

Rancang Bangun Remote Monitoring Wind Turbine Pada PLTB Skala Mikro

¹Kurnia Fandhy ²Awan Uji Krismanto ³Widodo Pudji Mujiyanto
Teknik Elektro S1 Institut Teknologi Nasional, Malang, Indonesia

[1kfandhy26@gmail.com](mailto:kfandhy26@gmail.com), [2awan_uji_krismanto@lecturer.itn.ac.id](mailto:awan_uji_krismanto@lecturer.itn.ac.id), [3widodopm@yahoo.com](mailto:widodopm@yahoo.com)

Abstrak — Renewable menjadi salah satu pengganti energi fosil. Angin merupakan energi baru terbarukan yang ramah lingkungan. Wind Turbine digunakan untuk menangkap energi angin kemudian mengubahnya menjadi energi gerak. Energi gerak tersebut diubah menjadi energi listrik dengan mesin yang dinamakan Generator

Generator ini memiliki keluaran AC 3 fasa. Rectifier atau AC to DC Converter berfungsi mengubah tegangan AC menjadi tegangan DC. Kemudian masuk ke charge controller untuk menstabilkan keluaran dari Generator. Dari tiap keluaran Generator dan charge controller di monitoring untuk memberikan informasi tiap objek yang diamati. Objek yang diamati berupa arus dan Tegangan AC maupun Tegangan DC. Data disimpan ke dalam MMC (Multimedia card). Sistem monitoring yang terotomasi tanpa ada human interference, bisa secara real-time dan berbasis Internet of Things (IoT).

Arduino mega sebagai mikrokontroler. Komponen yang digunakan berupa Modul Sensor ACS712, Sensor Tegangan DC, Modul Sensor ZMPT101B, Modul Micro SD-Card, RTC DS3231, LCD I2C, Modul ESP8266. Akurasi dari Sensor Tegangan DC memiliki rata-rata Presentasi Galat 0.539%, pada Sensor Tegangan ZMPT101b Presentasi Galat 1.07% Dan Sensor Arus ACS712 Presentasi Galat 0.78%

Blynk sebagai tampilan melalui smartphone, data yang telah didapat bisa dilihat pada smartphone secara langsung.

Kata kunci – Wind turbine, Rectifier, Charge controller, Sistem Monitoring, IoT, Blynk

I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara dengan potensi sumber daya alam yang sangat melimpah. Listrik saat ini menjadi kebutuhan utama dalam masyarakat. Masyarakat dapat menikmati kemajuan teknologi dan perekonomian yang berkembang pesat berkat adanya listrik [1]. Saat ini sebagian besar energi listrik yang digunakan di Indonesia berasal dari energi fosil, yaitu bahan bakar minyak (BBM), gas dan batu bara [2]. Pemanfaatan

energi baru terbarukan (*renewable*) bisa menjadi salah satu solusi pemecah ketebatasan energi fosil. Energi Angin salah satu potensi sumber daya alam yang sangat melimpah terutama di Negara Indonesia.

Turbin angin atau wind turbine adalah kincir angin yang digunakan untuk memutar generator listrik dan menghasilkan energi listrik. Prinsip kerja dari turbin angin ini menggunakan prinsip konversi energi dan menggunakan sumber daya alam yang terbarukan. Hasil yang keluar dari generator listrik akan melewati sebuah *Charge controller*. Controller berperan sebagai alat konversi energi listrik dari AC menjadi DC dan pengatur sistem tegangan masukan yang fluktuatif dari generator untuk distabilkan sebelum disimpan ke baterai.

Sistem monitoring atau sistem pengawasan adalah suatu upaya yang sistematis untuk menetapkan kinerja standar pada perencanaan untuk merancang sistem umpan balik informasi, untuk membandingkan kinerja aktual dengan standar yang telah ditentukan [3]. Sistem Monitoring energi listrik menggunakan perangkat yang disebut data logger. Data logger adalah suatu alat elektronika yang berfungsi sebagai pemantau, perekam dan penyimpan data pengamatan dari suatu objek tertentu [4]. Objek yang diamati berupa arus dan tegangan listrik AC (Alternating Current) dan DC (*direct current*) yang keluaran dari turbin angin menuju baterai penyimpanan.

Arus dan tegangan didapatkan perdetik dan disimpan ke dalam MMC (multimedia card) yang terdapat pada perangkat tersebut. Petugas setiap harinya mengambil data dari MMC pada saat tertentu, dan kemudian mengolahnya menjadi grafik arus, tegangan dan energi listrik yang diperoleh dari alam. Sistem monitoring yang ada masih bersifat manual, masih ada human interference yaitu petugas Format data yang terdapat pada MMC adalah CSV, perlu proses pengolahan data lagi untuk

penyajianya yang berupa grafik arus dan tegangan. Untuk mendapatkan grafik arus, tegangan, dan daya listrik diperlukan proses panjang dan di dalamnya melibatkan manusia untuk melakukan masing – masing prosesnya, maka dari itu perlu sistem monitoring yang terotomasi tanpa ada human interference, bisa secara real-time dan berbasis Internet of Things(IoT) [5].

Sistem Monitoring seperti ini sangat menguntungkan bagi setiap petugas, karena mempermudah pekerjaan mereka dalam pengambilan data tegangan dan arus. Ditambah lagi dengan perkembangan zaman seperti saat ini, dengan sedikit inovasi dari penelitian ini. Penulis merancang sebuah remote monitoring, dimana petugas bisa memonitoring data tegangan dan arus menggunakan Smartphone.

