

# Desain Monitoring Daya Photovoltaik Pada PLTS *Autotracking* 5 KWP

Sindak Hutauruk\*, Libianko Sianturi, Maranata Telaumbanua

Teknik Elektro, Universitas HKBP Nommensen, Medan

\*sindak@uhn.ac.id

**Abstrak**— The design of a wireless monitoring tool for photovoltaic output power at a 5 KWP autotracking Solar Power Plant at HKBP Nommensen University in Medan was carried out to facilitate monitoring of the power generated by a Solar Power Plant. The power generated by the photovoltaic is displayed on the monitor screen where the measurement of the power generated by the photovoltaic is carried out by the microcontroller by multiplying the output voltage and current of the photovoltaic. The output from the microcontroller is sent somewhere via the wifi network and Android TV Box to be displayed in real time in the form of decimal numbers and graphics on the monitor screen. From the monitor screen, you can see the amount of light received by the photovoltaic, the amount of voltage, instantaneous power, and energy produced by the photovoltaic. The measurement results displayed on the monitoring screen have an error percentage of 2.253 % of the inverter output power. This power monitoring can also be viewed remotely using an Android-based application.

**Kata Kunci**—Microcontroller, Monitor screen, Solar Power, TV Box, Wireless.

DOI: 10.22441/jte.2024.v15i2.001

## I. PENDAHULUAN

Universitas HKBP Nommensen Medan memiliki Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) 5 KWP yang dapat bergerak mengikuti arah datangnya sinar matahari (*autotracking*) dengan menggunakan 4 buah sensor cahaya LDR (*Light Dependent Resistor*) [1]-[3], seperti tampak pada Gambar 1. PLTS ini merupakan hasil rancangan dosen dan mahasiswa. PLTS ini menghasilkan daya listrik yang dihasilkan oleh Photovoltaik (PV) dimana besarnya daya yang dihasilkan tergantung dari intensitas sinar matahari yang diterima oleh PV [4]-[6]. Besarnya daya yang dihasilkan oleh PV tersebut perlu diketahui secara visual agar dapat diamati dan disesuaikan dengan penggunaan daya yang dihasilkan PV sesuai dengan besarnya daya yang dibutuhkan oleh beban. Daya yang dihasilkan dapat dibaca secara terus menerus pada layar monitor tanpa kabel guna memudahkan dalam pendistribusian daya yang dibutuhkan oleh beban [7]. Untuk merealisasikan hal ini maka dibutuhkan sebuah rangkaian yang dapat mengukur tegangan dan arus dari keluaran PV yang akan diolah oleh mikrokontroler menjadi besaran daya yang akan ditransmisikan dan ditampilkan tanpa kabel ke layar monitor [8], [9].

Dengan adanya data daya yang di tampilkan pada layar monitor yang di peroleh dari sistem monitoring maka kita dapat memantau hasil data daya yang *real* yang di peroleh dari PV setiap saat maupun besarnya energi yang dihasilkan dan dapat

juga ditampilkan besarnya intensitas cahaya yang diterima oleh PV secara *real time* [7], [10]-[12].



Gambar 1. PLTS Autotracking 5 KWP

## II. PENELITIAN TERKAIT

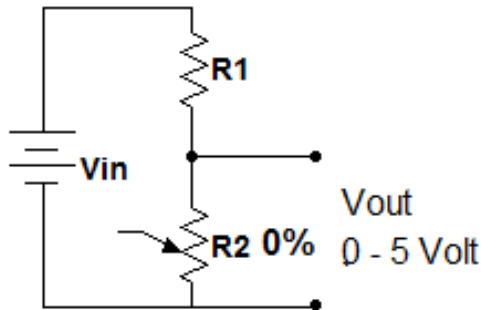
Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh E.T.S. Lobo *et al* [9] menggunakan 1 buah PV yang statis, dan sensor arus dipasang sebelum SCC (*Solar Charge Controller*) dimana daya dapat dilihat pada *smartphone*. Pada penelitian ini, panel surya yang digunakan sebanyak 12 PV yang menghasilkan daya 5 KWP yang bersifat *autotracking*. Sensor arus dan tegangan digunakan sesudah SCC yang dilengkapi dengan pengatur tegangan dengan tujuan untuk mendapatkan hasil yang presisi. Hasil *monitoring* daya ini selain dapat diamati melalui *smartphone* juga dapat diamati langsung pada layar monitor LCD melalui android TV Box [13]-[18].

