan dengan cara mengukur tegangan dan arus pada keluaran yang dihasilkan dari baterai melalui *sholar charger controler* dan kemudian keluaran dari *sholar charger controler* akan masuk ke terminal input pada inverter dan input ini akan diukur menggunakan multimeter. Untuk pengukuran tegangan dan arus masukan pada inverter akan dilakukan dengan cara multimeter dihubungkan ke konektor masukan rangkaian input Invereter, dan untuk pengukuran arus dan tegangan keluaran dilakukan dengan cara mengukur keluaran pada Inverter.

Berikut hasil dari pengujian Penyearah pada pembangkit listrik tenaga angin yang telah dilakukan. Pengukuran tegangan dan arus pada Pembangkit listrik tenaga angin dapat dilihat pada tabel 4.1 dibawah ini.

Tabel 4.1 Hasil pengujian Pada Pnyearah Pembangkit Listrik Tenaga Angin.

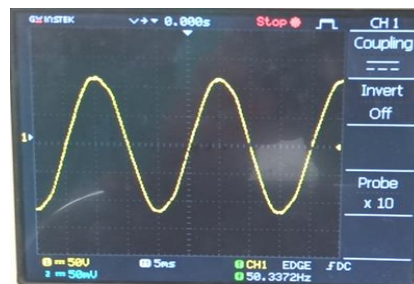
| Waktu Pengujian | Suhu (°C) | Kecepatan Angin (m/s) | Tegangan DC (V)   |     |           | Arus DC (A)       |     |           | Tegangan AC (V) | Arus AC (A) |
|-----------------|-----------|-----------------------|-------------------|-----|-----------|-------------------|-----|-----------|-----------------|-------------|
|                 |           |                       | Charger Controler |     | Inverte r | Charger Controler |     | Invert er | Inverter        | Invert er   |
|                 |           |                       | IN                | OUT | IN        | IN                | OUT | IN        | OUT             | OUT         |
| 09:00-11:00     | 29        | 1,1                   | 3                 | 2,9 | 2,9       | 2,4               | 2,4 | 2,4       | 198             | 0,01        |
| 11:00-13:00     | 30        | 2,1                   | 4,3               | 4,2 | 4,2       | 2,4               | 2,4 | 2,4       | 206             | 0,03        |
| 13:00-15:00     | 30        | 2,6                   | 5                 | 4,9 | 4,9       | 2,3               | 2,3 | 2,3       | 204             | 0,04        |
| 15:00-17:00     | 30,4      | 2,5                   | 4,5               | 4,4 | 4,4       | 2,3               | 2,3 | 2,3       | 212             | 0,04        |
| 17:00-19:00     | 30,6      | 2,8                   | 5,2               | 5,1 | 5,1       | 2,3               | 2,3 | 2,3       | 214             | 0,01        |

#### 4.4 Pengukuran Menggunakan Osiloskop

Setelah pengukuran menggunakan osiloskop didapat gelombang pada sisi masukan penyearah. Pada gambar gelombang yang ditunjukkan pada tampilan gelombang osiloskop yang dihubungkan pada penyearah sisi masukan dan didapatkan hasil pengukuran seperti dibawah ini:

##### 4.4.1 Pengujian Input Pada solar charger controler

Menggunakan tegangan keluaran output generator DC sebesar 3 volt. Generator DC yang digunakan adalah generator merek relience electric dengan spesifikasi *rated current* sebesar 3-17 A, *rated voltage* 24V, *rated power* 100w-350w, *rated speed* 300-600 rpm, frekuensi 50/60 Hz. Pada percobaan ini tegangan yang dihasilkan adalah sebesar 3volt, dengan arus sebesar 2,4 ampere dan bentuk gelombang seperti gambar 4.5 dibawah ini:



Gambar: 4.1 Input Pada solar charger

Pada analisa data dari sinyal masuk maka dapat dihitung tegangan sesuai Pada percobaan dibawah ini. Maka tegangan , waktu dan frekuensi dapat dihitung pada osiloskop yaitu:

Tegangan Input:

$$V = \text{Volt/div} \times \text{div}$$

$$= 5 \times 4 \text{ div}$$

$$= 20 \text{ Volt}$$

Maka waktunya:

$$\begin{aligned} T &= \text{Time/div} \times \text{div} \\ &= 0,005 \text{ s} \times 4 \text{ div} \\ &= 0,02 \text{ s} \end{aligned}$$

Dan frekuensinya adalah:

$$F = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,02} = 50 \text{ Hz}$$

Pada gambar dapat diamati tegangan puncak  $V_{(p)}$ , tegangan puncak ke puncak  $V_{(p-p)}$  yang pada nilainya dua kali  $V_{(p)}$ , dan tegangan efektif (*road mean square/rms*)  $V_{(rms)}$  yang digunakan dalam perhitungan tegangan DC.

