

Sistem Kontrol dan Monitoring Daya Output Hybrid PLTS dan PLTB

Ainun Nazib¹, Eko Mardianto², Rianda³

TeknologiRekayasa Sistem Elektronika, Teknik Elektro, Politeknik Negeri Pontianak
Jl. Jenderal Ahmad Yani, Pontianak 78124, Telp. +62 561 736180, Fax. +62561740143

<https://polnep.ac.id>

ainunwlek@gmail.com¹, emardianto74@gmail.com², riandafarhan@gmail.com³

ABSTRACT

The current energy crisis encourages the use of renewable energy resources to reduce dependence on non-renewable fossil fuels. The use of renewable energy resources is environmentally friendly, especially in power generation. The research method uses a Hybrid PLTS and PLTB output power control and monitoring system, which monitors both solar power plants and windmills. Data from the sensor is stored according to the time of collection, and monitored via a Smartphone or Laptop device using the ThinkSpeak website via the ESP32 microcontroller. The sensors used include the Non-Inverting Buffer Sensor and the ACS758 Sensor. Temperature, temperature and wind testing is carried out with a DHT22 sensor and an anemometer. DHT and Annemometer sensor data do not use a data storage system, only monitoring.

Keywords: Sistem, Kontrol, Monitoring, Daya Output, PLTS, PLTB

ABSTRAK

Krisis energi saat ini mendorong pemanfaatan sumber daya energi terbarukan untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil yang tidak dapat diperbarui. Penggunaan sumber daya energi terbarukan ini ramah lingkungan, khususnya dalam pembangkit listrik. Metode penelitian menggunakan Sistem Kontrol dan Monitoring daya output Hybrid PLTS dan PLTB, yang memonitor kedua pembangkit listrik Solar dan Kincir Angin. Data dari sensor disimpan sesuai waktu pengambilan, dan dipantau melalui perangkat Smartphone atau Laptop dengan menggunakan website ThinkSpeak melalui mikrokontroler ESP32. Sensor yang digunakan termasuk Sensor Buffer Non-Inverting dan Sensor ACS758. Pengujian suhu, temperature, dan angin dilakukan dengan Sensor DHT22 dan Anemometer. data Sensor DHT dan Annemometer tidak menggunakan sistem simpan data hanya di monitoring.

Kata kunci : Sistem, Kontrol, Monitoring, Daya Output, PLTS, PLTB

1. PENDAHULUAN

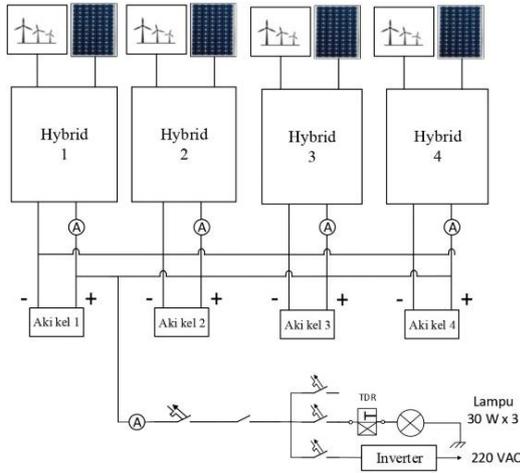
Indonesia masih sangat bergantung pada energi bahan bakar fosil, seperti minyak bumi, batubara, dan gas alam, yang menyumbang 85,31% dari total kapasitas terpasang pembangkit listrik pada tahun 2020. Batu bara menjadi sumber utama listrik di Indonesia dengan porsi 49,67%. Pembangkit berbasis gas menyumbang 28,90%, sementara pembangkit berbasis bahan bakar minyak (BBM) menyumbang 6,74% (Redjo, 2021) [1]. Dengan melihat potensi energi surya dan energi angin di Indonesia khususnya di Kalimantan Barat yakni memanfaatkan tenaga radiasi energi matahari dengan menggunakan sel surya (PLTS) dan memanfaatkan energi kinetik angin sebagai pengubah energi angin menjadi energi listrik, atau dengan kata lain Pembangkit Listrik Tenaga Angin (PLTA) [2]. Penelitian ini penulis ingin mengimplementasi alat *Sistem Kontrol dan Monitoring daya Output Hybrid PLTS dan PLTB* dengan menggunakan *web server*. Perancangan sistem kontrol dan monitoring energi listrik dirancang untuk mengetahui Tegangan (V), Arus (I), Daya (P), Suhu

(C), kelembaban (RH), Angin secara real time dan kontrol beban [3]. Dalam sistem monitoring energi panel surya dan angin, terdapat dua sumber energi utama, yaitu energi cahaya matahari dan energi angin, kedua sumber energi ini akan dipantau melalui mikrokontroler. Jika salah satu dari keduanya mengalami kekurangan dalam mengkonversi energi listrik, maka ketersediaan sumber energi yang lain dapat saling melengkapi.

2. METODE

2.1. Perancangan Sistem

Alat untuk tugas akhir ialah sistem Kontrol Dan Monitoring Daya Output Hybrid PLTS dan PLTB ditunjukkan pada proses kontrol yang terdapat pada halaman dibawah ini :



Gambar 1. Blok Diagram Sistem Kontrol Hybrid PLTS dan PLTB

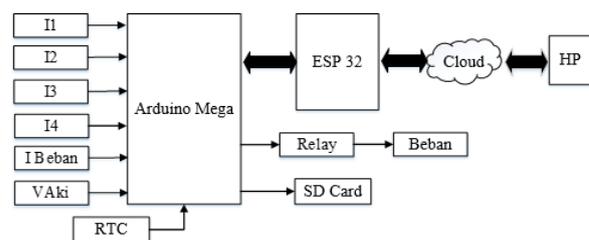
Penjelasan fungsi Blok diagram :