## III. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di kampus Universitas HKBP Nommensen Medan dimana terdapat PLTS 5 KWP *autotracking* yang sudah dirancang dan digunakan sebagai penerangan.

Daya yang ditampilkan pada layar monitor merupakan hasil perkalian arus dan tegangan keluaran PV yang dilakukan oleh mikrokontroler STM32 [19]. Tegangan yang dihasilkan oleh

PV diberikan ke mikrokontroler, oleh sebab itu besarnya tegangan maksimum keluaran PV harus dapat diterima oleh mikrokontroler yang berkerja dengan tegangan masukan maksimum sebesar 5 Volt. Oleh sebab itu tegangan keluaran PV harus dibagi dengan menggunakan rangkaian pembagi tegangan seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Pembagi tegangan keluaran PV

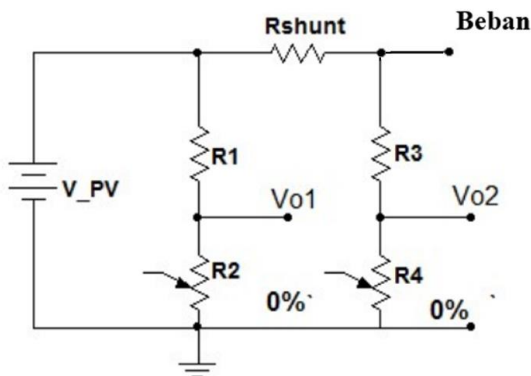
$$V_{out} = \frac{R_2 \times V_{in}}{R_1 + R_2} \text{ Volt} \quad (1)$$

Keterangan:

$V_{in}$  = Tegangan keluaran Photovoltaik ( $V_{PV}$ )

$V_{out}$  = Tegangan keluaran dari rangkaian pembagi tegangan

Arus keluaran PV diperoleh dengan menggunakan  $R_{shunt}$  yang dipasang pada rangkaian pembagi tegangan lainnya seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Rangkaian pendeteksi besarnya arus keluaran PV

Besarnya tegangan pendeteksi arus adalah :

$$V_{o2} = \frac{R_4 \times (V_{PV} - V_{Rshunt})}{R_3 + R_4} \text{ volt} \quad (2)$$

Keterangan :

$V_{PV}$  = Tegangan keluaran PV

$V_{Rshunt}$  = Tegangan  $R_{shunt}$

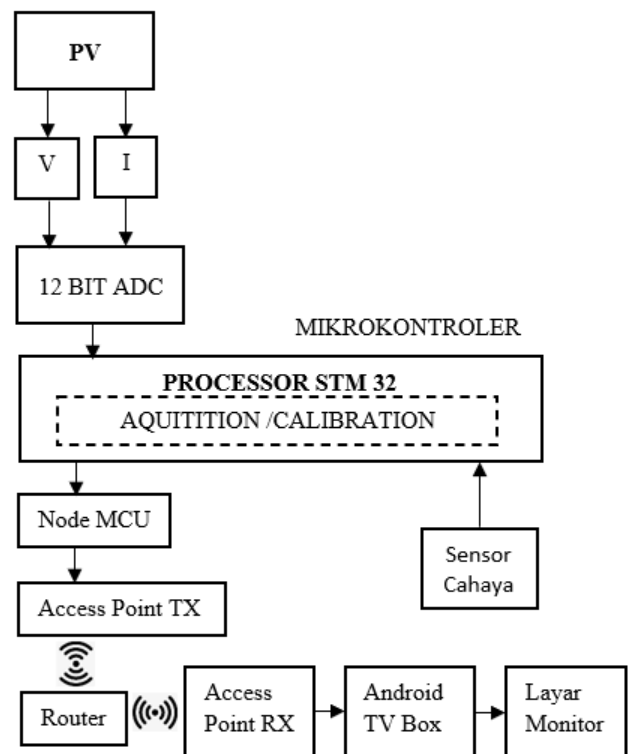
Selisih tegangan  $V_{01}$  dan  $V_{02}$  merupakan tegangan pada  $R_{shunt}$ . Tegangan  $R_{shunt}$  ini merepresentasikan besarnya arus keluaran PV.  $R_{shunt}$  yang digunakan adalah 50A/75mV, artinya bila tegangan pada  $R_{shunt}$  75mV maka arus yang mengalir adalah 50 A atau setiap kenaikan tegangan sebesar 1 mV terjadi kenaikan arus sebesar 1,5 A. Besarnya daya keluaran PV merupakan perkalian tegangan dan arus yang

