

## PEMBUATAN MODUL AVR BERBASIS MIKROKONTROLER UNTUK GENERATOR SINKRON 1 FASA PADA BEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN

**Son Aji Isnan<sup>1</sup>, Rifdian Indrianto Sudjoko<sup>2</sup>, Prasetyo Iswahyudi<sup>3</sup>**  
<sup>1,2,3</sup>Politeknik Penerbangan Surabaya ,Jl. Jemur Andayani I/73, Surabaya 60236  
Email: [ajiisnan26@gmail.com](mailto:ajiisnan26@gmail.com)

### Abstrak

Angin adalah salah satu bentuk energi alam yang bisa digunakan tanpa adanya batas pemakaian dan energi angin dapat digunakan sebagai salah satu sumber energi alternatif untuk menggantikan energi fosil. Salah satunya digunakan sebagai energi pembangkit listrik. Karena potensi energi angin di Indonesia masih relatif kecil, maka dari itu perlunya pengelolaan sumber daya angin yang sesuai agar dapat dimanfaatkan dengan baik.

Pemilihan jenis generator dan turbin angin yang tepat diperlukan untuk memaksimalkan output dari generator. Pada pembuatan penelitian ini, menggunakan turbin angin jenis horizontal dengan lima buah bilah yang kemudian diukur kecepatan putar atau rpm menggunakan tachometer. Hasil pengukuran tachometer tersebut digunakan sebagai acuan untuk kecepatan putaran generator. Penggunaan generator sinkron dipilih karena pembuatan modul AVR (Automatic Voltage Regulator) yang tergolong mudah.

Tegangan DC digunakan untuk memperkuat medan magnet pada generator sinkron jika tegangan output generator menurun. Sebagai penelitian awal kecepatan angin akan dikonversi menjadi rpm yang dapat disesuaikan dengan motor satu fasa. Motor satu fasa akan dikopel dengan generator sinkron. Hasilnya output generator yang telah dikopel tersebut akan menghasilkan tegangan yang tetap 220V meskipun rpm generator berubah ubah. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan untuk memperoleh tegangan yang stabil pada 220 volt dengan beban 200 watt dan arus 0,92 ampere, diperlukan ekstasi tegangan sekitar 15-20 volt DC.

**Kata Kunci:** Tenaga angin, Generator sinkron, rpm, AVR, Mikrokontroler

### Abstract

Wind energy is a form of natural energy that can be used without any usage limits and wind energy can be used as an alternative energy source to replace fossil energy. One of them is used as an energy generator. Because the potential for wind energy in Indonesia is still relatively small, there is a need for appropriate management of wind resources so that they can be utilized properly.

Selection of the right type of generator and wind turbine is needed to maximize the output of the generator. In making this final project, using a horizontal type wind turbine with five blades that measured rotational speed or RPM using a tachometer. The RPM is used as a reference for generator rotation. The use of a synchronous generator was chosen because the manufacture of the AVR (Automatic Voltage Regulator) module is relatively easy.

DC voltage used to strengthen the magnetic field in the synchronous generator if the output voltage of the generator decreases. As a preliminary study, the wind speed will be converted into rpm which can be adjusted with a single-phase motor. The single phase motor will be coupled with a synchronous

generator. The result is that the generator output that has been coupled, will produce a constant voltage of 220V even though the generator rpm changes. Based on the tests that have been carried out to obtain a stable voltage at 220 volts with a load of 200 watts and a current of 0.92 amperes, it is necessary to obtain a voltage of about 15-20 volts DC words.

**Keywords:** Wind Energy, Synchronous Generator, rpm, AVR, Microcontroller

## **PENDAHULUAN**

Penggunaan pembangkit listrik dari Bahan Bakar Minyak (BBM) pada saat ini sudah tidak ekonomis lagi. Semua ini disebabkan oleh suplay bahan bakar fosil yang makin hari makin berkurang tetapi adanya fluktuasi harga bahan bakar yang cenderung naik dan juga sarana transportasi yang jauh menuju tempat pembangkitan, menjadikan arus ditemukannya alternatif pembangkit lain yang lebih ekonomis (Asruldin, 2008). Terdapat beberapa alternatif pembangkitan energi listrik lain yang lebih bersih, tidak menimbulkan polusi dan persediaanya tidak terbatas layaknya Pembangkit Listrik Tenaga Surya, Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) dan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu/Angin (PLTB).