Rumusan Masalah

Berdasarkan paparan latar belakang diatas , maka dapat di simpulkan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana cara mendesain dan merancang sistem monitoring wind turbine pada PLTB skala kecil.
2. Bagaimana menganalisa unjuk kerja sistem monitoring wind turbine pada PLTB skala kecil.
3. Bagaimana cara memonitoring wind turbine melalui smartphone.

Tujuan dan Manfaat Penelitian

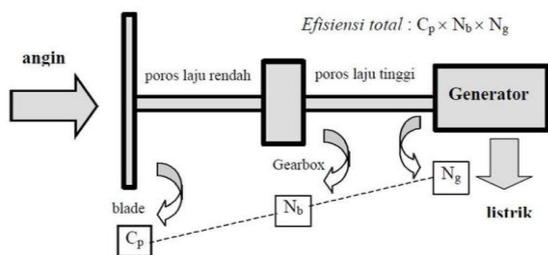
Dalam penelitian ini memiliki tujuan dan manfaatnya yaitu

1. Mendesain dan merancang sistem monitoring wind turbine.
2. Menganalisa unjuk kerja sistem monitoring wind turbine.
3. Membuat sistem monitoring jarak jauh (remote monitoring) yang sederhana dan mudah digunakan untuk wind turbine.

II. KAJIAN PUSTAKA

A. Wind Turbine

Prinsip dasar kerja dari turbin angin adalah mengubah energi gerak angin menjadi energi putar pada kincir, lalu putaran kincir digunakan untuk memutar generator, yang akhirnya akan menghasilkan listrik [6]



Gambar 1. Prinsip Kerja Wind Turbine

Untuk menentukan turbin angin atau kapasitas turbin yang akan digunakan untuk pemilihan pembangkit dinyatakan dengan persamaan :

$$P = P_{rpm} \times \frac{100}{x} \quad [1] \quad (1)$$

Efisiensi kecepatan angin diformulakan sebagai berikut :

$$x = \frac{\text{rata-rata kecepatan angin} \times 100\%}{\text{kecepatan angin maksimal}} \quad [1] \quad (2)$$

Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) berdasarkan arah poros berputar (sumbu) dibagi menjadi 2 jenis yaitu turbin angin sumbu horizontal dan turbin angin sumbu vertikal. Horizontal Axis Wind Turbine (HAWT) merupakan turbin yang poros utamanya berputar menyesuaikan arah angin. Vertical Axis Wind Turbine (VAWT) [7]

Horizontal Axis Wind Turbine (HAWT)

Turbin angin jenis Horizontal Axis Wind Turbine (HAWT) mempunyai ciri sumbu putar turbin sejajar terhadap tanah. Turbin angin jenis ini paling banyak dikembangkan di berbagai negara. Turbin angin dengan sumbu horizontal mempunyai bilah yang berputar dalam bidang vertikal seperti halnya propeller pesawat terbang.

Vertical Axis Wind Turbine (VAWT)

Vertical Axis Wind Turbine (VAWT) merupakan turbin angin sumbu tegak yang gerakan poros dan rotor sejajar dengan arah angin [7]. Kincir jenis ini memiliki bilah yang memanjang dari atas ke bawah.

B. Permanent Magnet Synchronous Generator (PMSG)

PMSG (*Permanent Magnet Synchronous Generator*) diusulkan sebagai generator turbin angin karena sifatnya yaitu self-eksitasi (atau oleh magnet permanen) yang menghilangkan kerugian eksitasi yaitu losses eksitasi tidak meningkat karena jumlah kutub bertambah dua kali lipat. Karakteristik ini PMSG sangat menarik dibandingkan dengan DFIG (*doubly fed induction generator*). karena mereka tidak membutuhkannya gearbox sehingga efisiensi pembangkitan meningkat. Namun, PMSG membutuhkan lebih banyak bahan magnet, yang meningkatkan biaya PMSG. Generator angin berbasis PMSG canggih diklasifikasikan menjadi fluks radial, (RF), fluks aksial (AF), dan transversal fluks (TF) menurut struktur topologinya [8]

C. Tegangan Listrik

Tegangan atau seringkali orang menyebut dengan beda potensial (voltage) adalah kerja yang dilakukan untuk menggerakkan satu muatan (sebesar satu coulomb)

pada elemen atau komponen dari satu terminal atau kutub ke terminal atau kutub lainnya, atau pada kedua terminal atau kutub akan mempunyai beda potensial jika kita menggerakkan atau memindahkan muatan sebesar satu coulomb dari satu terminal ke terminal lainnya. Keterkaitan antara kerja yang dilakukan sebenarnya adalah energi yang dikeluarkan, sehingga pengertian diatas dapat disederhanakan bahwa tegangan adalah energi per satuan muatan [9]

$$v = \frac{dw}{dq} \quad [9] \quad (3)$$

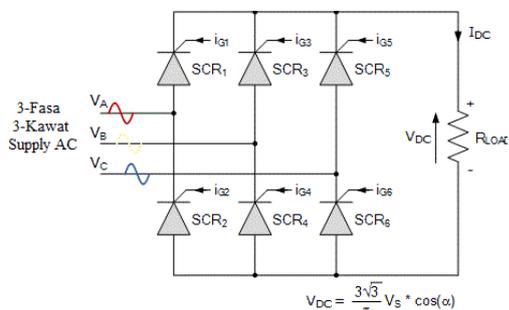
D. Arus Listrik

Arus listrik adalah mengalirnya elektron secara kontinyu pada konduktor akibat perbedaan jumlah elektron pada beberapa lokasi yang jumlah elektronnya tidak sama. Satuan arus listrik adalah Ampere. Satu ampere arus adalah mengalirnya elektron sebanyak 628×10^{16} atau sama dengan satu coulomb per detik meliwati suatu penampang konduktor [9].

