

Sistem Monitoring dan Pengukuran Pembangkit Listrik Surya dan Angin Berbasis *Internet of Things* (IoT)

Ichwan Dwi Wahyu Hermanto

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail : ichwan.18028@mhs.unesa.ac.id

Unit Three Kartini, Bambang Suprianto, Endryansyah

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail : unitthree@unesa.ac.id, bambangsuprianto@unesa.ac.id, endryansyah@unesa.ac.id

Abstrak

Seiring bertambah nya penduduk di Indonesia kebutuhan akan energi listrik terus meningkat. Hal ini sering kali berdampak pada daerah di Indonesia yang terbatas akan energi listrik. Dalam hal ini untuk mengurangi ketergantungan penggunaan energi listrik berbahan bakar fosil maka dari itu dibutuhkan pemanfaatan energi alternatif sebagai sumber energi listrik dan dapat di aplikasikan di berbagai daerah di Indonesia salah satu nya. Untuk mengatasi masalah tersebut peneliti membuat rancangan sistem monitoring dan pengukuran pembangkit listrik sel surya dan angin berbasis *Internet of Things* (IoT) untuk mempermudah penggunaan energi listrik dimana rancangan ini dapat mengetahui tegangan, arus dan daya dari pembangkit listrik melalui jaringan internet. Tegangan, arus dan daya yang dihasilkan pada pembangkit dideteksi oleh dua sensor, sensor tegangan DC dan sensor arus ACS712. Tujuan dari penelitian ini adalah merancang sebuah pemodelan pembangkit listrik *hybrid* sel surya dan angin berbasis IoT dimana data yang dihasilkan berupa tegangan, arus dan daya dari radiasi matahari dan angin yang diterima oleh panel surya serta turbin angin dapat di monitoring melalui aplikasi *Blynk*. Teknik analisis data pada penelitian ini menggunakan perbandingan pengukuran multimeter. Pengujian alat dilaksanakan di Gedung A8 Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya. Dari pengujian alat ini didapatkan hasil tegangan hingga 18,2 Volt, arus 2074,3 mili Ampere dan daya listrik sebesar 37,75 Watt yang dihasilkan oleh panel surya dan hasil tegangan yang dihasilkan oleh turbin angin hingga 12,2 V, arus 322,23 mili Ampere dan daya listrik sebesar 3,6 W. Hasil data tersebut ditampilkan pada *smartphone* melalui aplikasi *Blynk*.

Kata Kunci : Energi listrik, Energi alternatif, *Internet of Things* (IoT), Panel surya, Turbin angin

Abstract

As the population in Indonesia increases, the need for electrical energy will continue to increase. This often has an impact on areas in Indonesia that are limited in electrical energy. In this case, to reduce the use of fossil fuel electrical energy, it is necessary to use alternative energy as an energy source and can be applied in various regions in Indonesia, one of which is. To overcome this problem, researchers designed a monitoring and measurement system for solar and wind cell power plants based on the Internet of Things (IoT) to facilitate the use of electrical energy where this design can determine the voltage, current and power of power plants through the internet network. connection, current and power generated at the generator are detected by two sensors, DC voltage sensor and ACS712 current sensor. The purpose of this study is to design an IoT-based solar and wind hybrid power plant modeling where the data generated in the form of voltage, current and power from solar and wind radiation received by solar panels and wind turbines can be monitored through the Blynk application. The data analysis technique in this study used a comparison of multimeter measurements. The tool testing was carried out in the A8 Building, Faculty of Engineering, State University of Surabaya. From testing this tool, the results obtained are voltages up to 18.2 Volts, currents of 2074.3 milli Ampere and electrical power of 37.75 Watts generated by solar panels and the results of voltages generated by wind turbines up to 12.2 V, currents of 322.23 milli Ampere and an electric power of 3.6 W. The data results are displayed on a smartphone via the Blynk application.

Keywords: Alternative energi, Electrical energy, Internet of Things (IoT), Solar panels, Wind turbine

PENDAHULUAN

Seiring bertambah nya penduduk di Indonesia kebutuhan akan energi listrik terus meningkat. Hal ini

sering kali berdampak pada daerah di Indonesia yang terbatas akan energi listrik. Hal ini juga upaya dalam mengurangi penggunaan energi listrik yang di suplai

oleh Pembangkit listrik yang menggunakan bahan bakar fosil untuk menghasilkan energi listrik.

Dalam hal ini untuk mengurangi ketergantungan penggunaan energi listrik berbahan bakar fosil maka dari itu dibutuhkan pemanfaatan energi alternatif sebagai sumber energi listrik dan dapat diaplikasikan di berbagai daerah di Indonesia salah satu nya.

Untuk mempermudah dalam penggunaan energi listrik maka dirancang sistem monitoring dan pengukuran pembangkit listrik sel surya dan angin berbasis *Internet of Things (IoT)* dimana rancangan ini dapat mengetahui tegangan, arus dan daya dari pembangkit listrik melalui tampilan aplikasi *Blynk* pada *smartphone* menggunakan jaringan internet.