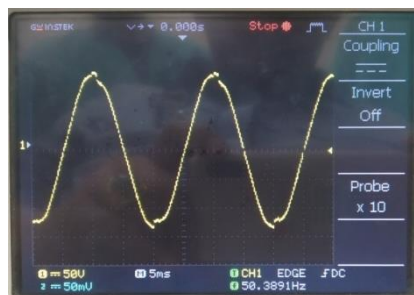
Perhitungan tegangan  $V_{(rms)}$  untuk bentuk gelombang yang umum adalah:

Maka:

$$V_{rms} = \frac{V_{p-p}}{2\sqrt{2}} = \frac{4,8}{2\sqrt{2}} = 1,7 \text{ volt.}$$

#### 4.4.2 Pengujian Pada Output *Solar Charger Controler*

Menggunakan tegangan keluaran output *solar charger contoler* DC sebesar 2,9 volt. *Sholar charger controler* yang digunakan adalah *Reliace de PWM sholar charger controler* 10A, 12V. Pada percobaan ini tegangan yang dihasilkan adalah sebesar 2,9 volt dengan arus sebesar 2,4 ampere dan bentuk gelombang sesuai dengan gambar 4.6 dibawah ini:



Gambar: 4.2 Output Pada Solar Charger

Pada analisa data dari sinyal keluar maka dapat dihitung tegangan sesuai pada percobaan dibawah ini. Maka tegangan, waktu dan frekuensi dapat dihitung pada osiloskop yaitu:

Tegangan Input:

$$\begin{aligned} V &= \text{Volt/div} \times \text{div} \\ &= 5\text{v} \times 4,4 \text{ div} \\ &= 22 \text{ volt} \end{aligned}$$

Maka Waktunya:

$$\begin{aligned} T &= \text{Time/div} \times \text{div} \\ &= 0,005 \text{ s} \times 4,4 \text{ div} \\ &= 0,02 \text{ s} \end{aligned}$$

Dan frekuensinya adalah:

$$F = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,02} = 50 \text{ Hz}$$

Pada gambar dapat diamati tegangan puncak  $V_{(P)}$ , tegangan puncak ke puncak  $V_{(P-P)}$  yang pada nilainya dua kali  $V_{(P)}$ , dan tegangan efektif (*road mean square/rms*)  $V_{(rms)}$  yang digunakan dalam perhitungan tegangan DC.

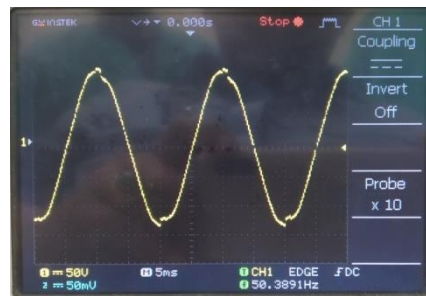
Perhitungan tegangan  $V_{(rms)}$  untuk bentuk gelombang yang umum adalah:

Maka:

$$V_{rms} = \frac{V_{p-p}}{2\sqrt{2}} = \frac{4,4}{2\sqrt{2}} = 1,5 \text{ volt}$$

#### 4.4.3 Pengujian Input pada Inverter

Menggunakan tegangan keluaran DC sebesar 2,9 volt DC. Tegangan yang dihasilkan dari solar charger kontroler sama sebesar kemudian arus searah DC dirubah menjadi AC oleh Inverter. Pada percobaan ini tegangan yang dihasilkan adalah sebesar 2,9 volt DC dengan arus sebesar 2,4 Amp DC dan bentuk gelombang seperti yang dihasilkan pada gambar 4.7 dibawah ini:



Gambar: 4.3 input Pada Inverter

Pada analisa data dari sinyal masukan maka dapat dihitung tegangan sesuai pada percobaan dibawah ini. Maka tegangan, waktu dan frekuensi dapat dihitung pada osiloskop yaitu:

Tegangan Output:

$$V = \text{Volt/div} \times \text{div}$$

$$= 5\text{v} \times 4 \text{ div}$$

$$= 20 \text{ Volt}$$

Maka Waktunya:

$$T = \text{Time/div} \times \text{div}$$

$$= 0,004 \text{ s} \times 4 \text{ div}$$

$$= 0,016 \text{ s}$$

Dengan frekuensinya adalah:

$$F = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,016} = 62,5 \text{ Hz}$$

## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berikut ini adalah kesimpulan dari Implementasi Rangkaian Penyearah Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Angin (PLTA):