Oleh sebab itu cara yang lebih baik dibutuhkan dalam pengolahan sumber energi alternatif lain yang dapat diperbaharui serta memenuhi ketersediaan sumberdaya energi diperlukan banyak lagi penelitian yang lebih kreatif dan inovatif dalam pengelolaan sumber energi alternatif. (Kurniawan, 2020)

Sumber energi listrik tersebut dapat bersumber dari alam seperti panas matahari, angin, dan air. Dengan memanfaatkan teknologi, energi yang dapat diperbaharui sangat menguntungkan untuk menunjang kehidupan manusia, selain itu bumi juga dapat diselamatkan karena sifat dari pembangkit tersebut yang ramah lingkungan dan dapat mengurangi global warming. Di

Indonesia untuk memenuhi kebutuhan energi listrik dibutuhkan perusahaan besar penyedia tenaga listrik yaitu PT. PLN yang merupakan salah satu BUMN yang memberikan dampak besar dalam masyarakat. Ternyata masyarakat Indonesia terutama di daerah-daerah pelosok masih mengalami kurangnya ketersediaan sumber listrik. Banyak faktor yang mempengaruhi terjadinya pasokan energi listrik yang masih kurang rata di masyarakat, contohnya adalah terdapat banyak pemukiman penduduk yang terletak di daerah terisolir atau sulit dijangkau terutama di pelosok dan hal ini menyebabkan akses jalan yang sulit untuk mencapai pemukiman penduduk tersebut menjadikan biasa untuk mendapatkan listrik masih mahal. Terdapat juga faktor lain yang harus diperhatikan yaitu banyak dari jumlah masyarakat Indonesia dari hari ke hari selalu mengalami kenaikan menyebabkan semakin naik juga kebutuhan sumber daya listrik. Oleh sebab itu pembangkitan energi listrik dengan biaya yang murah tapi tetap efektif diperlukan agar pemerataan energi listrik dapat mencakup seluruh wilayah di Indonesia.

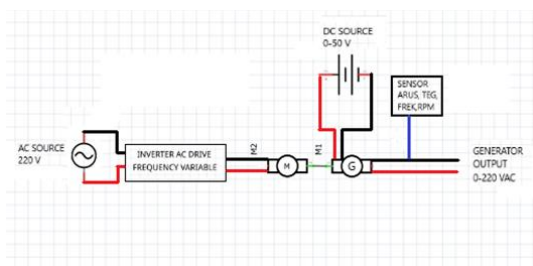
Potensi energi angin Indonesia secara alami relatif kecil, Karena berada di garis khatulistiwa, maka terdapat beberapa daerah yang secara geografis merupakan daerah aliran angin karena merupakan daerah jet effect atau penyempitan antara dua pulau, atau daerah perbukitan antara dua gunung yang berdekatan. Energi angin atau sumber energi angin bermula dari adanya udara yang

bergerak karena perubahan suhu akibat panas matahari. Pembangkit listrik tenaga angin (PLTB) merupakan pembangkit listrik energi yang dapat diperbaharui dan berkembang pesat di berbagai negara maju. Karena Indonesia belum sepenuhnya menguasai teknologi turbin angin terkini, pengembangan turbin angin yang sesuai dengan kondisi potensi energi angin Indonesia masih memerlukan penelitian intensif.

Berdasarkan latar belakang tersebut tujuan penelitian ini adalah mengetahui analisa pembangkit listrik angin dan sistem kerjanya menggunakan generator sinkron 1 fasa, mengetahui rancangan pembuatan pembangkit listrik angin menggunakan generator sinkron 1 fasa berbasis mikrokontroler dan mengetahui pembuatan eksitasi otomatis yang tepat pada generator sinkron 1 fasa.

## METODE

### Desain Alat



Gambar 3. 1 Desain Rancangan Alat

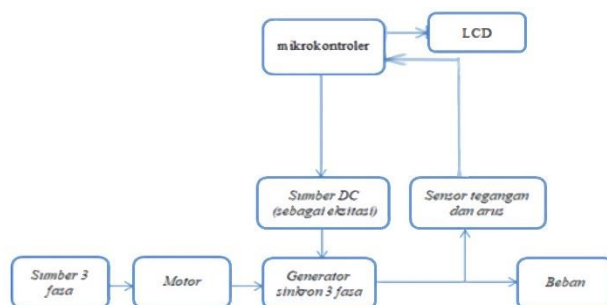
Alat ini nanti akan menggunakan mikrokontroler arduino uno dan esp 8266 sebagai pengontrolnya. Menggunakan sensor arus dan tegangan serta sensor frekuensi sebagai input dari arduino. Selain itu, sumber DC digunakan untuk perubahan tegangan DC sebagai sumber eksitasi generator sinkron.