1. Pada kedua pembangkit listrik, yakni Kincir angin akan memanfaatkan hembusan angin sebagai sumber energi penghasil listrik dan Panel surya memanfaatkan energi sinar cahaya matahari sebagai sumber energi penghasil listrik. Dari kedua sumber energi yang dihasilkan ini akan mengalir ke Wind Solar Charger Controller.
2. Sumber energi yang dihasilkan akan dimanfaatkan oleh wind solar charge controller untuk mengisi penyimpanan energi listrik seperti aki, serta akan memutuskan aliran arus apabila aki dalam kondisi *full charge*.
3. Sistem Pembangkit listrik tenaga Hybrid pada PLTS alat yang mengkonversi energi cahaya matahari ke energi listrik melalui proses aliran-aliran elektron negative dan positif. Hasil dari pengkonversian dari cahaya matahari mengubah menjadi energi listrik DC yang disebut *Fotovoltaik*, akan dimanfaatkan. Sumber listrik yang telah di proses melalui *Fotovoltaik* akan mengalir nya ke wind solar Hybrid sistem kontroler.
4. Sumber energi yang ke dua ialah memanfaatkan energi kinetik angin, angin yang dihembuskan akan menggerakkan baling-baling mengakibatkannya rotor generator yang terdapat pada turbin angin akan memutar sehingga dapat menghasilkan energi listrik, output yang dihasilkan oleh generator ialah arus AC.
5. Wind solar hybrid system controler, merupakan perangkat pengontrol dari ke dua sumber energi, energi yang dihasilkan panel surya dan turbin angin, ketika baterai sudah mencapai kapasitas penuh Wind solar hybrid system controler akan memutuskan aliran arus yang menuju baterai dan mencegah baterai overcharging.

6. MCB, MCB ialah peralatan listrik untuk memutus arus jika arus yang dikonsumsi mencapai batas maksimum.
7. Relay, penggunaan relay pada sistem Hybrid ialah memutuskan aliran listrik pada saat tegangan kurang dari 12 volt.
8. Timer, penggunaan timer pada sistem Hybrid ialah menentukan waktu hidup dan mati lampu.
9. Inverter merupakan alat konverter daya yang dapat mengubah arus DC (arus searah) menjadi arus AC (arus bolak balik). Penggunaan inverter pada sistem yang akan dirancang untuk memberikan supply AC ke beban yang membutuhkan arus AC. Beban yang akan digunakan ialah beban AC dan beban DC.

2.2 Perancangan Sistem Kontrol

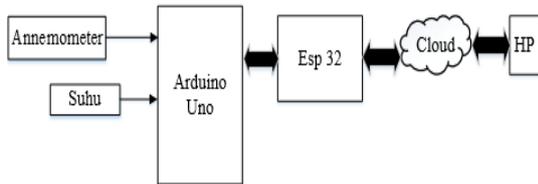
Pada gambar blog diagram 2 menjelaskan bagaimana sistem alat bekerja, Wind Solar Hybrid System Controller menerima pasokan energi melalui Panel surya dan kincir angin, sensor akan melakukan pengukuran terhadap arus masuk, tegangan masuk, dan penggunaan beban yang telah beroperasi. Pada blog diatas merupakan serial komunikasi antara Arduino Mega Pro Mini 2560 dan ESP32 berkomunikasi secara serial (TX dan RX). Pada sistem ini memanfaatkan *At Command* sebagai dasar komunikasi serial. *Thinkspeak* bertugas sebagai penerima sekaligus menampung data dari Arduino Mega Pro Mini 2560 dan ESP32. Setiap sensor akan mengirimkan data sesuai dengan waktu pengambilan data, dan data tersebut akan disimpan di kartu SD. Arduino berfungsi sebagai transmitter yang akan mengirimkan data dari sensor ke penerima ESP32 sebagai receiver. Data yang diterima oleh ESP32 akan diolah dan dipantau melalui web server yakni ThinkSpeak.



Gambar 2. Blok Diagram Mikrokontroler Hybrid PLTS dan PLTB

Pada gambar blog diagram 3 menjelaskan bagaimana sistem alat bekerja, Ketika anemometer berputar, data yang dihasilkan akan dikirim ke Arduino Uno. Arduino kemudian mengolah data tersebut, terutama saat anemometer berputar dengan kecepatan tinggi, yang mengindikasikan bahwa kincir angin juga berputar. Selain itu, sensor DHT22 digunakan untuk mendeteksi suhu di lokasi yang telah ditentukan, dan data suhu dikirim ke Arduino Uno. Pada blok diatas merupakan serial komunikasi antara Arduino Uno dan ESP32

berkomunikasi secara serial (TX dan RX). Pada sistem ini memanfaatkan *At Command* sebagai dasar komunikasi serial. *Thinkspeak* bertugas sebagai penerima sekaligus menyimpan data dari Arduino Uno dan ESP32. Seluruh data yang diperoleh dari anemometer dan sensor DHT22 akan diproses oleh Arduino Uno. Esp 32 sebagai Reciever memantau kembali data tersebut secara real-time melalui platform ThinkSpeak.



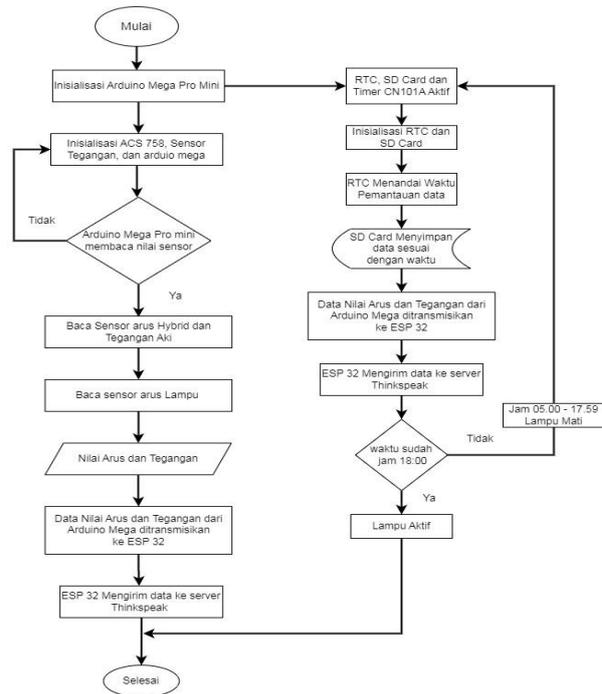
Gambar 3. Blok Diagram Sistem Pemantauan Cuaca

2.3. Perancangan Perangkat Lunak

Pada flowchart sistem alat, menjelaskan langkah atau pengambilan keputusan setiap proses yang terjadi pada program yang telah dibuat.