Pemanfaatan *Internet Of Things (IoT)* pada era sekarang sangat bermanfaat dalam kehidupan sehari – hari, seperti memudahkan dalam bekerja sehingga bisa lebih cepat dan efisien. Pada era sekarang ini semua orang pasti memiliki *smartphone*, dengan begitu berkembangnya *Internet of Things (IoT)* dapat memudahkan pengguna *smartphone* dapat berkoneksi dari objek ke perangkat melalui jaringan *internet*.

Internet of Things (IoT) di implementasikan menggunakan aplikasi *Blynk* salah satunya, pada aplikasi ini dapat mengontrol apapun dari jarak jauh, dengan ketentuan terhubung jaringan internet yang memiliki koneksi yang stabil. Pemanfaatan energi surya dan angin dapat di aplikasikan pada *photovoltaic* dan turbin angin dimana *photovoltaic* menerima input radiasi matahari sehingga dapat menghasilkan energi listrik dan turbin angin mendapatkan input dari kecepatan angin yang memutar turbin angin sehingga dari putaran tersebut menghasilkan energi listrik. Untuk memonitoring hasil tegangan, arus dan daya listrik yang dihasilkan oleh *photovoltaic* dan turbin angin maka dirancang sebuah alat sistem monitoring berbasis *Internet of Things (IoT)*

Tujuan dari penelitian pengembangan ini adalah merancang sebuah sistem monitoring dari panel surya dan turbin angin berupa data tegangan, arus dan daya yang dihasilkan dari radiasi matahari dan kecepatan angin yang diterima oleh panel surya dan tubin angin. Dimana monitoring dapat dilakukan secara jarak jauh melalui *smartphone* dengan menggunakan jaringan *internet*.

Terdapat beberapa penelitian sebelumnya yang membahas mengenai sistem monitoring pembangkit listrik surya dan angin berbasis IoT. Pada penelitian sebelumnya monitoring dilakukan melalui situs web dan juga melalui sistem Bluetooth.

Menurut Priharti, dkk tahun 2019 dalam penelitiannya berjudul “*IoT based photovoltaic monitoring system application*”, membahas tentang perancangan sebuah aplikasi sistem monitoring secara real time untuk melihat kinerja dari photovoltaic (Priharti, 2019). Selanjutnya Adapun dari penelitian sebelumnya yang mengenai sistem monitoring pembangkit listrik sel surya dan angin (Rouibah dkk, 2021; Catalina dkk, 2020; Sundana dkk, 2020; Safwan dkk, 2021; Madadi, 2021; Katyarmal dkk, 2018; Abed,

2018; Koseoglu, 2019; Kandimalla dan Kishore, 2017; Cheddadi dkk, 2020)

Berdasarkan penelitian di atas penelitian diatas dapat disimpulkan bahwa telah banyak yang memanfaatkan Internet of Things(IoT) sebagai monitoring energi listrik yang dihasilkan oleh energi surya tetapi masih menggunakan situs *web Things Speak*, dimana membutuhkan *device* berupa komputer atau laptop, untuk *database* yang digunakan pada *Things Speak*.

Pada penelitian ini dikembangkan sistem monitoring menggunakan *smartphone* dengan menggunakan aplikasi *Blynk* serta ditambahkan pembangkit listrik tenaga angin untuk di monitoring hasil energi listrik yang dihasilkan oleh pembangkit listrik dengan judul “*Sitem Monitoring dan pengukuran Pembangkit Listrik Surya dan Angin Berbasis Internet of Things*” dimana pada aplikasi *Blynk* dapat menampilkan data – data yang dihasilkan yaitu tegangan, arus dan daya listrik. Dengan demikian diharapkan dengan adanya sistem monitoring pembangkit listrik surya dan angin diharapkan dapat bermanfaat dalam memonitoring energi listrik yang dihasilkan dari *photovoltaic* dan turbin angin melalui *smartphone* dengan jaringan *internet*.

Sel Surya

Sel surya adalah komponen semikonduktor yang menggunakan prinsip *photovoltaic* untuk mengubah energi matahari menjadi energi listrik. Sebuah panel surya terdiri dari beberapa panel surya, dan modul surya terdiri dari beberapa sel surya. Intensitas radiasi matahari dan suhu lingkungan merupakan dua faktor fisik yang mempengaruhi tegangan dan arus listrik yang dihasilkan oleh sel surya. Faktor-faktor tersebut berdampak pada tegangan dan arus listrik yang dihasilkan oleh sel surya. (Suryana, dkk., 2016).

Generator DC

Suatu sistem kelistrikan dinamis yang disebut generator DC mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Generator DC dapat diklasifikasikan menjadi dua kategori, generator booster independen dan generator booster itu sendiri, tergantung pada bagaimana fluks disuplai ke kumparan medan. Sumber daya DC eksitasi terpisah dan tidak terbatas yang memiliki sumber arus independen atau tegangan magnetisasi DC dari output generator. Fluks akan dihasilkan pada kedua kutub oleh sambungan DC yang dipasang pada kumparan medan dan berupa hambatan Rf. Generator akan menghasilkan koneksi induksi. Sebaliknya, generator penguat sendiri menarik arus magnetnya dari dalam. Akibatnya, nilai tegangan dan arus generator berdampak pada arus magnet. (Setiawan, dkk., 2021).