Cara kerja kerja alat ini adalah dengan menggunakan generator sinkron 1 fasa yang terdapat di Politeknik Penerbangan Surabaya sebagai motor untuk memutar generatornya dan untuk pengontrolan kecepatan motornya

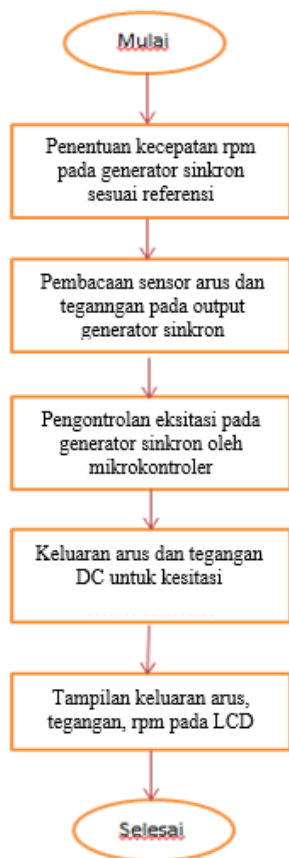
menggunakan AC drive variable frequency yang telah disesuaikan dengan kecepatan putaran pada saat pengujian turbin angin.

Mikrokontroler berperan sebagai pengontrol suplai tegangan DC yang digunakan untuk sumber eksitasi pada generator sinkron. Sensor arus dan tegangan sebagai pendeteksi apabila terdapat penurunan tegangan akibat kurangnya rpm pada generator dan dikontrol otomatis untuk memberikan arus eksitasi agar tegangan tetap stabil. Trafo yang digunakan untuk sumber eksitasi yang akan dirubah DC oleh rectifier.

Teknik pengujian menggunakan generator sinkron 1 fasa yang tersedia di Politeknik Penerbangan Surabaya dan digerakkan menggunakan motor. Untuk pengujian sendiri menggunakan rpm motor yang diubah ubah untuk mendeteksi arus dan tegangan eksitasi naik dan turun dan untuk menjaga tagangan tetap stabil.



Gambar 3. 2 Diagram Cara Kerja Alat



Gambar 3. 3 Diagram Alir Cara Kerja Alat

### Komponen Alat

- Mikrokontroler
 

Dalam percobaan pembuatan alat ini menggunakan Arduino Uno sebagai mikrokontroler pada AVR. Kemudian menggunakan ESP 8266 untuk pengukuran sensor arus, tegangan, frekuensi dan RPM.
- Sensor arus dan tegangan
 

Menggunakan sensor Pzem 004t dan ZMPT101B. Pzem 004t digunakan untuk mensensor output dari generator dab ZMPT101B digunakan untuk mensensor output ke beban yang kemudian ditampilkan pada LCD.
- Transformator
 

Transformator digunakan untuk step down tegangan PLN agar dapat mensuplai tegangan eksitasi generator sinkron.
- LCD 20x4 dilengkapi dengan I2C

LCD digunakan untuk menampilkan hasil sensor Pzem-004t dan hasil dari voltage divider untuk membaca tegangan yang akan masuk pada eksitasi generator sinkron.

- Generator Sinkron
  - Spesifikasi generator sinkron

| No | Spesifikasi       |        |
|----|-------------------|--------|
| 1  | Power             | 3 kW   |
| 2  | Tegangan Output   | 220    |
| 3  | Arus              | 13,6 A |
| 4  | Frekuensi         | 50 Hz  |
| 5  | RPM               | 1500   |
| 6  | Tegangan eksitasi | 42 VDC |
| 7  | Arus eksitasi     | 2 ADC  |
| 8  | Cos $\phi$        | 1,0    |

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian alat secara keseluruhan ini bertujuan untuk mengetahui kinerja generator sinkron yang *output* tetap stabil walau rpm diubah ubah. Beban yang dignakan berupa 1 buah resistor 470  $\Omega$  100 watt, 2 buah bohlam 100 watt dan 60 watt.