$$i = \frac{q}{t} \quad [9] \quad (4)$$

E. Rectifier 3 fasa

Rectifier atau AC to DC Converter berfungsi mengubah tegangan AC menjadi tegangan DC. Komponen utama yang digunakan pada rectifier yaitu dioda. Jenis rectifier yang digunakan yaitu three phase bridge rectifier [10]. Dalam mendesain rectifier melibatkan penentuan rating dioda. Rating dioda biasanya ditentukan dalam arus rata-rata, arus rms, arus puncak dan tegangan balik puncak

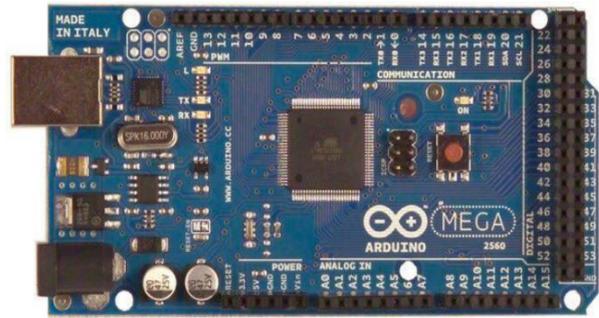


Gambar 2. Rectifier 3 fasa

F. Arduino Mega

Arduino Mega umumnya dibuat menggunakan jenis mikrokontroler ATmega 2560. Sesuai dengan namanya, Arduino ini dibekali dengan prosesor ATmega2560 yang memiliki 54 pin digital I/O (dimana 15 pin dapat digunakan sebagai output PWM), 16 pin analog input, 4

pin UART, 2x3 pin ICSP (untuk memprogram Arduino dengan software lain), dan kabel USB komputer yang sekaligus digunakan sebagai sumber tegangan [11].



Gambar 2. Arduino Mega

G. Sensor Arus ACS712

Sensor arus adalah komponen atau alat untuk mendeteksi arus pada listrik di dalam sebuah kabel, dan menghasilkan sebuah sinyal proposional yang besarnya nilai arus yang terdeteksi. Sensor Arus ACS712 adalah sensor arus dengan system hall effect, artinya besaran besaran arus akan mempengaruhi besar kecilnya hall effect pada sensor. makin besar arus maka makin besar pengaruhnya pada hall effect sensor pada sensor ini.



Gambar 3. Sensor Arus ACS712

Sensor ini memiliki beberapa type, ada yang 5A, 20A dan 30A. Sensor ini dapat membaca Arus Searah (DC) maupun Arus Bolak-balik (AC),

H. Sensor Tegangan DC 25V

Modul ini didasarkan pada prinsip tekanan resistensi poin, dan dapat membuat tegangan input dari terminal merah mengurangi 5 kali dari tegangan asli. Tegangan input analog Arduino max adalah 5 V, jadi tegangan input modul ini sebaiknya tidak lebih dari $5 \text{ V} \times 5 = 25 \text{ V}$



Gambar 4. Sensor Tegangan DC 25V

Sensor Tegangan DC ini mendeteksi tegangan dengan jangkauan: DC 0.02445 V - 25 V.

I. Sensor Tegangan ZMPT101B

Sensor Tegangan ZMPT101B adalah suatu modul sensor tegangan AC yang menggunakan trafo isolasi dengan rasio tegangan 1:1. Sensor Tegangan ZMPT101B memiliki kelebihan antara lain Transformer ukuran kecil, akurasi tinggi, konsistensi yang baik, untuk tegangan dan pengukuran daya. Modul sensor tegangan ZMPT101B mampu mengukur hingga 250 VAC. Sensor ini dilengkapi dengan trim multi-putar potensiometer untuk menyesuaikan output ADC. Sensor Tegangan ZMPT101B ditunjukkan pada gambar 3 dimana rangkaian sensor tegangan menunjukkan U1 sebagai tegangan yang diukur dan U2 adalah keluaran dari sensor [11].

J. Modul RTC DS3231

Modul RTC DS3231 adalah jenis module yang dimana berfungsi sebagai RTC (*Real Time Clock*) atau pewaktuan digital serta penambahan fitur pengukur suhu yang dikemas kedalam 1 module.



Gambar 5. Modul RTC DS3231

K. Modul LCD 20x4 dan I2C Konverter

Modul LCD 16x2 mempunyai 16 pin interface yaitu VSS VDD V0 RS R/W E D0 D1 D2 D3 D4 D5 D6 D7 BLA BLK dimana 6 atau 7 pin adalah pin digital.

I2C adalah modul LCD yang dikendalikan secara serial sinkron dengan protokol I2C/IIC (Inter Integrated Circuit) atau TWI (Two Wire Interface). Normalnya, modul LCD dikendalikan secara parallel baik untuk jalur data maupun kontrolnya. Namun, jalur parallel akan memakan banyak pin di sisi kontroler. Modul ini berguna untuk memudahkan kita dalam menggunakan LCD dimana pin yang dipakai hanyalah 4 saja [10]

L. Modul Micro SD-Card

Micro SD-Card Shield atau SD Modul merupakan solusi untuk mengirim data ke Micro SD-card. Pinout dari SD Card Shield dapat dihubungkan ke Arduino maupun mikrokontroler lainnya, sehingga bermanfaat untuk menambah kapasitas tempat penyimpanan data dan pencatatan data.