Turbin Angin

Turbin angin adalah kincir angin yang digunakan untuk membangkitkan tenaga listrik. Dengan memanfaatkan gerak kinetik dari putaran kincir angin yang memutar generator sehingga menghasilkan energi listrik. Turbin angin ini pada awalnya dibuat untuk mengakomodasi

Sistem Monitoring dan Pengukuran Pembangkit Listrik Surya dan Angin Berbasis *Internet of Things* (IoT)

kebutuhan para petani dalam melakukan penggilingan padi serta keperluan irigasi (Saputra, 2016).

NodeMCU ESP 8266

NodeMCU adalah sebuah platform *Internet of Things* (IoT) yang bersifat *open source*. Terdiri dari perangkat keras berupa *System On Chip* (SoC) ESP8266-12 buatan *Espressif System*, juga perangkat lunak yang dapat diprogram menggunakan bahasa pemrograman. Alih-alih kit pengembangan perangkat keras, frasa "NodeMCU" benar-benar mengacu pada perangkat lunak yang telah dibuat. NodeMCU sebanding dengan papan Arduino ESP8266. ESP8266 telah digabungkan oleh NodeMCU menjadi papan kecil dengan berbagai fitur, termasuk mikrokontroler, akses ke WiFi, dan chip komunikasi USB to Serial, sehingga memungkinkan untuk memprogramnya hanya dengan ekstensi kabel data micro USB.

Sensor arus ACS712

Sensor Arus ACS712 adalah *Hall Effect current sensor*. *Hall effect allegro ACS712* adalah sensor yang tepat yang dapat menentukan apakah pengukuran arus untuk arus AC atau DC. Aplikasi sensor ini sering digunakan untuk kontrol motor, pemantauan beban dalam sistem kelistrikan, catu daya mode sakelar, dan perlindungan kelebihan beban. (Ratnasari, dkk, 2017).

Sensor Tegangan DC

Sensor tegangan DC merupakan rangkaian pembagi tegangan yang dibuat menjadi sebuah modul. Modul sensor tegangan DC ini mampu untuk mengukur tegangan hingga 25 V. (Imron, dkk, 2018).

Internet of Things (IoT)

Layanan *Internet of Things* (IoT) dirancang untuk membuat kendali jarak jauh dan memperoleh data sensor dari perangkat Arduino atau mikrokontroler menggunakan aplikasi yang dikembangkan khusus yaitu Aplikasi *Blynk* (Artiyasa, dkk., 2020).

Arduino IDE

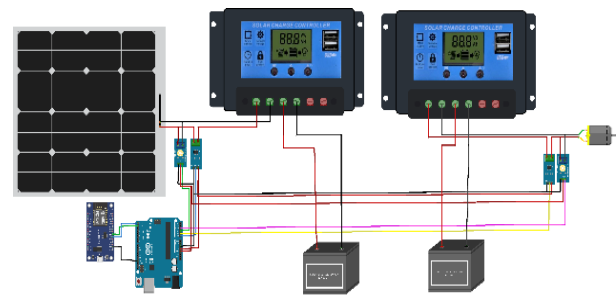
Arduino dikatakan sebagai sebuah kombinasi antara suatu program perangkat keras dan lperangkat lunak dari *physical computing* yang bersifat *open source*. Platform pengembangan Arduino menggabungkan perangkat keras, bahasa pemrograman, dan Lingkungan Pengembangan Terpadu (IDE) (IDE). Saat mengembangkan program dan mengubahnya menjadi kode biner untuk dimasukkan ke dalam memori mikrokontroler, perangkat lunak IDE sangat penting (Djuandi, 2011).

Blynk

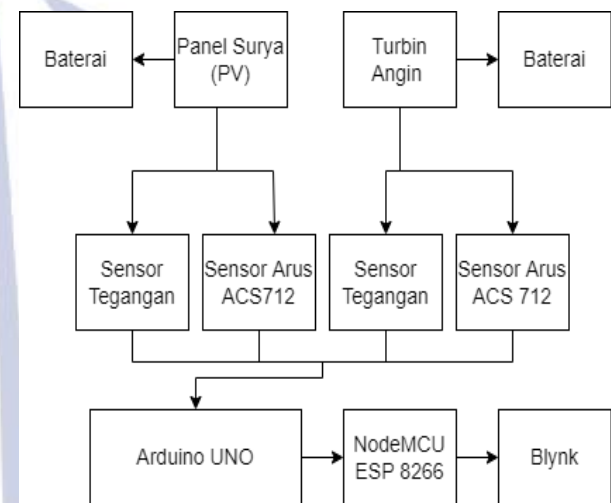
Blynk adalah sebuah layanan aplikasi yang digunakan untuk mengontrol mikrokontroler dari jaringan internet. Aplikasi yang disediakan oleh *blynk* sendiri masih butuh disusun sesuai dengan kebutuhan. Penggunaan aplikasi *blynk* (Prayitno, dkk, 2017).

METODE

Desain sistem ini digambarkan *wiring of hardware system* tentang perkabelan dari sistem yang dibuat pada penelitian ini.