Gambar 1 Tampilan pada Layar LCD Pengujian Keseluruhan



Gambar 2 Pengujian Keseluruhan

Tabel 2 Pengujian rpm Generator Sinkron

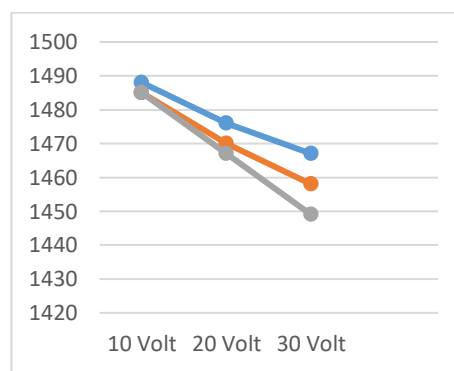
| Hz | V eks VDC | Watt | rpm  | Gen Out VAC | Arus Ampere |
|----|-----------|------|------|-------------|-------------|
| 40 | 20        | 100  | 1107 | 179         | 0,38        |
| 42 | 20        | 100  | 1146 | 186         | 0,40        |
| 45 | 20        | 100  | 0    | 0           | 0           |
| 47 | 20        | 100  | 0    | 0           | 0           |
| 50 | 20        | 100  | 1473 | 230         | 0,42        |

Pada tabel diatas dapat dilihat pada saat frekuensi melebihi 42 Hz maka nilai rpm, *output* generator dan arus adalah nol hal ini terjadi karena tripnya mcb yang dipasang pada *variable frequency* sebelum memasuki generator sinkron. Maka dari itu, pengujian keseluruhan diganti dari yang awalnya menggunakan *variable frequency* menjadi eksitasi yang diubah.

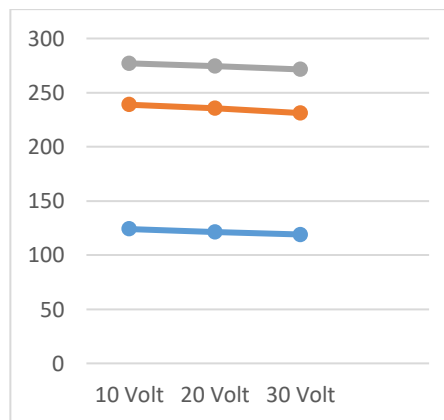
Tabel 4.2 Pengujian Keseluruhan dengan

Eksitasi Diubah

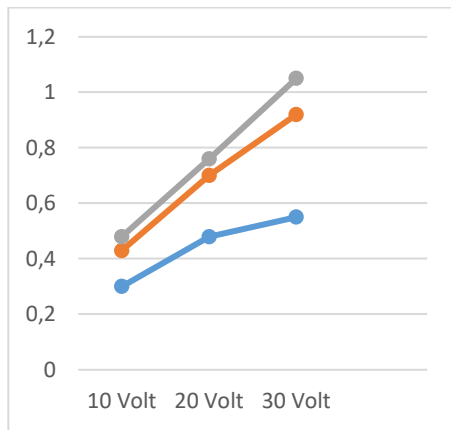
| Hz | Veks VDC | Beban Watt | rpm  | Gen Out VAC | Arus Ampere |
|----|----------|------------|------|-------------|-------------|
| 50 | 10       | 100        | 1488 | 124         | 0,3         |
|    |          | 160        | 1485 | 121,3       | 0,48        |
|    |          | 200        | 1485 | 119         | 0,55        |
| 50 | 20       | 100        | 1476 | 238,8       | 0,43        |
|    |          | 160        | 1470 | 235,6       | 0,7         |
|    |          | 200        | 1467 | 231,1       | 0,92        |
| 50 | 30       | 100        | 1467 | 277         | 0,48        |
|    |          | 160        | 1458 | 274,5       | 0,76        |
|    |          | 200        | 1449 | 271,4       | 1,05        |



Gambar 4. 3 Grafik Eksitasi terhadap rpm



Gambar 4. 4 Grafik Eksitasi *Output* keluaran Generator



Gambar 4. 5 Grafik Eksitasi Terhadap Arus

## PENUTUP

### Simpulan

Simpulan dalam pengujian serta penelitian yang dilandasi pada penjelasan bab dan sub bab sebelumnya, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pembangkit listrik tenaga angin ini menggunakan generator sinkron sebagai pembangkitan listriknya dan menggunakan frekuensi 50 Hz untuk kecepatan putar pada motor penggerak karena MCB yang selalu trip pada saat frekuensi melebihi 40 Hz
2. Perancangan pembangkit listrik tenaga angin berbasis mikrokontroler yang telah dibuat ini belum sepenuhnya berfungsi dengan baik pada eksitasinya yang selalu drop voltage. Karena spesifikasi trafo yang kurang memadai dan tidak cukup untuk eksitasi generator.
3. Dari pengujian yang telah dilakukan pada lab listrik alat dapat berfungsi menghasilkan eksitasi yang sesuai jika mendapat tegangan dari trafo murni yang memiliki spesifikasi 5A.