M. Modul ESP 8266

Modul ESP8266 adalah modul wifi yang berfungsi sebagai perangkat tambahan mikrokontroler seperti Arduino agar dapat terhubung langsung dengan wifi dan membuat koneksi TCP/IP. Modul WiFi serbaguna ini sudah bersifat SoC (System on Chip), sehingga kita bisa melakukan programming langsung ke ESP8266 tanpa memerlukan mikrokontroler tambahan. Kelebihan lainnya, ESP8266 ini dapat menjalankan peran sebagai adhoc akses poin maupun klien sekaligus.

N. Aplikasi Blynk

Blynk merupakan aplikasi yang berbasis IOS atau Android untuk mengontrol mikrokontroler berupa Arduino melalui internet. Aplikasi Blynk dapat membantu admin dalam memonitoring sesuatu dengan praktis. Blynk dirancang untuk Internet of Things. Dapat mengontrol perangkat keras dari jarak jauh, dapat menampilkan data sensor, dapat menyimpan data, memvisualisasikannya, dan melakukan banyak hal lainnya [-]

O. Kesalahan Dalam Pengukuran

Dalam pengukuran hal yang terpenting adalah mengetahui apakah nilai hasil pengukuran nilai yang benar, karena setiap pengukuran yang menggunakan alat ukur hanya dapat menghasilkan nilai perkiraan. Dengan demikian dalam merancang sebuah alat ukur harus ada nilai pembanding yang bisa didapat dari hasil perhitungan atau dari hasil pengukuran menggunakan alat ukur yang telah diakui kemampuannya.

Untuk menemukan presentase galat pada komponen-komponen sensor, dapat dirumuskan pada persamaan (5).

$$n = \frac{\text{Nilai alat ukur} - \text{Nilai Sensor}}{\text{Nilai Alat Ukur}} \times 100\% \quad [9] \quad (5)$$

Nilai pembanding tersebut digunakan untuk mengetahui besar kesalahan dalam pengukuran, sehingga dapat diketahui tingkat ketelitian alat ukur yang dibuat yang selanjutnya akan menentukan kualitas dari alat ukur tersebut. Klasifikasi alat ukur listrik menurut Standar IEC No. 13B-23 menspesifikasikan bahwa ketelitian alat ukur dibagi menjadi 8 kelas yaitu : 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; dan 5. Kelas-kelas tersebut artinya bahwa besarnya kesalahan alat ukur masing-masing adalah $\pm 0,05\%$, $\pm 0,1\%$, $\pm 0,2\%$, $\pm 0,5\%$, $\pm 1,0\%$, $\pm 1,5\%$, $\pm 2,5\%$, dan $\pm 5\%$.

Dari 8 kelas alat ukur tersebut digolongkan menjadi 4 golongan sesuai dengan daerah pemakaiannya, yaitu [15]:

1. Golongan dari kelas 0,05, 0,1 dan 0,2 termasuk alat ukur presisi yang tertinggi, biasa digunakan pada laboratorium yang standar.
2. Golongan dari kelas 0,5 memiliki ketelitian dan tingkat presisi berikutnya dari 0,2. Alat ukur ini biasa digunakan pada pengukuran-pengukuran presisi. Alat ukur ini biasanya portabel.
3. Golongan dari kelas 1,0 memiliki ketelitian dan tingkat presisi yang lebih rendah dari alat ukur kelas 0,5. Alat ini biasa digunakan pada alat-alat ukur portabel yang kecil atau alat ukur yang digunakan pada panel.
4. Golongan dari kelas 1,5, 2,5 dan 5. Alat ukur ini biasa digunakan pada panel-panel yang tidak begitu memperhatikan presisi dan ketelitian.

P. Aplikasi Blynk

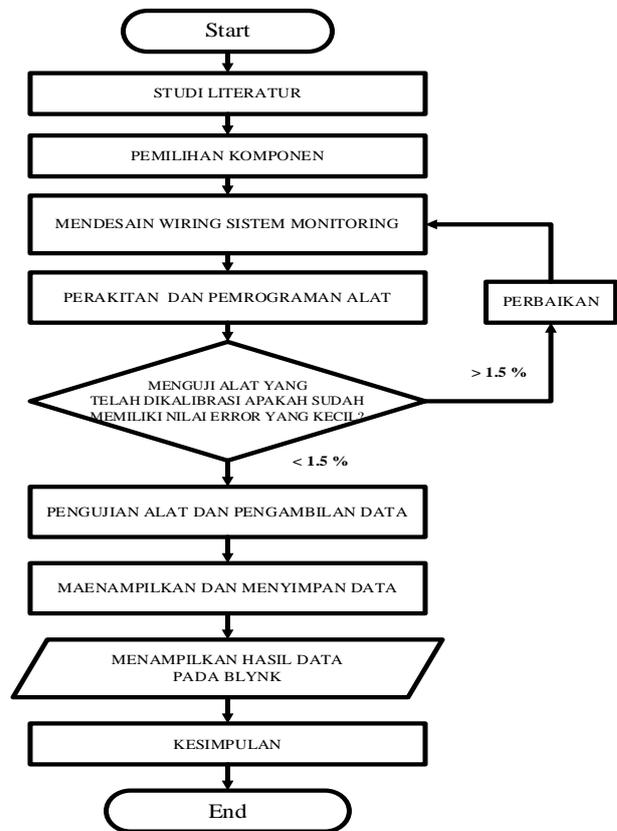
Blynk merupakan aplikasi yang berbasis IOS atau Android untuk mengontrol mikrokontroler berupa Arduino melalui internet. Aplikasi Blynk dapat membantu admin dalam memonitoring sesuatu dengan praktis. Blynk dirancang untuk Internet of Things. Dapat mengontrol perangkat keras dari jarak jauh, dapat menampilkan data sensor, dapat menyimpan data, memvisualisasikannya, dan melakukan banyak hal lainnya