Gambar 1. *Wiring of Hardware System*



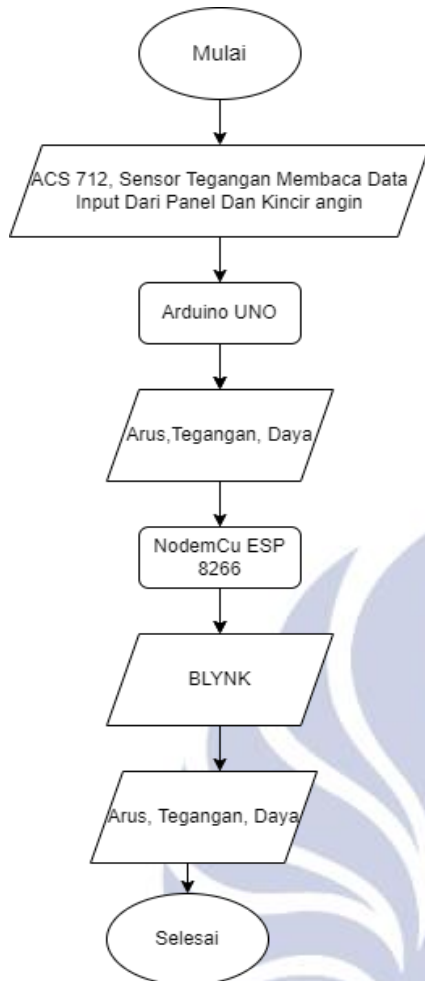
Gambar 2. Blok Diagram Sistem

Untuk memperjelas Gambar 2, disebutkan pin yang digunakan dalam bentuk tabel 1.

Tabel 1. Pin yang digunakan pada Gambar 2

Sensor	Arduino Uno
Tegangan PV	Terhubung ke Pin A2, Pin 3,3 V dan Pin <i>Ground</i>
ACS 712 PV	Terhubung ke Pin A0, Pin 5 V, dan Pin <i>Ground</i>
Tegangan Turbin	Terhubung ke Pin A3, Pin 3,3 V dan Pin <i>Ground</i>
ACS 712 Turbin	Terhubung ke Pin A1, Pin 5 V, dan Pin <i>Ground</i>

Pada Gambar 3, digambarkan alur untuk memperjelas cara kerja alat pada penelitian ini. Gambar 3 merupakan alur cara kerja alat yang dirancang. Pada penelitian ini digunakan dua buah sensor yaitu sensor Tegangan DC dan sensor Arus ACS712.



Gambar 3. Flowchart Cara Kerja Alat

Sensor tegangan DC berfungsi mendeteksi tegangan pada hasil dari pembangkit listrik dan untuk sensor Arus ACS712 berfungsi mendeteksi aliran arus hasil dari pembangkit listrik. kemudian akan di teruskan pada mikrokontroler Arduino Uno dan mendapatkan output berupa nilai arus dan tegangan setelah mendapatkan output dari Arduino Uno data tersebut akan dikirimkan ke NodemCu ESP 8266 dan akan di kirimkan ke aplikasi *Blynk* melalui jaringan *internet* yang ditampilkan pada *smartphone* dengan tampilan digital.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini membahas tentang hasil pengujian sistem monitoring pembangkit listrik surya dan angin yang diterima oleh photovoltaic dan turbin angin berbasis IoT dan hasil pengujian tegangan, arus dan daya listrik photovoltaic dan turbin angin menggunakan alat multimeter.

Bentuk Alat

Bentuk alat sistem monitoring pembangkit listrik surya dan angin berbasis *Internet of Things* (IoT) yang dirancang pada gambar 4.



Gambar 4. Alat pemodelan pembangkit listrik hybrid sel surya dan angin berbasis Internet of Things (IoT)

Sensor Arus (ACS712) dan sensor tegangan DC terhubung aliran listrik yang dihasilkan oleh turbin angin dan panel surya, untuk sensor Arus (ACS712) di hubungkan secara seri melalui solar charge controller (SCC) dan untuk sensor tegangan DC dihubungkan secara parallel. Dalam hal ini kedua sensor yang mendeteksi arus dan tegangan yang dihasilkan oleh turbin angin dan panel surya memberikan input data menuju Arduino Uno dan akan di proses kemudian dikirimkan ke NodemCu ESP 8266, dari NodemCu ESP 8266 dikirimkan ke *smartphone* pada aplikasi *Blynk* melalui jaringan internet.

Hasil Pengambilan Data Blynk dan Multimeter

Pengujian alat sistem monitoring pembangkit listrik surya dan angin berbasis *Internet of Things* (IoT) dilakukan selama 6 hari untuk mendapatkan data tegangan, arus dan daya yang hasilnya ditampilkan pada aplikasi *Blynk*. Hasil data yang diperoleh dibandingkan dengan alat ukur Multimeter masing-masing pengujian selama 6 hari dijelaskan pada gambar di bawah ini.