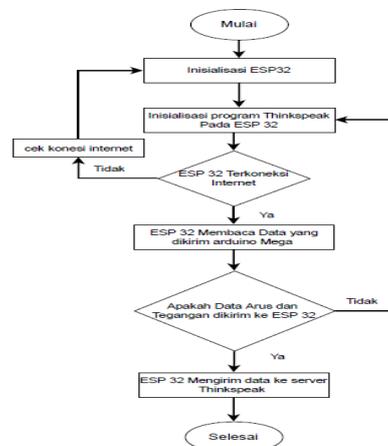
2.3.1. Perancangan Perangkat Lunak Hybrid PLTS dan PLTB

Dapat dilihat pada gambar 4. Flowcart Program Arus dan Tegangan Serta Data Logger yaitu, ketika perangkat keras mulai dihidupkan dengan tegangan 12v dc maka Arduino Mega pro mini 2560 akan aktif dan RTC, Mikro SD, akan aktif dengan tegangan 5 VDC. Arduino Mega pro mini 2560 akan membaca nilai arus yang masuk aki dan tegangan, jika tidak ada nilai maka program akan melakukan inisialisasi apakah terjadi kesalahan dalam pemograman, jika tidak maka data dari masing-masing sensor akan ditampilkan di serial Monitor Arduino Mega pro mini 2560 dan disimpan pada perangkat Micro SD sesuai dengan pengaturan waktu RTC yang telah ditentukan. Selanjutnya nilai tersebut dikirim ke perangkat ESP32 melalui Komunikasi Serial. Jika data nilai tidak berhasil dikirim ke ESP32 maka program akan melakukan inisialisasi jika tidak terjadi kesalahan, maka data berhasil dikirim ke ESP32.



Gambar 4. Flowcart Program Arus dan Tegangan Serta Data Logger

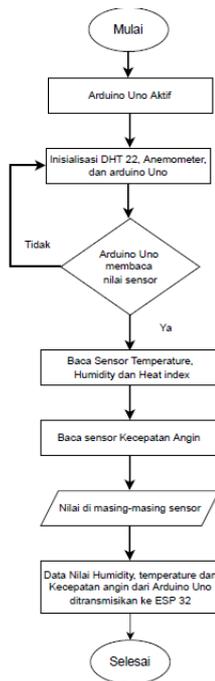
Dapat dilihat pada gambar 5. Flowcart Program Sistem Monitoring Thingspeak, inisialisasi Program Thingspeak pada ESP32, dimana proses ini dilakukan antara Thingspeak dan ESP32 melalui Auth Token yang diperoleh dari server Thingspeak dan perlu dilakukan pengoneksian jaringan internet WiFi, untuk ESP32 mengirim data ke Server Thingspeak akan dilakukan setiap 15 detik sekali data tersebut ditampilkan ke server Thingspeak melalui field. Setelah nilai Sensor berhasil dikirim melalui Komunikasi serial, data tersebut akan di proses oleh aplikasi Thingspeak melalui field dan ditampilkan dalam bentuk grafik.



Gambar 5. Flowcart Program Monitoring Thingspeak

2.3.2. Perancangan Perangkat Lunak Pemantauan Lingkungan

Flowchart pada gambar 6, menggambarkan proses kerja sistem dimana Arduino Uno membaca data dari sensor dan mengirimkannya ke ESP32. Prosesnya dimulai dengan mengaktifkan Arduino Uno, sehingga perangkat dapat melakukan tugas. Langkah pertama adalah menginisialisasi sensor-sensor seperti sensor DHT22 yang mengukur suhu, kelembaban, dan indeks panas, serta anemometer yang mengukur kecepatan angin. Setelah inisialisasi, Arduino Uno membaca data dari sensor tersebut. Jika tidak ada data yang terbaca maka proses kembali ke inisialisasi sensor hingga data berhasil terbaca. Setelah data berhasil terbaca, Arduino Uno melanjutkan pembacaan sensor suhu, kelembaban, dan indeks panas dari DHT22, kemudian sensor kecepatan angin dari anemometer. Semua data yang diterima dari setiap sensor diproses dan disiapkan untuk transmisi. Langkah terakhir adalah mengirimkan data suhu, kelembaban, dan kecepatan angin yang diperoleh dari Arduino Uno ke ESP32 untuk dimonitoring.



Gambar 6. Flowcart Program Pemantauan Lingkungan

Selanjutnya pada Flowchart 7, menjelaskan alur kerja sistem yang menggunakan ESP32 untuk mengirim data sensor ke platform Thingspeak. Prosesnya diawali dengan inisialisasi ESP32 yang mengaktifkan perangkat ESP32. Selanjutnya, program yang menghubungkan ESP32 ke server Thingspeak diinisialisasi selanjutnya, ESP32 akan memeriksa koneksi internet. Jika tidak ada koneksi internet, proses kembali ke langkah inisialisasi hingga

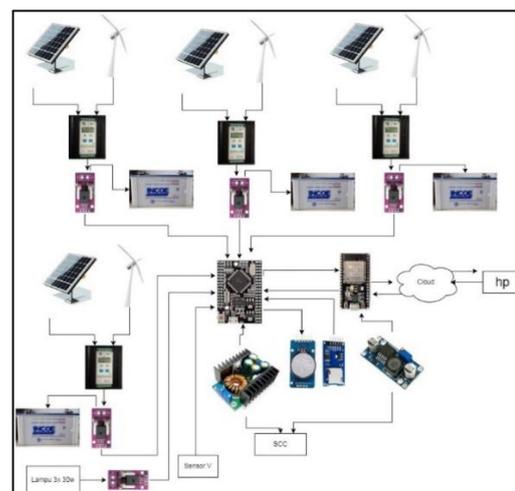
koneksi internet tersedia. Ketika ESP32 terhubung ke internet, sistem terus membaca data dari Arduino Uno dan mengumpulkan data dari sensor DHT dan sensor anemometer.