III. METODOLOGI PENELITIAN

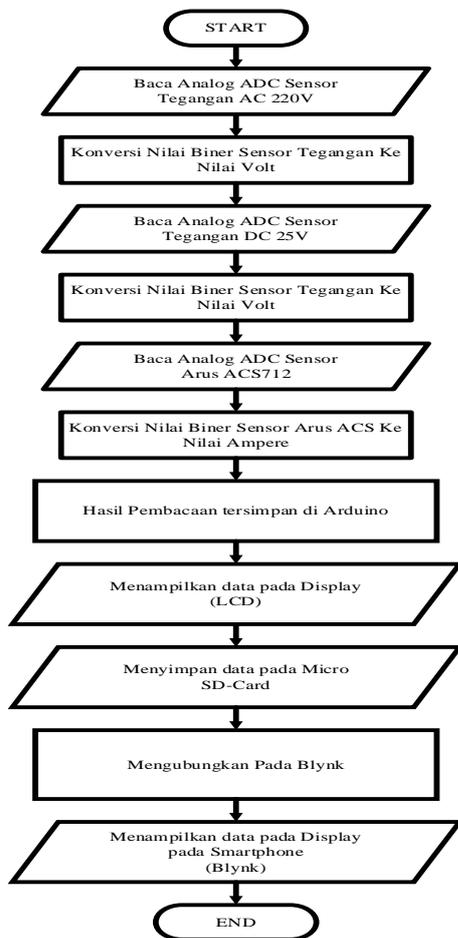
A. Diagram Alir Penelitian

Pada penelitian ini akan menggunakan beberapa tahapan-tahapan atau metodologi penelitian. Berikut ini adalah sebuah diagram alir yang akan menjelaskan proses pembuatan Remote Monitoring Wind Turbine dari persiapan hingga selesai.

Tahapan selanjutnya Diagram Alir Arduino menjelaskan tahapan kerjanya system pemrograman Arduino pada Remote Monitoring Wind Turbine



Gambar 7. Diagram alir Rancang Bangun Remote Monitoring Wind Turbine.



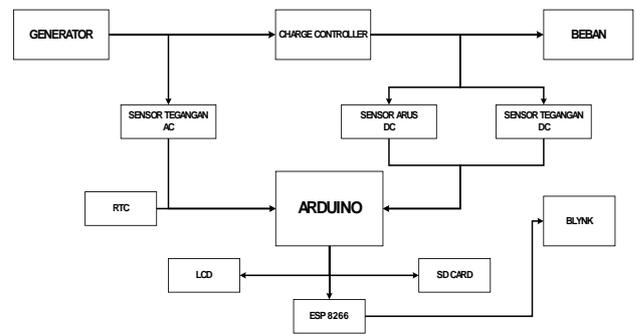
Gambar 8. Diagram Alir tahapan Program

B. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Konversi Energi Elektrik, Gedung Teknik Elektro, Kampus 2 Institut Teknologi Nasional Malang. Waktu pelaksanaan pengujian dilaksanakan setelah Perakitan Remote Monitoring Wind Turbine selesai. Dan pengujian menggunakan Motor untuk menggerakkan Generator.

C. Diagram Blok

Diagram blok merupakan bagian utama atau fungsi diwakili oleh blok yang digunakan oleh garis sebagai penghubung antar blok. Pada penelitian ini Diagram blok alat sebagai rekayasa dalam desain Remote Monitoring Wind turbine.



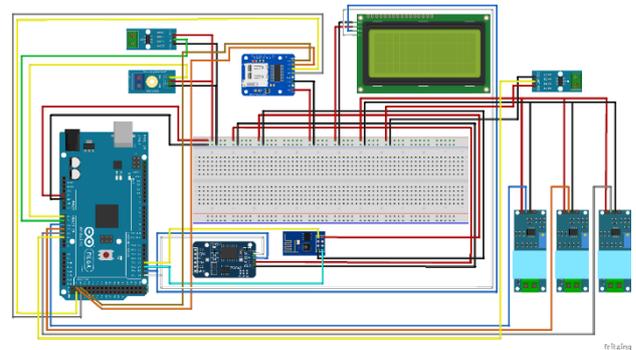
Gambar 9. Diagram Blok

D. Perancangan Remote Monitoring Wind Turbine.

Wiring pada Remote monitoring wind turbine merupakan perkabelan dari setiap komponen – komponen yang saling terhubung pada Arduino mega sebagai mikrokontroler. Komponen yang digunakan berupa Modul Sensor ACS712, Sensor Tegangan DC, Modul Sensor ZMPT101B, Modul Micro SD-Card, RTC DS3231, LCD I2C, Modul ESP8266.

Perancangan Software

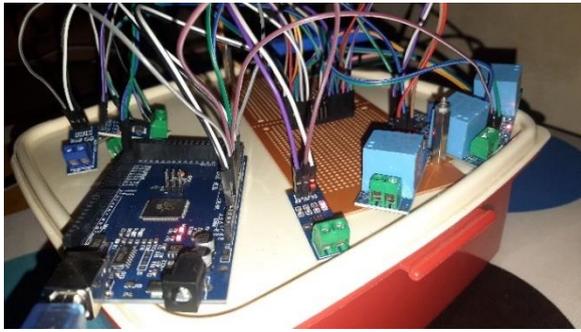
Desain wiring menggunakan software fritzing. Dari setiap komponen saling terhubung ke sebuah mikrokontroler berupa Arduino Mega.