diterima oleh mikrokontroler setelah dikonversi ke biner oleh *Analogue to Digital Converter (ADC)* 12 bit [8], [20], [21].

Besarnya kuat cahaya yang diterima oleh PV diperoleh dengan menggunakan sensor kuat cahaya dan ditampilkan pada layar monitor secara *real time*. Pengiriman semua data tegangan, arus, daya, dan kuat cahaya dilakukan melalui *wifi* dengan *Access Point* dan *Router* kemudian ditampilkan pada layar monitor dengan bantuan *android TV box*.

#### A. Konsep Perancangan

Konsep perancangan sistem yang dirancang adalah sistem monitoring daya yang dihasilkan PV berbasis mikrokontroler STM32, dimana mikrokontroler berfungsi mengontrol seluruh proses mulai dari membaca *input*, memproses dan mengeluarkan *output*. Dengan demikian mikrokontroler STM32 bertugas sebagai kontroler utama yang mengolah data *input* menjadi *output*. *Input* dari sistem adalah 2 parameter dasar listrik yaitu tegangan dan arus. Kedua parameter tersebut dideteksi oleh detektor tegangan dan detektor arus. Detektor tegangan menggunakan komponen pembagi tegangan sedangkan detektor arus menggunakan resistor *shunt*. Kedua detektor mengubah parameter tersebut menjadi besaran tegangan dengan skala dibawah 5V yang diberikan ke masukan analog mikrokontroler. Pada mikrokontroler kedua data dikalibrasi menjadi nilai tegangan dan arus sebenarnya. Setelah diperoleh tegangan dan arus maka dapat dicari daya dan energi yang sedang bekerja pada sistem. Pada bagian *output* terdapat layar monitor dan *WiFi adapter*. Layar monitor menampilkan nilai hasil perhitungan mikrokontroler yaitu arus, tegangan, daya dan energi listrik sedangkan *WiFi adapter* berfungsi sebagai pengirim data ke *hotspot* kemudian diteruskan ke server *Thinkspeak* di internet seperti pada Gambar 4.