### Saran

Berdasarkan simpulan yang telah ada, beberapa disadari tentang alat yang telah dibuat agar kedepannya dapat

dikembangkan lebih baik lagi sebagai berikut:

1. Pembangkit listrik tenaga angin pada generator pembangkitannya agar bisa disesuaikan dengan referensi rpm menggunakan turbin angin yang telah diujikan sebelumnya. Serta harus adanya kesesuaian antara MCB dan frequency variabel.
2. Perancangan pembangkit listrik tenaga angin berbasis mikrokontroler dapat berfungsi dengan baik jika mosfet ditambahkan dengan rangkaian driver dan trafo diganti spesifikasinya.
3. Sumber eksitasi dapat diubah menggunakan buck converter atau tetap menggunakan trafo, tetapi trafo yang digunakan harus sesuai agar dapat memenuhi kebutuhan eksitasi generator.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Afif, M. N. (2017). Perancangan Turbin Angin Sumbu Horizontal Dengan Swept Area. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- [2] Anthony, Z. (2018). *Mesin listrik dasar*.
- [3] Dani, A. (2022). Pengeritan PWM dan Contoh Skema Rangkaian PWM. [wikielektronika.com](https://wikielektronika.com).  
<https://wikielektronika.com/pwm-adalah/>
- [4] Eka Maulana. (2014). *Basic Theory of Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistors*. Maulana.Lecture.Ub.Ac.Id, 1–34.  
<http://maulana.lecture.ub.ac.id>
- [5] Hinstroza, D. (2018). Perancangan Transformator 3 Fasa Dengan Menggunakan Transformator 1 Fasa. 7, 1–25.
- [6] Laluyan, C. N., Sompie, S. R. U. A., & Tulung, N. M. (2016). *Rancang*

- Bangun Papan Iklan “ Display Moving Sign ” Menggunakan Arduino UNO328. *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputer (Universitas Sam Ratulangi Manado)*, 5(3), 58–64.
- [7] Permana, S., & Dewira, R. (2016). Pembuatan Kontrol Arus Eksitasi Pada Modul Automatic Voltage Regulator Dengan Menggunakan Mikrokontroler. 1–4.
- [8] Prayogo, R. (2012). Pengaturan PWM (Pulse Width Modulation) dengan PLC. Universitas Brawijaya, 1–2.
- [9] Pulungan, A. B., & Ramadhani, T. (2018). Buck Converter Sebagai Regulator Aliran Daya Pada Pengereman Regeneratif. *Jurnal EECCIS*, 12(2), 93–97.
- [10] Rifdian. (2019). Analisa Unjuk Kerja Generator Sinkron Tiga Fasa dengan Penggerak Turbin Angin. *Jurnal Penelitian*, 4(1), 1–15.  
<https://doi.org/10.46491/jp.v4e1.282>. 1-15
- [11] Rijanto, E. (2009). Rancang Bangun Kontroler Tegangan Analog Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) Dengan Generator Sinkron 3 Fasa Kapasitas 9MVA. *INKOM Journal of Informatics, Control Systems, and Computers*, 3(1), 76–89.
- [12] Sudarso, Y. (2019). Rancang Bangun Prototipe Alat Pembersih Panel Surya Berbasis Arduino. *Paper Knowledge . Toward a Media History of Documents*, 7(2), 107–115.
- [14] Suhaeb, S., Abd Djawad, Y., Jaya, H., Ridwansyah, Sabran, & Risal, A. (2017). *Mikrokontroler dan Interface. Buku Ajar Jurusan Pendidikan Teknik Elektronika UNM*, 2–3.  
[https://scholar.google.co.id/scholar?hl=id&as\\_sdt=0%2C5&q=jurnal+artikel+ilmiah&btnG=](https://scholar.google.co.id/scholar?hl=id&as_sdt=0%2C5&q=jurnal+artikel+ilmiah&btnG=)
- [15] Wahyuni. (2015). Pengertian Mikrontroller. Rancang Bangun Perangkat Lunak Pada Semi Otomatis Alat Tenun Selendang Songket Palembang Berbasis Mikrokontroler Atmega 128, 53(9), 1689–1699.  
<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>