Setelah data diterima, ada langkah pengecekan apakah data dari DHT dan anemometer sudah terkirim ke ESP32. Jika tidak ada data yang diterima, ESP32 terus memeriksa dan menunggu hingga menerima data. Setelah menerima data, ESP32 mengirimkan data ke server Thingspeak dan dimonitoring serta data tersebut akan disimpan pada server thingspeak.

2.4. Perancangan Perangkat Keras

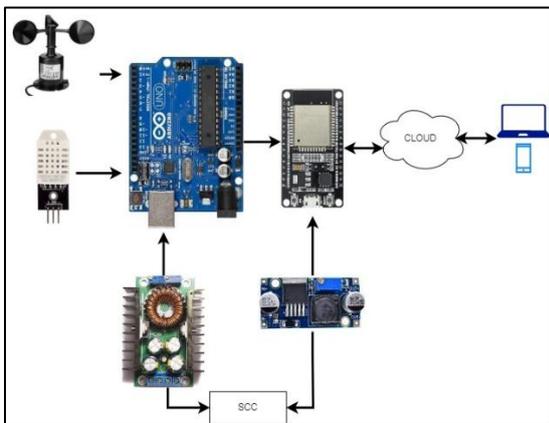
Pada gambar 8, Solar Charge Controller sebagai sumber supply untuk mikrokontroler dan komponen-komponen lainnya, terdapat 2 buck konverter yang mana supply 5 volt untuk Mikrokontroler esp 32 dan supply 12 volt untuk mikrokontroler Arduino Mega pro mini 2560. Pada module rtc, micro sd, dan masing-masing sensor membutuhkan tegangan 3.3 volt sampai 5 volt.

Pada gambar 8, solar panel dan kincir angin, masing-masing terhubung ke Solar wind charge controller, yang mana alat tersebut sebagai pengontrol dari ke dua sumber energi, energi yang dihasilkan akan mengisi baterai jika aki telah terisi penuh maka Solar wind charge controller akan memutus aliran arus yang terhubung ke aki. Pada rangkaian tersebut terdapat sensor arus acs 758 dan sensor pembagi tegangan, sensor tersebut berfungsi untuk mengukur arus dan tegangan yang diperoleh dari ke dua sumber energi, data yang diperoleh akan dikirim melalui mikrokontroler dan akan disimpan di Storage sesuai dengan waktu pengambilan data. Data yang dikirim ke esp 32, akan dipantau melalui web server atau server Thingspeak.



Gambar 8. Perancangan Sistem Penelitian PLTS dan PLTB

Pada gambar 9, terdapat *Solar Charge Controller* sebagai sumber supply untuk mikrokontroler dan komponen-komponen lain nya, terdapat 2 buck konverter yang mana supply 5 volt untuk Mikrokontroler esp 32 dan supply 12 volt untuk mikrokontroler Arduino Uno. Pada module Sensor Annemometer VMS 3000 FSJT NPN dan Sensor DHT membutuhkan tegangan 3.3 volt sampai 5 volt. Gambar 9 menunjukkan sistem pemantauan cuaca yang menggunakan sensor DHT untuk mengukur suhu dan kelembaban, serta Annemometer untuk mengukur kecepatan angin dalam satuan m/s. Data dari setiap sensor akan dikirim ke ESP32, kemudian dipantau melalui *server Thingspeak*.



Gambar 9. Perancangan Sistem Penelitian Pemantauan Lingkungan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pengujian Sensor Arus ACS 758

Sensor ACS758 mengukur pembacaan nilai arus DC yang dialirkan dari masing-masing hybrid dan menguji program yang telah dibuat. Pembacaan nilai arus pada Sensor ACS758 dapat dilihat dari laptop dengan aplikasi Arduino IDE, *server Thingspeak* dan Mikro SD. Pengujian ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui sistem kerja dari Sensor ACS758 pada saat Hybrid dialiri arus listrik DC. Hasil dari pembacaan sensor ACS758 akan dibandingkan dengan alat ukur Tang Ampere tipe *APPA A18 Plus Digital Meter Brief* sebagai referensi, hasil pengukuran dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 10. Pengukuran Arus

Berdasarkan gambar 1 Diagram Sistem Kontrol Hybrid PLTS dan PLTB, dilakukan pengujian sensor ACS758 terhadap nilai arus DC, pada sensor arus satu di Hybrid satu, sensor arus dua di Hybrid dua, sensor arus tiga di Hybrid tiga, sensor arus empat di Hybrid empat dan sensor arus lima pada lampu. Pembacaan Nilai arus sensor ACS758 ditampilkan pada serial monitor hingga dapatlah nilai arus DC pada titik pengukuran tersebut dan ditulis pada tabel 1. Pembacaan nilai arus sensor ACS758 akan dibandingkan pada alat ukur Tang Ampere.