Gambar 10. Wiring Remote Monitoring Wind Turbine

Perancangan Hardware

Perancangan hardware Remote Monitoring Wind Turbine mengacu pada desain yang telah dibuat pada software Fritzing pada gambar 3.4. Perancangan hardware merupakan rangkaian keseluruhan dari Remote Monitoring Wind turbine.



Gambar 11. Wiring Hardware

IV. SIMULASI DAN ANALISA

A. Analisa pengujian tanpa beban

Pada pengujian tanpa beban, penelitian dilakukan untuk mengetahui tegangan murni yang dihasilkan oleh generator AC 3 fasa. Generator menggunakan penghasutan Delta (Δ)

Pengujian ini dilakukan dengan fasa R-Netral, S-Netral dan T-Netral. Sensor ZMPT101b sebagai Sensor Tegangan AC yang akan memonitoring Keluaran dari Generator tiap fasanya. Tegangan generator AC 3 fasa tanpa menggunakan beban dapat dilihat di tabel berikut.

Tabel I
Keluaran Generator Tegangan fasa R

No.	RPM	Volt Meter	Nilai Sensor	Presentase galat (%)
1	200	19.3	19.1	1.04
2	300	32.3	31.9	1.23
3	400	40.7	40.2	1.22
4	500	52.4	51.8	1.11
5	600	63.2	62.6	0.94
6	700	73.6	72.8	1.08
Rata-rata galat				1.10

Tegangan yang didapat pada RPM 200 yaitu 19.3 Volt, pada nilai sensor tegangan ZMPT101b tercatat 19.1 Volt. Presentasi galat pada RPM 200 adalah 1.04%. Pada RPM 200 nilai galat paling besar di bandingkan dengan pengujian lainnya. Dan pada RPM 600 nilai tegangan yang didapat yaitu 63.2 Volt, pada nilai sensor tercatat 62.6 Volt. Presentasi galat pada RPM 600 adalah 0.94%. Di RPM 600 nilai galat paling kecil di bandingkan dengan pengujian lainnya.

Tabel II
Keluaran Generator Tegangan fasa S

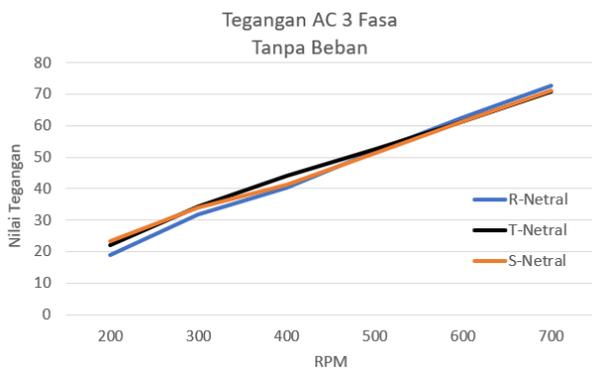
No.	RPM	Volt Meter	Nilai Sensor	Presentase galat (%)
1	200	23.4	23.2	0.85
2	300	34.4	34.0	1.12
3	400	41.7	41.3	0.95
4	500	51.9	51.3	1.15
5	600	62.1	61.4	1.28
6	700	71.7	71.1	0.84
Rata-rata galat				1.03

Keluaran tegangan yang didapat pada RPM 200 yaitu 23.4 Volt, pada nilai sensor tegangan ZMPT101b tercatat 23.2 Volt. Presentasi galat pada RPM 200 adalah 0.85%. Pada RPM 200 nilai galat paling besar di bandingkan dengan pengujian lainnya. Dan pada RPM 700 nilai tegangan yang didapat yaitu 71.7 Volt, pada nilai sensor tercatat 71.1 Volt. Presentasi galat pada RPM 600 adalah 0.84%. Di RPM 600 nilai galat paling kecil di bandingkan dengan pengujian lainnya.

Tabel III
Keluaran Generator Tegangan fasa T

No.	RPM	Volt Meter	Nilai Sensor	Presentase galat (%)
1	200	22.5	22.2	1.33
2	300	34.6	34.2	1.15
3	400	44.6	44.2	0.89
4	500	53.1	52.6	0.94
5	600	62.2	61.4	1.28
6	700	71.7	70.9	1.12
Rata-rata galat				1.11

Tegangan yang didapat pada RPM 200 yaitu 22.5 Volt, pada nilai sensor tegangan tercatat 22.2 Volt. Presentasi galat pada RPM 200 adalah 1.33%. Pada RPM 200 nilai galat paling besar di bandingkan dengan pengujian lainnya. Dan pada RPM 400 nilai tegangan yang didapat yaitu 44.6 Volt, pada nilai sensor tercatat 44.2 Volt. Presentasi galat pada RPM 700 adalah 0.89%. Di RPM 700 nilai galat paling kecil di bandingkan dengan pengujian lainnya.



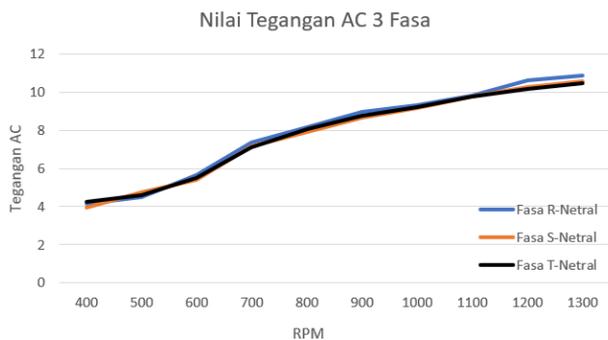
Gambar 12. Grafik Keluaran Tegangan AC 3 fasa tanpa beban

B. Analisa pengujian berbeban.

Pada pengujian berbeban dilakukan untuk mengetahui kemampuan generator yang terhubung ke *Charge controller* untuk dapat menghidupkan sebuah lampu. Pengujian berbeban ini menggunakan beban berupa 1 buah lampu 12 watt berwarna kuning.