Tabel 2. Tabel Tegangan Hasil Pengujian 6 Hari dari Data *Blynk* dan Data Multimeter

Hari	Tegangan PV (Blynk) (V)	Tegangan PV (V)	Tegangan Turbin (Blynk) (V)	Tegangan Turbin (V)
1	15,99	15,78	9,6	7,2
2	17,8	17,6	11	7
3	18,2	18	11,1	10,9
4	17,95	17,7	9,2	9
5	14,23	14,08	11,4	11,2
6	17,95	17,75	12,2	12

Tabel 2, diperoleh hasil pengujian pada 6 hari berturut – turut yaitu nilai terbesar yang dihasilkan oleh *photovoltaic* sebesar 18,2 Volt pada pembacaan sensor tegangan yang ditampilkan pada *Blynk* melalui *smartphone* dan hasil pengukuran menggunakan multimeter didapatkan nilai sebesar 18 Volt pada hari ketiga, sedangkan pada turbin didapatkan nilai terbesar selama 6 hari sebesar 12,2 Volt pada pembacaan sensor tegangan yang ditampilkan pada *Blynk* melalui *smartphone* dan hasil pengukuran menggunakan multimeter didapatkan nilai sebesar 12 Volt, terdapat selisih pada pembacaan tegangan

Sistem Monitoring dan Pengukuran Pembangkit Listrik Surya dan Angin Berbasis *Internet of Things (IoT)*

yang dihasilkan oleh pembangkit dikarenakan tingkat sensitivitas dan tingkat presisi sensor dengan alat ukur multimeter dalam mengukur hasil yang diperoleh pembangkit listrik, dimana tingkat sensitivitas dan presisi lebih tinggi alat ukur multimeter. Perbedaan inilah yang membuat besar tegangan listrik berbeda pada aplikasi Blynk dan alat ukur multi meter berbeda serta pada terdapat perbedaan pada setiap hari nya sesuai dengan radiasi matahari yang didapat oleh photovoltaic dan kecepatan angin yang didapatkan oleh turbin angin.

Tabel 3. Tabel Arus Hasil Pengujian 6 Hari dari Data *Blynk* dan Data Multimeter

Hari	Arus PV (Blynk) (mA)	Arus PV (mA)	Arus Turbin (Blynk) (mA)	Arus Turbin (mA)
1	1332,98	1230	148,7	128,7
2	2073,52	1973,52	222,16	200,16
3	2074,3	1974,3	222,16	200,16
4	1925,41	1825,41	222,11	212,11
5	540,41	500,41	222,16	220,1
6	1925,4	1825,4	322,23	300,23

Berdasarkan Tabel 3, diperoleh hasil pengujian pada 6 hari berturut – turut yaitu nilai terbesar yang dihasilkan oleh *photovoltaic* sebesar 2074,3 miliAmpere pada pembacaan sensor arus ACS712 yang ditampilkan pada *Blynk* melalui *smartphone* dan hasil pengukuran menggunakan multimeter didapatkan nilai sebesar 1974,3 miliAmpere pada hari ketiga, sedangkan pada turbin didapatkan nilai terbesar selama 6 hari sebesar 322,23 miliAmpere pada pembacaan sensor arus ACS712 yang ditampilkan pada *Blynk* melalui *smartphone* dan hasil pengukuran menggunakan multimeter didapatkan nilai sebesar 300,23 miliAmpere terdapat selisih pada pembacaan arus yang dihasilkan oleh pembangkit dikarenakan tingkat sensitivitas dan tingkat presisi sensor dengan alat ukur multimeter dalam mengukur hasil yang diperoleh pembangkit listrik, dimana tingkat sensitivitas dan presisi lebih tinggi alat ukur multimeter. Perbedaan inilah yang membuat besar arus listrik berbeda pada aplikasi Blynk dan alat ukur multi meter berbeda serta terdapat perbedaan pada setiap hari nya sesuai dengan radiasi matahari yang didapat oleh photovoltaic dan kecepatan angin yang didapatkan oleh turbin angin serta dipengaruhi pada beban yang digunakan.

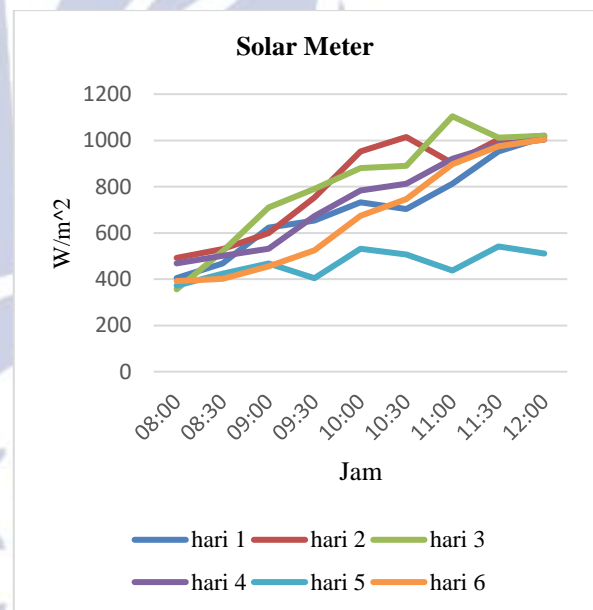
Tabel 4. Tabel Daya Hasil Pengujian 6 Hari Ketiga dari Data *Blynk* dan Data Multimeter