Tabel 1. Hasil Data Perbandingan Arus Micro SD dan Tang Ampere

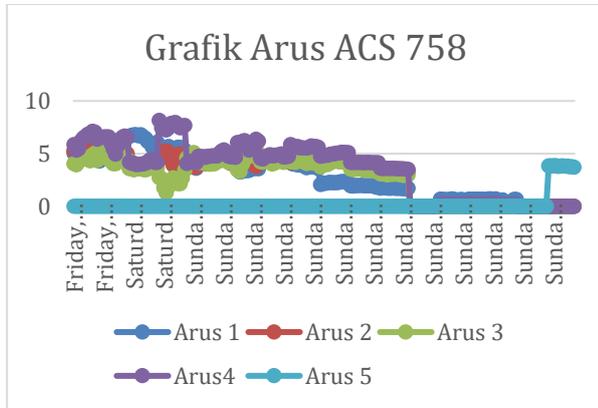
| Sensor ACS 758 | Waktu | SD-Card (A) | Tang Ampere (A) | Galat % |
|----------------|-------|-------------|-----------------|---------|
| Arus 1 | 10.00 | 5.16 | 5.2 | 0.76 |
| Arus 2 | | 5.44 | 5.6 | 2.85 |
| Arus 3 | | 5.41 | 5.5 | 1.63 |
| Arus 4 | | 6.62 | 6.7 | 1.19 |
| Arus 5 | | 0 | 0 | 0 |
| Arus 1 | 10.30 | 5.19 | 5.2 | 0.19 |
| Arus 2 | | 4.12 | 4.3 | 4.18 |
| Arus 3 | | 4.58 | 5.6 | 18.21 |
| Arus 4 | | 7.72 | 7.8 | 1.02 |
| Arus 5 | | 0 | 0 | 0 |
| Arus 1 | 11.00 | 5.05 | 5.2 | 2.88 |
| Arus 2 | | 3.40 | 3.5 | 2.85 |
| Arus 3 | | 4.68 | 4.7 | 0.42 |
| Arus 4 | | 7.63 | 7.8 | 2.17 |
| Arus 5 | | 0 | 0 | 0 |
| Arus 1 | 11.30 | 5.90 | 6.0 | 1.66 |
| Arus 2 | | 3.73 | 3.8 | 1.84 |
| Arus 3 | | 4.22 | 4.4 | 4.09 |
| Arus 4 | | 4.36 | 4.4 | 0.90 |
| Arus 5 | | 0 | 0 | 0 |
| Arus 1 | 12.00 | 5.00 | 5.1 | 1.96 |
| Arus 2 | | 4.70 | 4.89 | 3.88 |
| Arus 3 | | 2.96 | 3.1 | 4.51 |
| Arus 4 | | 7.52 | 7.7 | 2.33 |

| | | | | |
|--------|-------|------|-----|------|
| Arus 5 | | 0 | 0 | 0 |
| | | | | |
| Arus 1 | 12.30 | 5.02 | 5.1 | 1.56 |
| Arus 2 | | 4.86 | 4.9 | 0.81 |
| Arus 3 | | 3.70 | 3.9 | 5.12 |
| Arus 4 | | 6.96 | 7.1 | 1.97 |
| Arus 5 | | 0 | 0 | 0 |
| | | | | |
| Arus 1 | 13.00 | 5.26 | 5.3 | 0.75 |
| Arus 2 | | 4.08 | 4.2 | 2.85 |
| Arus 3 | | 4.74 | 4.9 | 3.26 |
| Arus 4 | | 6.54 | 6.7 | 2.38 |
| Arus 5 | | 0 | 0 | 0 |
| | | | | |
| Arus 1 | 13.30 | 5.48 | 5.5 | 0.36 |
| Arus 2 | | 3.62 | 3.7 | 2.16 |
| Arus 3 | | 4.07 | 4.2 | 3.09 |
| Arus 4 | | 6.00 | 6.2 | 3.22 |
| Arus 5 | | 0 | 0 | 0 |
| | | | | |
| Arus 1 | 14.00 | 4.66 | 4.7 | 0.85 |
| Arus 2 | | 4.26 | 4.4 | 3.18 |
| Arus 3 | | 4.11 | 4.3 | 4.41 |
| Arus 4 | | 5.41 | 5.6 | 3.39 |
| Arus 5 | | 0 | 0 | 0 |
| | | | | |
| Arus 1 | 14.30 | 5.60 | 5.8 | 3.44 |
| Arus 2 | | 3.69 | 3.8 | 2.89 |
| Arus 3 | | 3.62 | 3.6 | 0.55 |
| Arus 4 | | 4.74 | 4.9 | 3.26 |
| Arus 5 | | 0 | 0 | 0 |
| | | | | |
| Arus 1 | 15.00 | 5.83 | 6.0 | 2.83 |
| Arus 2 | | 3.48 | 4.0 | 0.57 |
| Arus 3 | | 4.08 | 4.2 | 2.85 |
| Arus 4 | | 4.09 | 4.2 | 2.61 |
| Arus 5 | | 0 | 0 | 0 |
| | | | | |
| Arus 1 | 15.30 | 4.41 | 4.6 | 4.13 |
| Arus 2 | | 4.64 | 4.7 | 1.27 |
| Arus 3 | | 4.78 | 4.8 | 0.41 |

| | | | | |
|---------------------------------|-------|------|-----|-------|
| Arus 4 | | 5.79 | 6.1 | 5.08 |
| Arus 5 | | 0 | 0 | 0 |
| | | | | |
| Arus 1 | 16.00 | 3.31 | 3.5 | 5.42 |
| Arus 2 | | 3.39 | 3.5 | 3.14 |
| Arus 3 | | 3.34 | 3.5 | 4.57 |
| Arus 4 | | 4.24 | 4.3 | 1.39 |
| Arus 5 | | 0 | 0 | 0 |
| | | | | |
| Arus 1 | 16.30 | 3.48 | 3.5 | 0.57 |
| Arus 2 | | 3.52 | 3.8 | 7.36 |
| Arus 3 | | 3.53 | 3.7 | 4.59 |
| Arus 4 | | 4.41 | 4.7 | 6.17 |
| Arus 5 | | 0 | 0 | 0 |
| | | | | |
| Arus 1 | 17.00 | 2.24 | 2.4 | 6.66 |
| Arus 2 | | 2.36 | 2.4 | 1.66 |
| Arus 3 | | 2.32 | 2.4 | 3.33 |
| Arus 4 | | 2.82 | 3.0 | 6 |
| Arus 5 | | 0 | 0 | 0 |
| | | | | |
| Arus 1 | 17.30 | 1.05 | 1.2 | 12.5 |
| Arus 2 | | 1.17 | 1.2 | 2.5 |
| Arus 3 | | 1.03 | 1.2 | 14.16 |
| Arus 4 | | 1.14 | 1.2 | 5 |
| Arus 5 | | 0 | 0 | 0 |
| | | | | |
| Arus 1 | 18.00 | 0 | 0 | 0 |
| Arus 2 | | 0 | 0 | 0 |
| Arus 3 | | 0 | 0 | 0 |
| Arus 4 | | 0 | 0 | 0 |
| Arus 5 | | 4.18 | 4.0 | 4.5 |
| Galat rata-rata % = 2.56 | | | | |

Berdasarkan tabel 1, pengujian sensor arus ACS758 DC diuji setiap 30 menit mulai dari jam 10.00 – 18.00 WIB selama satu hari. Data galat relatif dari pengamatan Tabel 1, dapat dilakukan perhitungan galat relatif dengan persamaan. Dari hasil perhitungan pada tabel 1 diperoleh nilai tegangan DC dengan rata-rata galat sensor sebesar 2.56 %. Hal tersebut menunjukkan bahwa sensor arus ACS758 DC bekerja dengan baik. Table 1, menunjukkan hasil perbandingan Micro SD dengan nilai arus DC sebesar 7.52 pada jam 12.00 WIB, serta perbandingan pembacaan

terhadap Tang Ampere dengan nilai arus DC sebesar 7.7 pada jam 12:00 WIB.