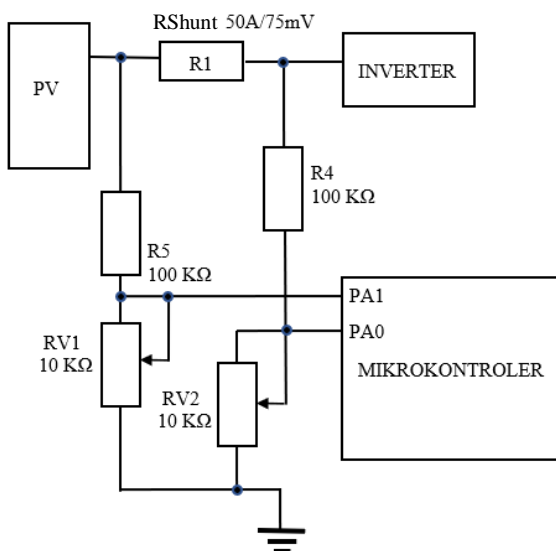


Gambar 4. Blok Diagram Sistem Monitoring Daya PLTS

## B. Tahapan Kerja Sistem

### Detektor Tegangan

Detektor rangkaian pembagi tegangan membaca atau mengukur tegangan yang akan diberikan pada masukan mikrokontroler. Tegangan yang di baca adalah tegangan PV pada PLTS yang berkisar antara 0 Volt hingga 243,6 Volt. Pembagi tegangan membagi / menurunkan tegangan tersebut agar dapat diterima oleh masukan mikrokontroler. Besarnya tegangan pada keluaran PV harus dapat diterima oleh ADC pada mikrokontroler, karena mikrokontroler merupakan komponen TTL maka tegangan keluaran maksimum PV dikonversikan kebesaran maksimum masukan dari mikrokontroler yaitu sebesar 5 Volt. Besarnya tegangan keluaran PV tergantung dari kuat cahaya yang diterimanya yaitu diantara 0 – X Volt, dimana X adalah besarnya tegangan yang dihasilkan PV pada saat kuat cahaya maksimum diterima dari sinar matahari. Besaran 0 sampai X volt keluaran PV ini dikonversikan ke 0 sampai 5 Volt yang akan diterima oleh ADC 12 bit pada mikrokontroler. Konversi tegangan ini dilakukan oleh Resistor pembagi tegangan seperti yang diperlihatkan pada Gambar 5. Konversi tegangan ini juga dapat dikatakan sebagai sensor tegangan dan sensor arus (menggunakan *Rshunt*) [20], [22], [23].



Gambar 5. Sensor Tegangan dan Arus

Perbandingan antara tegangan masukan dan keluaran dari rangkaian pembagi tegangan tersebut tergantung dari besar R1 dan R2. Untuk memperoleh keluaran pembagi tegangan benar-benar menghasilkan 5 volt pada saat tegangan maksimum keluaran PV, maka digunakan resistor variabel R2 yang besar resistansinya dapat diatur.

### Detektor Arus

Detektor arus yang di gunakan adalah tipe *Rshunt* yang di serikan dengan beban (*inverter*). Detektor arus berfungsi membaca besarnya arus yang mengalir pada beban yang direpresentasikan dengan besarnya tegangan pada *Rshunt*. Tipe *Rshunt* yang digunakan adalah 50 A/75 mV. Bila arus mengalir sebesar 50 A akan menimbulkan tegangan sebesar 75 mV, ini artinya setiap kenaikan arus beban sebesar 1 A akan menyebabkan kenaikan tegangan pada *Rshunt* sebesar 1,5 mV. Arus yang dihasilkan oleh PV dapat ditentukan dengan

menghitung selisih antara output rangkaian pembagi tegangan (*input port* PA1 mikrokontroler) dengan *output* pembagi tegangan yang dipasang *Rshunt* (*input port* PA0 mikrokontroler) yang kemudian selisih tegangan (dalam mVolt) tersebut menggambarkan besarnya arus yang melewati *Rshunt* yang merupakan besarnya arus keluaran dari PV.

### Pengukuran Kuat Cahaya

Sensor kuat cahaya tipe BH1750 digunakan untuk mengukur perubahan intensitas cahaya dalam satuan lux. Sensor ini menggunakan protokol I2C untuk komunikasi dengan mikrokontroler. Sensor kuat cahaya ini dapat mengukur kuat cahaya yang di terima oleh PV setiap saat yang kemudian akan di tampilkan pada layar monitor. Sensor ini dapat mengukur intensitas cahaya hingga kisaran 65535 lx unit [24].

### Proses pada Mikrokontroler

Data tegangan dari detektor rangkaian pembagi tegangan dan data arus dari detektor arus serta besarnya kuat cahaya diberikan ke masukan mikrokontroler untuk dikonversi menjadi data digital. Ketiga masukan sensor diberikan pada mikrokontroler STM32 melalui masukan analog yaitu masukan untuk detektor arus pada pin PA0 dan PA1 dan sensor kuat cahaya pada pin SDA dan SCL. Sinyal analog ini dikonversikan ke sinyal digital oleh ADC 12 bit yang terdapat pada mikrokontroler sehingga *outputnya* akan dibagi menjadi 4096 level. Output ADC tersebut akan di proses di dalam program mikrokontroler untuk dihitung berapa daya yang di hasilkan oleh PV dengan memperkalikan besarnya tegangan dan arus [25], [26]. Tegangan masukan mikrokontroler maksimum 5 Volt, maka tegangan maksimum tersebut dibagi dalam 4096 level sehingga diperoleh tegangan untuk setiap satu level sebesar 0,00122 V.