Hari	Daya PV (Blynk) (W)	Daya PV (W)	Daya Turbin (Blynk) (W)	Daya Turbin (W)
1	21,31	19,4	1,42	0,92
2	36,9	34,73	2,44	2,24
3	37,75	35,57	2,46	2,18
4	34,56	32,3	2,04	1,9
5	7,69	7,04	2,53	2,46
6	34,56	32,4	3,93	3,6

Berdasarkan Tabel 4, diperoleh hasil pengujian pada 6 hari berturut – turut yaitu nilai terbesar yang dihasilkan

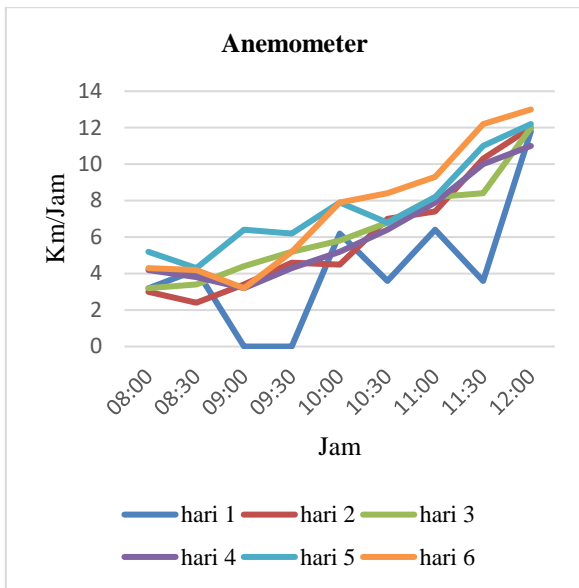
oleh *photovoltaic* sebesar 37,75 Watt pada hasil pembacaan sensor tegangan dan sensor arus ACS712 yang ditampilkan pada *Blynk* melalui *smartphone* dan hasil pengukuran tegangan dan arus menggunakan multimeter didapatkan nilai sebesar 35,57 Watt pada hari ketiga, sedangkan pada turbin didapatkan nilai terbesar selama 6 hari sebesar 3,93 Watt pada pembacaan sensor tegangan dan sensor arus ACS712 yang ditampilkan pada *Blynk* melalui *smartphone* dan hasil pengukuran menggunakan multimeter didapatkan nilai sebesar 3,6 Watt terdapat selisih pada pembacaan arus yang dihasilkan oleh pembangkit dikarenakan tingkat sensitivitas dan tingkat presisi sensor dengan alat ukur multimeter dalam mengukur hasil yang diperoleh pembangkit listrik, dimana tingkat sensitivitas dan presisi lebih tinggi alat ukur multimeter. Perbedaan inilah yang membuat besar daya listrik berbeda pada aplikasi Blynk dan alat ukur multi meter berbeda serta pada terdapat perbedaan pada setiap hari nya sesuai dengan radiasi matahari yang didapat oleh photovoltaic dan kecepatan angin yang didapatkan oleh turbin angin serta dipengaruhi pada beban yang digunakan.

Hasil data tegangan, arus dan daya yang di peroleh di atas berdasarkan radiasi matahari dan kecepatan angin pada grafik gambar 8 dan 9.



Gambar 5. Diagram Batang Data Radiasi Matahari Selama 6 Hari

Gambar 5 mengacu pada perolehan tegangan, arus dan daya pada *photovoltaic* berdasarkan perolehan radiasi matahari yang diperoleh selama 6 hari berturut – turut pada pukul 08.00 WIB sampai 12.00 WIB menggunakan alat ukur solar power meter, rata – rata radiasi matahari yang diperoleh rata – rata perhari nya 707 W/m², 807,42 W/m², 809,4 W/m², 741,82 W/m², 466,23 W/m² dan 674,37 W/m²



Gambar 6. Diagram Batang Data Kecepatan Angin Selama 6 Hari

Gambar 6 adalah grafik kecepatan per hari nya selama 6 hari dimulai pukul 08.00 WIB sampai 12.00 WIB yang mengarah kepada perolehan tegangan, arus dan daya pada turbin angin, kecepatan angin terbesar per hari nya sebesar 11,8 Km/jam, 12 Km/jam, 12 Km/jam, 11 Km/jam, 12,2 Km/jam dan 13 Km/jam.

Perhitungan Error Perbandingan Pengujian Data Blynk dengan Multimeter

Pengujian data *Blynk* dilakukan menggunakan sensor Tegangan DC dan Sensor Arus ACS712 untuk mendeteksi tegangan dan arus pada kedua pembangkit yaitu pembangkit listrik tenaga surya dan pembangkit listrik tenaga angin .

Pengujian pertama menggunakan sensor Tegangan DC pada *photovoltaic* dilakukan selama 6 hari, mulai pukul 08.00 WIB sampai pukul 12.00 WIB. Selama satu hari pengujian, data diambil setiap 30 menit sekali sehingga didapatkan 9 data/hari. Perbandingan nilai tegangan pada *photovoltaic* dan hasil *error* pada sensor tegangan DC dengan multimeter ditunjukkan pada Tabel 2 sebagai berikut.