Gambar 10. Grafik Micro SD

3.2. Pengujian Server Thingspeak dan data loger pada Sensor Arus dan Tegangan

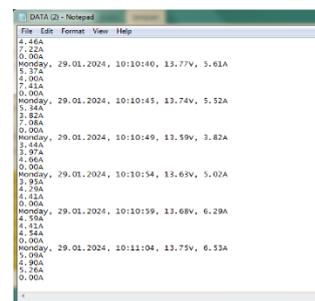
Setelah dilakukan pengujian sensor ACS758, kemudian dilakukan uji sistem monitoring. Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah ESP32 dapat bekerja dengan baik sebagai Transceiver, terhadap pengolah data yang dikirim melalui komunikasi serial, antara Arduino Mega pro Mini2560 dan ESP 32 yang akan dikirim ke server Thingspeak. Pada gambar 4.3 monitoring nilai arus yang di kirim ke sever thinkspeak dari sensor ACS758. Data yang diterima server Thingspeak berjumlah seratus data yang ditampilkan dalam bentuk grafik. Grafik hasil pembacaan Sensor ACS758 pada server Thingspeak dapat dilihat pada gambar 11.



Gambar 11. Hasil Pengujian Server Thingspeak Sensor Arus

3.3. Pengujian Mikro SD dan RTC

Selanjutnya pengujian data loger ini meliputi perangkat Module RTC dan Mikro SD, sebagai alat penyimpanan data terkait data waktu, data Sensor ACS758 dan Sensor Tegangan. Data hasil pengukuran akan direkam dalam bentuk file dengan ekstensi .txt, sebagaimana ditunjukkan pada gambar 12, Proses pengukuran dan pemantauan ini menghasilkan data yang akan disimpan secara otomatis pada Mikro SD. Ekstensi .txt. Hasil dari data Mikro SD dapat dilihat pada gambar 12.



Gambar 12. Hasil Data arus dan tegangan pada Micro SD

3.3. Pengujian Sensor Tegangan Buffer Non inverting

Sensor Tegangan *Buffer NonInverting* mengukur pembacaan nilai Tegangan DC yang terhubung ke aki dan menguji program yang telah dibuat. Pembacaan nilai tegangan DC pada rangkain tegangan *Buffer Noninverting* dapat dilihat dari laptop dengan aplikasi Arduino IDE, server Thingspeak dan Mikro SD. Pengujian ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui sistem kerja dari sensor pembagi tegangan *Buffer NonInverting* yang terhubung pada aki dengan tegangan DC. Hasil dari pembacaan sensor pembagi tegangan *Buffer NonInverting* akan dibandingkan dengan alat ukur Multimeter tipe *Sanwa PC150 Digital Multimeter* sebagai referensi, pengukuran dapat dilihat pada gambar 13.



Gambar 13. Pengukuran Tegangan

Berdasarkan gambar 1 Blog Diagram Sistem Kontrol Hybrid PLTS dan PLTB, dilakukan pengujian sensor pembagi tegangan *Buffer Noninverting* terhadap nilai Tegangan DC aki. Nilai tegangan DC aki pada pembacaan sensor pembagi tegangan di input A5 ditampilkan pada serial monitor hingga dapatlah nilai tegangan pada titik pengukuran tersebut dan ditulis tabel 2. Pembacaan nilai tegangan pada sensor tegangan *Buffer Noninverting* akan dibandingkan pada alat Multimeter.

Tabel 2. Data Sensor Tegangan *Buffer Non inverting*

| No | Waktu | Sensor Tegangan (V) | Alat Ukur Multimeter (V) | Galat (%) |
|------------------------------|-------|---------------------|--------------------------|-------------|
| 1 | 10.00 | 13.742 | 13.75 | 0.05 |
| 2 | 10.30 | 13.751 | 13.76 | 0.06 |
| 3 | 11.00 | 13.743 | 13.75 | 0.05 |
| 4 | 11.30 | 13.664 | 13.67 | 0.04 |
| 5 | 12.00 | 13.755 | 13.76 | 0.03 |
| 6 | 12.30 | 13.761 | 13.77 | 0.06 |
| 7 | 13.00 | 13.692 | 13.71 | 0.13 |
| 8 | 13.30 | 13.663 | 13.68 | 0.12 |
| 9 | 14.00 | 13.656 | 13.66 | 0.02 |
| 10 | 14.30 | 13.632 | 13.64 | 0.05 |
| 11 | 15.00 | 13.604 | 13.60 | 0.02 |
| 12 | 15.30 | 13.644 | 13.65 | 0.04 |
| 13 | 16.00 | 13.385 | 13.39 | 0.03 |
| 14 | 16.30 | 13.386 | 13.39 | 0.02 |
| 15 | 17.00 | 13.091 | 13.10 | 0.06 |
| 16 | 17.30 | 12.655 | 12.68 | 0.19 |
| 17 | 18.00 | 13.374 | 13.39 | 0.11 |
| Galat rata-rata (%) = | | | | 0.06 |