### Koneksi ke Wifi

Hubungan rangkaian sistem ke wifi menggunakan NodeMCU tipe ESP2866. NodeMCU ini berfungsi sebagai media yang menghubungkan rangkaian dengan *hotspot wifi* dan internet. NodeMCU merupakan sebuah adapter yang berbentuk modul dengan input serial. Data yang akan di kirim ke internet akan di terima oleh NodeMCU melalui *port serial*. NodeMCU terhubung pada sebuah *hotspot wifi* (*access point*) sehingga data dapat di kirim ke server melalui internet [26].

### Penghubung ke Jaringan Wifi

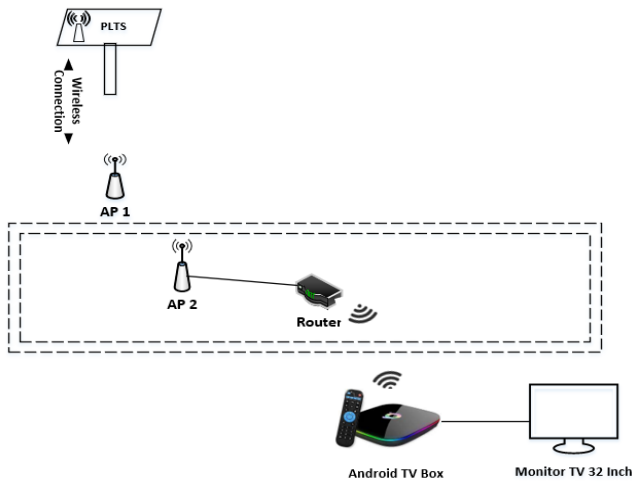
Penghubung ke jaringan *Wifi* menggunakan *Access Point* (AP). AP digunakan untuk mengatur IP *address* secara otomatis terhadap perangkat yang terhubung. AP yang digunakan adalah tipe CPE210 2.4 Ghz 300 Mbps *outdoor* yang menghubungkan komponen yang satu dengan yang lain dengan cara mengatur IP *address* antara komponen pengirim (TX) dan penerima (RX) data supaya berada dalam satu IP, sehingga komponen TX dan komponen RX dapat terhubung satu dengan yang lain. Pada AP terdapat antena dan *transceiver*, komponen ini bertugas untuk memancarkan dan menerima dari *client server* ataupun menuju *client server*. Untuk bisa memancarkan sinyal *wifi* ke *Android TV Box*, maka AP dihubungkan ke *router* yang hanya digunakan untuk keperluan monitoring daya PV tersebut [27], [28].

### Penghubung antar Access Point

*Router* yang digunakan adalah *router* RB1100AX2 yang berfungsi untuk menghubungkan dan meneruskan data dari AP satu ke AP lainnya.

*Koneksi ke Layar Monitor*

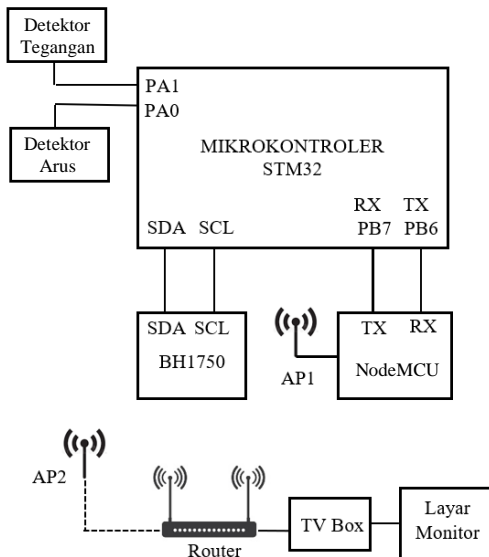
Proses data pada mikrokontroler ke layar monitor LCD digunakan *Android TV Box* tipe X96 mini dengan OS tipe *Android naught* 7.1.2 kapasitas RAM 2 GB dan ROM 16 GB. Di dalam *Android TV Box* di instal sebuah *software* atau aplikasi yaitu *Virtuino* yang berfungsi untuk menampilkan data ke dalam bentuk sebuah grafik pada layar monitor. Koneksi jaringan dari PV sampai ke layar monitor seperti yang diperlihatkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Koneksi Jaringan PV ke Layar Monitor

*C. Tahapan Kerja Sistem*

Rangkaian pengendali sistem terdiri dari Detektor, ADC, Mikontroler, *Adapter Wifi*, *Android TV Box* dan Layar monitor seperti yang diperlihatkan pada Gambar 7.