Tabel 5. Perbandingan dan Hasil *Error* Sensor Tegangan Pada *Photovoltaic* Hari Pertama tiap 30 menit mulai pukul 08.00 WIB Sampai 09.00

Waktu	Sensor Tegangan PV (V)	Multimeter	Error %
30 menit pertama	13,94	13,7	1,75
30 menit kedua	13,96	13,76	1,45
30 menit ketiga	14,28	14	2

$$\% \text{ Error} = \frac{(\text{Selisih Pembacaan})}{\text{Nilai Acuan}} \times 100 \quad [1]$$

Berdasarkan persamaan 1, dapat dihitung persentase *error* dari sensor tegangan pada *photovoltaic*, adapun perhitungan persentase rata-rata *error* dengan pengukuran multimeter dalam 30 menit pertama 1,75 %.

Tabel 6. Perbandingan dan Hasil *Error* Sensor Tegangan Pada Turbin Hari Pertama tiap 30 menit mulai pukul 08.00 WIB Sampai 09.00

Waktu	Sensor Tegangan Turbin (V)	Multimeter	Error %
30 menit pertama	1,38	1,1	25,45
30 menit kedua	2,03	1,8	12,77
30 menit ketiga	0	0	0

Hasil data *error* dalam tabel 6, dapat dihitung menggunakan rumus pada persamaan 1. berdasarkan persamaan 1, dapat dihitung persentase *error* dari sensor tegangan pada turbin angin, adapun perhitungan persentase rata-rata *error* dengan pengukuran multimeter dalam 30 menit pertama 25,45 %.

Tabel 7. Perbandingan dan Hasil *Error* Sensor Arus ACS712 Pada *Photovoltaic* Hari Pertama tiap 30 menit mulai pukul 08.00 WIB Sampai 09.00

Waktu	Sensor Arus ACS712 PV (mA)	Multimeter	Error %
30 menit pertama	518	420	23,33
30 menit kedua	520	400	30
30 menit ketiga	518,38	418	24,01

Hasil data *error* dalam tabel 7 , dapat dihitung menggunakan rumus pada persamaan 1. berdasarkan persamaan 1, dapat dihitung persentase *error* dari sensor arus ACS712 pada *photovoltaic*, adapun perhitungan persentase rata-rata *error* dengan pengukuran multimeter dalam 30 menit pertama 23,33 %.

Tabel 7. Perbandingan dan Hasil *Error* Sensor Arus ACS712 Pada Turbin Hari Pertama tiap 30 menit mulai pukul 08.00 WIB Sampai 09.00

Waktu	Sensor Arus ACS712 Turbin (mA)	Multimeter	Error %
30 menit pertama	74,05	0	100
30 menit kedua	74,05	0	100
30 menit ketiga	0	0	0

Hasil data *error* dalam tabel 7, dapat dihitung menggunakan persamaan 1. berdasarkan persamaan 1,

Sistem Monitoring dan Pengukuran Pembangkit Listrik Surya dan Angin Berbasis *Internet of Things* (IoT)

dapat dihitung persentase *error* dari sensor arus ACS712 pada turbin, adapun perhitungan persentase rata-rata *error* dengan pengukuran multimeter dalam 30 menit pertama 100 %.

Pada penelitian sebelumnya menurut (Abed, 2018), dalam penelitan ini memiliki kekurangan dikarenakan masih menggunakan *Bluetooth* untuk komunikasi sistem yang digunakan, maka dari itu jarak monitoring yang digunakan masih terbatas jarak. Menurut (Rouibah dkk, 2021), dan menurut (Catalina dkk, 2020), pada penelitian kedua ini menggunakan *web* berupa *Things Speak*, dimana membutuhkan *device* berupa komputer atau laptop, untuk *database* yang digunakan pada *Things Speak*.

Dari hasil komparasi sistem monitoring yang dipaparkan, maka pada penelitian pengembangan ini menggunakan jaringan internet dalam sistem monitoring, dapat memudahkan dalam monitoring dan tidak terbatas oleh jarak dengan menggunakan aplikasi *Blynk* melalui jaringan *internet*.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan sistem monitoring pembangkit listrik surya dan angin berbasis internet of things (IoT) maka dapat disimpulkan bahwa, sistem monitoring dan pengukuran pembangkit listrik surya dan angin berbasis Internet of Things (IoT) terdapat perbedaan dalam hasil data yang diterima oleh sensor dan alat ukur multimeter dikarenakan tingkat sensitivitas dan presisi alat ukur multimeter lebih tinggi dibandingkan dengan sensor pada sistem dalam mengukur tegangan, arus dan daya yang ditampilkan pada smartphone melalui jaringan internet.