1. Cara kerja dari penyearah pada pembangkit listrik tenaga angin adalah:
  - Pada Solar Charger Controller tegangan yang dihasilkan dari Generator DC belum begitu stabil, dengan adanya solar charger controller ini tegangan di stabilkan sehingga beban dapat bekerja dengan baik, kemudian dalam sistem penchargean ke baterai sangat terproteksi disaat baterai penuh solar charger secara otomatis akan memutus pengecasan ke baterai dan disaat baterai kosong akan melakukan pengecasan kembali.
  - Pada Inverter tegangan DC yang dihasilkan oleh solar charger controller akan diubah menjadi tegangan AC dan dapat langsung digunakan ke beban tetapi tidak bisa tersambung langsung oleh tegangan yang dihasilkan PLN karena jenis inverter yang digunakan adalah inverter jenis off grid.
2. Cara menentukan tegangan dan Arus pada penyearah pembangkit listrik tenaga angin adalah dengan mengukur tegangan (V) pada bagian masukan dan keluaran menggunakan multimeter, kemudian pengukuran pada arus (A) dilakukan dengan mengukur induksi kabel fasa masukan dan keluaran menggunakan tang ampere.

3. Menentukan gelombang pada osiloskop dilakukan dengan cara menghubungkan konektor ke kabel fasa dan ke netral/grounding. Kemudian baca gelombang Volt/div dan time/div serta frekuensinya.

## 5.2 Saran

Adapun saran yang bisa penulis sampaikan yaitu:

1. Kedepannya diharapkan penyearah ini dapat dikembangkan lagi seperti bagaimana agar suatu penyearah tidak mudah panas karena dengan adanya panas disitulah akan ada rugi-rugi tegangan, dan dengan tegangan kecil yang dihasilkan bagaimana supaya tegangan yang dihasilkan tetap konstan.
2. Tegangan rata-rata yang dihasilkan generator DC pada PLTA tidak terlalu besar yaitu 5,2 volt dan arus 2,3 ampere sehingga pada saat melewati solar charger controler untuk pengecasan ke baterai terlalu lama, olehkarena itu belum efisien, diharapkan untuk pengembangan selanjutnya diadakan penambahan gearbox untuk menambah putaran pada generator DC. Dan pada keluaran Generator DC dipasang rangkaian penaik tegangan sehingga dapat mengisi baterai lebih cepat dan lebih efisien, dalam menghasilkan tegangan listrik dan menurunkan arus pada beban, sehingga beban yang akan digunakan atau dinikmati akan terasa lebih lama.
3. Bentuk gelombang osiloskop terhadap penyearah pembangkit listrik tenaga angin sudah hampir sempurna diharapkan disempurnakan lagi kedepannya.

## Daftar Pustaka

- Aswardi.2010. Elektronika Daya Dan Power Inverter. Makalah Publikasi.
- Amrullah, F. 2007. Rancang Bangun Pengisian Baterai Pada Pembangkit Listrik Tenaga Angin. Tugas Akhir. Politeknik Elektronika Negri Surabaya.
- Abdan Sakura.2017. Rancang bangun generator sebagai sumber energi listrik nanohidro. Tugas Akhir. Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung Bandar Lampung.
- Didi Istardi.2017. Rancang Bangun Square Wave Full-Bridge Inverter Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Angin Micro. Fakultas Teknik Elektro, Politeknik Negri Batam.
- Istardi, Didi.2010. Analisa Penggunaan Energi Angin Untuk Penerangan Di Area Taman Kampus Politeknik Batam. Seminar Modern Elektrical Engineering Technology And Its Application 2010 Bandung.
- Lugas Grafity.2013. Perancangan Rangkaian Penyearah Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Angin. Di Politeknik Negeri Batam. Program Studi Teknik Elektro. Politeknik Negri Batam.
- Mujiman,2010 Iverter Dengan Pengontrol Beban Otomatis, Jurusan Teknik Elektro, FTI,IST AKPRIND, Yokyakarta.
- Prasetyo & Endryansyah.2018. Optimalisasi Daya Pembangkit Listrik Tenaga Angin Menggunakan Maximum Power Point Treacker (MPPT) Dengan Metode Perturb And Observe (P & O). S1 Teknik Elektro. Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya.



- Septayudha, Warsito, Karnoto .2017. Perancangan Inverter Jenis Push-pull Dan ON/OFF Baterai Charger Regulator (BCR) Pada Aplikasi Fotovoltaik Sebagai Sumber Energi Untuk Pompa Air Atau Penerangan. Teknik Elektro. Universitas Diponegoro.
- Sutrisna.2011. Prinsip Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Angin. Artikel Ketenagalistrikan Indonesia.