1. Monitoring Generator

Keluaran Generator berupa tegangan AC 3 fasa. Dari setiap antar fasa di monitoring tegangan yang dihasilkan generator. Fasa R-Netral, Fasa T-Netral dan Fasa S-Netral. Generator menggunakan pengasutan Delta (Δ). Berikut hasil data yang didapatkan pada generator.



Gambar 13. Grafik Keluaran Tegangan AC 3 fasa berbeban

Pada gambar 4.1 rata-rata nilai tegangan antar fasa R-Netral, S-Netral dan T-Netral adalah 4.17, 3.97 dan 4.23 pada RPM 400. Dan pada RPM 1300 nilai tegangan nya naik menjadi 10.87 V, 10.54 V dan 10.44 V. Tegangan tersebut telah diberi beban berupa lampu 12 watt.

2. Monitoring Charge Controller

Keluaran dari generator 3 fasa kemudian di kontrol dengan Metode Buck Boost Konverter. Hasil yang

didapat berupa tegangan DC yang kemudian di baca hasilnya dengan Sensor ACS712 dan Sensor Tegangan DC 25V.

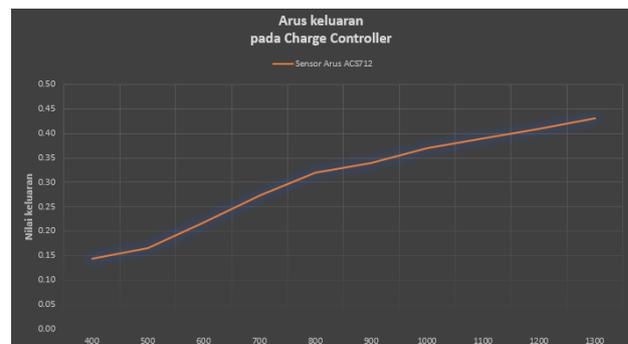
Tabel IV
Keluaran Charge controller

NO	RPM	Sensor Tegangan DC 25V	Sensor Arus ACS712
1	400	2.017	0.14
2	500	3.869	0.17
3	600	5.097	0.22
4	700	6.020	0.27
5	800	7.040	0.32
6	900	7.879	0.34
7	1000	8.579	0.37
8	1100	9.400	0.39
9	1200	9.861	0.41
10	1300	10.307	0.43

Dari percobaan 400 – 1300 RPM dapat disimpulkan nilai tegangan pada saat RPM lebih dari 900 generator memiliki titik jenuh (Saturasi) yang menyebabkan nilai keluaran generator akan selalu menurun.



Gambar 14. Grafik tegangan keluaran pada Charge Controller



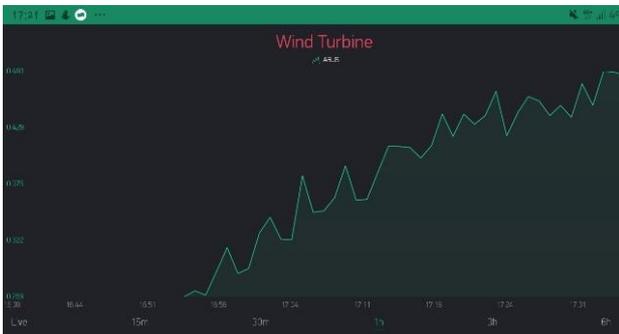
Gambar 15. Grafik arus keluaran pada Charge Controller

3. Tampilan pada Blynk

Pada saat data tersimpan dan akan dikirimkan pada server blynk. Modul ESP8266 sebagai penghubung Arduino ke Blynk dengan menggunakan perangkat wifi. Dan pada smartphone terhubung ke internet sebagai host untuk memonitoring keluaran Wind turbine dari jarak jauh.



Gambar 16. Grafik nilai tegangan secara langsung pada Blynk



Gambar 17. Grafik nilai arus secara langsung pada Blynk

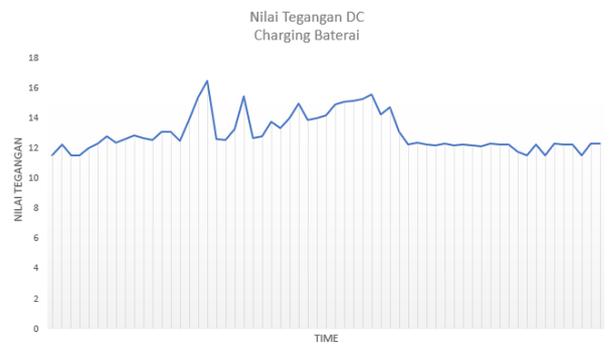
Dari tampilan pada Blynk, pengujian tegangan DC meningkat tiap 5 menit sekali. Peningkatan itu dipengaruhi oleh bertambahnya 100 RPM setiap 5 menit sekali.

Gambar 4.6 menampilkan nilai keluaran arus DC . Peningkatan RPM tersebut membuat beban lampu tambah terang dan di RPM 1300, nilai arus terbaca 0,4 ampere dan lampu hidup terang.