Error pada sensor yang mendeteksi tegangan bernilai rata – rata 1,59% dan arus bernilai rata rata 13,68% pada pembangkit listrik tenaga surya sedangkan error pada sensor yang mendeteksi tegangan pada pembangkit listrik tenaga angin bernilai rata rata 9,67% dan pada sensor arus bernilai rata – rata 81,18%

SARAN

Saran untuk penelitian yang selanjutnya agar penelitian yang selanjutnya lebih efisien dan lebih baik, sebaiknya generator yang digunakan pada pembangkit tenaga listrik mampu menghasilkan daya listrik yang lebih besar, dan disarankan untuk di tempatkan pada daerah yang kecepatan angin diatas 12 Km/Jam serta radiasi matahari yang besar

DAFTAR PUSTAKA

Abed, Jameel Kadhim. 2018. Smart Monitoring System of DC to DC Converter for Photovoltaic Application. *International Journal of Power Electronics and Drive System (IJPEDS)* vol. 9 no. (2).

Artiyasa. Marina., Rostini. Aidah Nita dan Edwinanto. 2020. *Aplikasi Smart Home Node MCU IOT*

untuk BLYNK. Jurnal Rekayasa Teknologi Nusa Putra, 7(1), 1-7.

- Catalina Rus. Casas , Gabino Jiménez. Castillo 1, Juan Domingo, Aguilar. Peña 1, dan Juan Ignacio Fernández-Carrasco dan Francisco José Muñoz-Rodríguez. 2020. *Development of a Prototype for Monitoring*. MDPI Journal. Swiss, vol. 9 no. 67.
- Cheddadi, Youssef, Hafsa Cheddadi, Fatima Cheddadi, Fatima Errahimi, dan Najia Es. 2020. *Design dan Implementation of an Intelligent Low - Cost IoT Solution for Energy Monitoring of Photovoltaic Stations*. SN Applied Sciences, vol. 2 no. 7.
- Djuandi. Feri. 2011. *Pengenalan Arduino*. Elexmedia.
- Imron. Ahmad, Andromeda. Tiyas dan Setiyono. Budi. 2018. *Perancangan Akuisisi Data Pada Panel RTU. PLN (Persero) Berplatform Android*. IEEE- Jurnal Ilmiah Teknik Elektro, vol. 7, no. 2.
- Kandimalla. Jayaharsha, dan D Ravi Kishore. 2017. *Web Based Monitoring of Solar Power Plant Using Open Source IoT Platform Thingspeak dan Arduino*. International Journal for Modern Trends in Science and Technology Volume: 03, Issue No: 04.
- Katyarmal. Manish, Suyash Walkunde, Arvind Sakhare, dan U S Rawdanale. 2018. *Solar Power Monitoring System Using IoT*. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET) e-ISSN: 2395-0056 Volume: 05 Issue: 03.
- Koseoglu, Murat. 2019. *Monitoring System for Solar Panel Using Xbee ZB Module Based Wireless Sensor Networks*. International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), vol. 08 no. 04.
- Madadi. Srilakshmi. 2021. *A Study of Solar Power Monitoring System Using Internet of Things (IoT)*. International Journal of Innovative Science and Research Technology Volume. 6, no. 5.
- Prayitno. Wahyu Adi, Muttaqin. Adharul. Syaury. Dahnil. 2017. *Sistem Monitoring Suhu, Kelembaban, dan Pengendali Penyiraman Tanaman Hidroponik menggunakan Blynk Android*. Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer, Vol. 1 No. 4.
- Priharti W, A F K Rosmawati dan I P D Wibawa. 2019. *IoT Based Photovoltaic Monitoring System Application*. International Conference On Engineering, Technology and Innovative Researches, journal of Physics: Conference Series 1367 (2019) 012069.

- Ratnasari. Titi. dan Senen. Adri. 2017. *Perancangan Alat Ukur Arus Listrik AC dan DC Berbasis Mikrokontroler Arduino Dengan Sensor ACS712 30 Ampere*. Jurnal Ilmiah Sutet, Vol 8 No. 01.
- Rouibah. Nassir, Linda Barazane, Mohamed Benganem, dan Adel Mellit. 2021. *IoT Based Low- - Cost Prototype for Online Monitoring of Maximum Output Power of Domestic Photovoltaic Systems*. Etri Journal Wiley, vol. 43 no. 3.
- Safwan. Mohammad, A B Hamid, Wan Mariam, dan Wan Muda. 2021. *Simulation dan Modelling of Electricity Usage Control dan Monitoring System Using Thing Speak*. Baghdad Science Journal vol. 18 no.2.
- Saputra. Maudi. 2016. *Kajian Literatur Sudu Turbin Angin Untuk Skala Kecepatan Angin Rendah*. Jurnal Meakova : Mekanikal, Inovasi dan Teknologi, Vol. 2 No.1.
- Setiawan. Widi, Setiawan. David dan Atmam. 2021. *Sistem Sistem Pengendalian Generator DC Eskitasi Terpisah Menggunakan Programmable Logic Controller (PLC)*. Universitas lancang Kung, Vol. 15 No. 1.
- Sundana. W, E A Pratama, H Subastiyani, Y Tidanho, dan D Novitasari. 2020. *Monitoring for Photovoltaic in Outer Island*. Journal of Engineering and Scientific Research (JESR) vol. 2 no. 2.
- Suryana. D. Widyariset. 2016. *Otomatisasi Pada Panel Surya Menggunakan Panel Surya Tracking Aktif Tipe Single Axis*. Balai Riset Industri Surabaya, Vol.2 No.1.