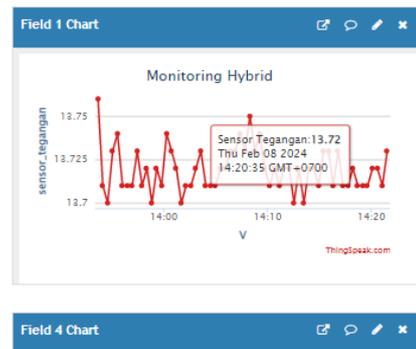
Berdasarkan tabel 2 pengujian sensor tegangan *Buffer Non inverting*, diuji setiap 30 menit mulai dari jam 10.00 – 18.00 WIB selama satu hari. Data galat relatif dari pengamatan Tabel 2 dapat dilakukan perhitungan galat relatif dengan persamaan. Dari hasil perhitungan pada tabel 2 diperoleh sensor pembagi tegangan DC dengan rata-rata galat sensor sebesar 0.06 %. Hal tersebut menunjukkan bahwa sensor pembagi tegangan *Op-Amp Non Inverting* bekerja dengan baik. Table 2 menunjukkan hasil perbandingan Sensor pembagi tegangan *Buffer Non Inverting* dengan nilai tertinggi tegangan DC sebesar 13.76 pada jam 12.30 WIB, serta perbandingan pembacaan terhadap Multimeter dengan nilai tegangan DC sebesar 13.77 pada jam 12:30 WIB

3.4. Pengujian Server Thingspeak pada Sensor Tegangan *Buffer Non inverting*

Setelah dilakukan pengujian sensor tegangan *Buffer Non inverting*, kemudian dilakukan uji sistem monitoring. Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah ESP32 dapat bekerja dengan baik sebagai Transceiver, terhadap

pengolah data yang dikirim melalui komunikasi serial, antara Arduino Mega pro Mini2560 dan ESP 32. Data tegangan DC akan dikirim ke server thingspeak

Dapat dilihat pada gambar 14 monitoring nilai Tegangan DC yang di kirim ke sever thingspeak dari sensor Sensor Tegangan *Buffer Non inverting*. Data yang diterima thingspeak berjumlah seratus data yang ditampilkan dalam bentuk grafik. Grafik hasil pembacaan Sensor Pembagi Tegangan dapat dilihat pada gambar 14.



Gambar 14. Hasil Pengujian Server Thingspeak Tegangan

3.5. Pengujian Sensor DHT 22 pada server Thingspeak

Selanjutnya, sensor DHT22 yang sedang diuji pada server ThinkSpeak akan ditempatkan di lokasi yang berdekatan dengan panel surya dan kincir angin, dengan tujuan untuk memperoleh informasi tentang suhu lingkungan di tempat tersebut. Hasil dari pembacaan sensor DHT22 akan dibandingkan dengan alat ukur Annemometer untuk mengetahui suhu lingkungan tersebut. Alat ukur yang digunakan ialah tipe *Lutron AM-4206 Annemometer* pengukuran dapat dilihat pada gambar 15.



Gambar 15. Pengukuran Suhu Pada Alat Ukur annemometer

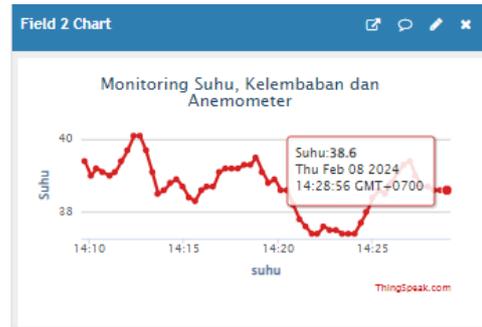
hasil pengujian sensor DHT22 dibandingkan dengan alat ukur, data hasil nilai Sensor DHT22 dan alat ukur dapat dilihat pada Tabel 3 dibawah ini.

Tabel 3. Hasil Pengujian Suhu

| No | Waktu | Suhu Annemometer (C) | Suhu Thinkspeak (C) | Galat (%) |
|------------------------------|-------|----------------------|---------------------|-------------|
| 1 | 10:00 | 32 | 31.8 | 0.62 |
| 2 | 10:30 | 34.8 | 34.5 | 0.86 |
| 3 | 11:00 | 36 | 35.8 | 0.55 |
| 4 | 11:30 | 37.3 | 37.1 | 0.53 |
| 5 | 12:00 | 35.6 | 35.4 | 0.56 |
| 6 | 12:30 | 34.3 | 34.1 | 0.58 |
| 7 | 13:00 | 37 | 36.9 | 0.27 |
| 8 | 13:30 | 35.5 | 35.2 | 0.84 |
| 9 | 14:00 | 31.8 | 31.5 | 0.94 |
| 10 | 14:30 | 31.9 | 31.7 | 0.62 |
| 11 | 15:00 | 31.5 | 31.3 | 0.63 |
| 12 | 15:30 | 31.5 | 31.3 | 0.63 |
| 13 | 16:00 | 32.4 | 32.1 | 0.92 |
| 14 | 16:30 | 30.8 | 30.7 | 0.32 |
| 15 | 17:00 | 29 | 28.9 | 0.34 |
| 16 | 17.30 | 28 | 27.8 | 0.71 |
| 17 | 18.16 | 28 | 27.9 | 0.35 |
| Galat rata-rata (%) = | | | | 0.60 |

Hasil pengukuran suhu dapat dilihat pada tabel 3 Pengukuran dilakukan sebanyak 17 kali. Berdasarkan tabel 3, rata-rata suhu lingkungan yang diukur oleh sensor DHT22 pada server thingspeak adalah 39,6°C pada jam 11.30 serta perbandingan suhu di alat ukur Annemometer adalah 37,3°C. Secara perbandingan, nilai sensor tidak jauh berbeda dari alat ukur Annemometer dengan rata-rata galat relatif 0,60%. Ini menunjukkan bahwa sensor beroperasi dengan baik selama 17 percobaan yang telah dilakukan.

Dapat dilihat monitoring suhu yang di kirim ke *sever thingspeak* dari sensor DHT22. Data yang diterima thingspeak berjumlah seratus data yang ditampilkan dalam bentuk grafik. Grafik hasil pembacaan Sensor DHT22 dapat dilihat pada gambar 16 dibawah ini.