C. Analisis Pengujian Charging Baterai

Pada pengujian charging baterai dilakukan dengan menghubungkan generator AC 3 fasa dengan Charge Controller dan diteruskan ke baterai (Aki). Penggunaan Buck Boost converter bertujuan untuk menurunkan dan menaikkan tegangan yang dihasilkan generator agar bisa dilakukan charging pada baterai.

Pengujian Charging Baterai dilakukan selama 5 menit dengan mengubah kecepatan Rotasi Per-Menit Generator. Hasil yang didapat ditunjukkan pada gambar dibawah



Gambar 18. Grafik nilai tegangan DC saat Charging baterai



Gambar 19 Grafik nilai tegangan Charging baterai pada Blynk

Pada grafik charging baterai dapat dilihat bahwa tiap RPM dinaikan, tegangan yang dihasilkan meningkat dan kemudian kembali lagi ke normal yaitu Tegangan pada baterai 12.16 Volt – 12.4 Volt.

V. KESIMPULAN

Setelah melakukan pengamatan dan pengujian alat, adapun kesimpulan yang diperoleh ialah:

1. Pada Generator 3 fasa pengujian tanpa beban, Rata-rata nilai tegangan Fasa to Netral memiliki nilai galat pada sensor 1% terhadap alat ukur pada tiap fasa nya.
2. Pada pengujian berbeban menggunakan sebuah lampu 12 watt, tegangan yang dihasilkan generator mengalami penurunan tegangan tiap fasa nya menjadi 4.17, 3.97 dan 4.23 pada RPM 400
3. Pada pengujian berbeban di 1300 RPM, lampu 12 watt dengan keadaan menyala sangat terang dan kondisi tegangan yang dihasilkan generator tiap fasa 10.87 V, 10.54 V dan 10.44 V.
4. Nilai tegangan pada saat RPM lebih dari 900 generator memiliki titik jenuh (Saturasi) yang

menyebabkan nilai keluaran generator akan selalu menurun

5. Pada keluaran *Charge controller* Akurasi dari Sensor Tegangan DC memiliki rata-rata Presentasi Galat 0.539%, Dan Sensor Arus ACS712 Presentasi Galat 0.768%
6. Pada grafik charging baterai dapat dilihat bahwa tiap RPM dinaikan, tegangan yang dihasilkan meningkat dan kemudian kembali lagi ke normal

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. F. Syamza, "Rancang Bangun Pembangkit Listrik Turbin Angin Vertikal sebagai Energi Alternatif," Politeknik Negeri Padang, Padang, 2017.
- [2] Bachtiar, Antonov., Hayattul, Wahyudi. (2018). Analisis Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Angin PT. Lentera Angin Nusantara (LAN) Ciheras. *Program studi Teknik elektro. Institut Teknologi Padang*. 7(1), 35-43
- [3] Widiastuti, Nelly Indriani., & Susanto, Rani. (2016). Kajian Sistem Monitoring Dokumen Akreditasi Teknik Informatika Unikom. *Program Studi Teknik Informatika– Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Komputer Indonesia*, 12(2), 195-202
- [4] Faurizal., P.Lapanporo, Boni., & Arman, Yudha (2014). Rancang Bangun Sistem Data Logger Alat Ukur Suhu, Kelembaban dan Intensitas Cahaya yang Terintegrasi Berbasis Mikrokontroler ATmega328 Pada Rumah Kaca. *Prisma Fisika*, Vol. II, No. 3 (2014), Hal. 79 – 84
- [5] Abdillah, Muhammad Hanif., Erfianto, Bayu., & Wijiutomo, Catur Wirawan. (2015). Sistem Monitoring Secara Real-Time Penyimpanan Energi Listrik Dari Wind Turbine Lentera Angin Nusantara (LAN). *Program Studi S1 Teknik Informatika, School of Computing, Telkom University School of Computing, Telkom University*, 2(2), 6387-6394
- [6] Sumiati, R., & Zamri, A. (2013). Rancang Bangun Miniatur Turbin Angin Pembangkit Listrik untuk Media Pembelajaran. *Jurnal Teknik Mesin*. Vol. 3, No. 2.
- [7] Misbahudin., Wahab, Abdul., & Lesmanah, Unung. (2017). Analisa Pengaruh Perbedaan Variasi Jumlah Sudu Untuk Optimalisasi Daya Listrik Pada Turbin Angin Savonius Bertingkat. *Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik. Universitas Islam Malang*
- [8] Kang Wu, Yuan., Yang, Shun-Ming., & Wen-Chin Wu. (2019). Design of a Large Commercial PMSG-based Wind Generator. *IEEE International Conference on Knowledge*. 5-8
- [9] Dinata, Irwan., Sunanda, Wahri. (2015). Implementasi Wireless Monitoring Energi Listrik Berbasis Web Database. Vol: 4, No. 1. 83-88.
- [10] Robiansyah, Muhammad Rinaldy. (2017). Perancangan Kontroler Untuk Turbin Angin Skala Kecil. Kota Bandung : Universitas Telkom. Seminar Nasional TEKNOKA ke - 2, Vol. 2, 2017
- [11] Dr. Junaidi, S.Si., M.Sc dan Prabowo, Yuliyani Dwi. 2018. *Project Sistem Kendali Elektronik Berbasis ARDUINO*. Bandar lampung: AURA
- [12] Supegina, Fina. Setiawan, Eka Jovi. 2017. Rancang bangun iot temperature controller untuk enclosure bts berbasis microcontroller wemos dan android. Jakarta. Universitas Mercu Buana. Vol. 8 No. 2.