Gambar 16. Pengukuran Suhu Pada Server Thingspeak

3.6. Pengujian Sensor Annemometer Pada Server Thingspeak

Selanjutnya, sensor Annemometer VMS 3000 FSJT-NPN yang sedang diuji pada server ThinkSpeak akan ditempatkan di lokasi yang berdekatan dengan panel surya dan kincir angin, dengan tujuan untuk memperoleh informasi terkait kecepatan angin di tempat tersebut. Hasil dari pembacaan sensor Annemometer VMS 3000 FSJT-NPN akan dibandingkan dengan alat ukur Annemometer untuk mengetahui kecepatan angin di lingkungan tersebut. Alat ukur yang digunakan ialah tipe *Lutron AM-4206 Annemometer*, pengukuran dapat dilihat pada gambar 4.9



Gambar 17. Pengukuran Angin Pada Alat Ukur annemometer

Hasil pengujian Annemometer VMS 3000 FSJT-NPN dibandingkan dengan alat ukur, data hasil nilai Sensor DHT22 dan alat ukur dapat dilihat pada Tabel 4 dibawah ini.

Tabel 4. Hasil Pengukuran Angin

| No | Waktu | KecAngin (Thingspeak) | Kec Angin (AlatUkur) | Galat |
|----|-------|-----------------------|----------------------|-------|
| 1 | 10:00 | 0.5 | 0.7 | 28.5 |
| 2 | 10:30 | 0.8 | 0.82 | 2.43 |
| 3 | 11:00 | 1.00 | 0.92 | 8.69 |
| 4 | 11:30 | 0.76 | 0.74 | 2.72 |
| 5 | 12:00 | 0.38 | 0.35 | 8.57 |
| 6 | 12:30 | 1.45 | 1.35 | 7.40 |
| 7 | 13:00 | 2.22 | 2.19 | 1.36 |

| | | | | |
|---------------------------------|-------|------|------|------|
| 8 | 13:30 | 1.67 | 1.65 | 1.21 |
| 9 | 14:00 | 1.34 | 1.32 | 1.51 |
| 10 | 14:30 | 3.98 | 3.96 | 0.50 |
| 11 | 15:00 | 1.23 | 1.21 | 1.65 |
| 12 | 15:30 | 2.76 | 2.75 | 0.36 |
| 13 | 16:00 | 1.21 | 1.19 | 1.68 |
| 14 | 16:30 | 2.00 | 1.97 | 1.52 |
| 15 | 17:00 | 4.55 | 4.45 | 2.24 |
| 16 | 17.30 | 2.03 | 2.0 | 1.5 |
| 17 | 18.16 | 2.2 | 2.1 | 4.76 |
| Galat rata-rata % = 4.51 | | | | |

Hasil pengukuran Kecepatan Angin dapat dilihat pada tabel 4, Berdasarkan tabel 4 rata-rata Kecepatan angin di lingkungan sekitar yang diukur oleh sensor Annemometer pada server thingspeak adalah 4,55 m/s pada jam 17.00 serta perbandingan kecepatan angin di alat ukur Annemometer adalah 4,45 m/s. Secara perbandingan, nilai sensor tidak jauh berbeda dari pengukur Annemometer dengan rata-rata galat relatif 4,51%. Ini menunjukkan bahwa sensor beroperasi dengan baik selama percobaan yang telah dilakukan.

4. KESIMPULAN

Sistem kontrol monitoring daya output hybrid PLTS dan PLTB menggunakan Arduino Mega Pro Mini 2560 untuk mengukur tegangan dan arus DC, serta ESP32 untuk mengirim data ke server Thingspeak setiap 15 detik. Data ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik yang dapat diakses melalui PC atau smartphone. Selain itu, Arduino Uno dan ESP32 juga digunakan untuk memantau kecepatan angin, suhu, dan kelembaban, dengan hasil yang dikirimkan secara berkala ke Thingspeak. Data logger digunakan untuk merekam tegangan dan arus DC dengan file berformat .txt. Komunikasi antar mikrokontroler menggunakan komunikasi serial, dan sensor yang digunakan menunjukkan tingkat presisi yang baik. Sensor tegangan DC memiliki galat rata-rata 0.004%, sedangkan sensor arus DC memiliki galat rata-rata 2.41%, yang menunjukkan tingkat akurasi yang cukup tinggi dalam pengukuran.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Risky, “Pengertian simbol, fungsi, cara kerja, karakteristik”, Thecityfoundry, 2023, [Online]. Tersedia : <https://thecityfoundry.com/sensor-ldr/>
- [2] F. Agus, “Apa itu Buck Konverter”, Nyebarilmu, 2019, [Online].Tersedia : <https://www.nyebarilmu.com/penjelasan-tentang-sistem-dc-buck-converter/>
- [3] J. Yayat, “Pengertian Sensor Tegangan”, Ruang Teknisi, 2022,[Online].Terdedia:<https://www.ruangteknisi.com/sensor-tegangan/>
- [4] Aritonang, Cahaya Lidya. Maison., dan Yosi Riduas H, “Sistem Monitoring Tegangan, Arus dan Intensitas Cahaya Pada Panel Surya dengan Thingspeak”, JurnalEngineering, 1,

- (1), 11-24, 2020, [Online]. Tersedia : <https:// Jurnal Engineering.ac.id>
- [5] P. A. Elga, “Pengertian dan Penjelasan tentang RTC (Real Time Clock”, EdukasiElektronika, 2022, [Online]. Tersedia : <https://www.edukasiElektronika.com/2022/10/pengertian-dan-penjelasan-tentang-rtc.html>
- [6] M. Radina, F. X. Arinto, and Sumadi, “Sistem kontrol beban dan monitoring daya baterai pada panel surya 50wp untuk aplikasi penerangan berbasis Internet of Things,” Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan, vol. 10, no. 3, pp. 168–172, 2022. [Online].Tersedia:<http://journal.eng.unila.ac.id/index.php/jitet/article/view/2640>
- [7] Solar Kita, “5 hal yang perlu diketahui tentang baterai panel surya,” Kumparan, 2022. [Online]. Available: <https://kumparan.com/solar-kita/5-hal-yang-perlu-anda-ketahui-tentang-baterai-panel-surya-1xY2Vlw6IIS/full>