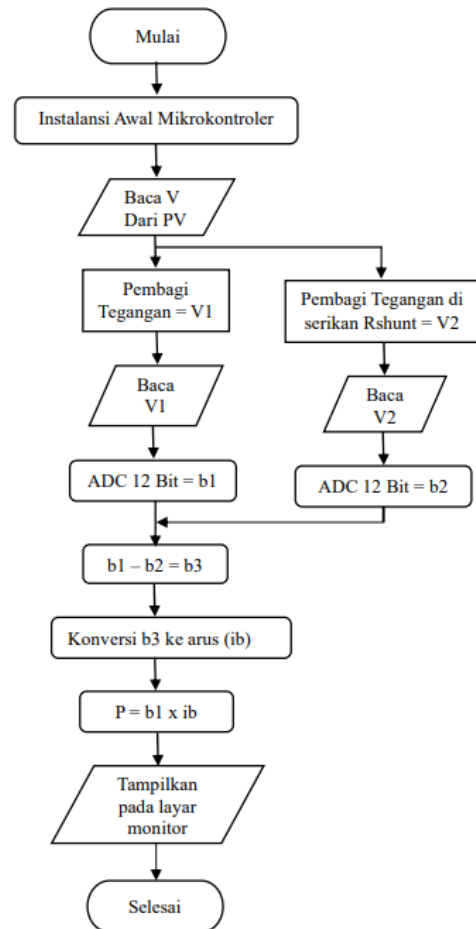


Gambar 7. Blok Rangkaian Sistem Monitoring

Semua komponen *input* dan *ouput* terhubung ke mikrokontroler STM32. Mikrokontroler diprogram untuk menerima masukan melalui *input* analog dari data detektor arus, detektor tegangan, dan sensor cahaya. Detektor arus memberikan masukan ke mikrokontroler berupa arus yang mengalir ke beban, detektor tegangan memberikan masukan

besarnya tegangan yang sedang bekerja pada beban dan sensor cahaya memberikan masukan berupa besarnya kuat cahaya yang diterima PV dari sinar matahari. Detektor arus menggunakan *Rshunt*, sensor mendeteksi tegangan jatuh pada *Rshunt* akibat arus yang mengalir pada resistor tersebut dan memberikan nilainya pada mikrokontroler. Mikrokontroler mengolah data tersebut dengan terlebih dahulu mengkonversi data analog menjadi digital dan mengkalibrasinya menjadi nilai arus sebenarnya. Demikian juga dengan detektor tegangan yang dibaca oleh mikrokontroler untuk dikonversi ke data digital dan dikalibrasi menjadi nilai tegangan [9]. Kedua data arus dan tegangan hasil kalibrasi dikalikan oleh mikrokontroler untuk memperoleh nilai daya yang sebenarnya sesuai dengan rumus daya yaitu  $P = V \times I$ . Hasil perhitungan daya ini dikirim ke NodeMCU yang berfungsi sebagai *wifi adapter*. Agar data dapat dikirim ke *Android TV Box* maka data atau sinyal dari NodeMCU dikirim ke AP1 dan kemudian dipancarkan ke AP2 melalui *router*. Setelah sinyal atau data dari AP1 di terima oleh AP2, maka selanjutnya data tersebut diteruskan ke *Android TV Box* untuk selanjutnya diteruskan ke layar monitor untuk di tampilkan dalam bentuk grafik data berupa :

1. Tegangan (volt)
2. Daya (watt)
3. Energi (KWH)
4. Kuat Cahaya (lux)

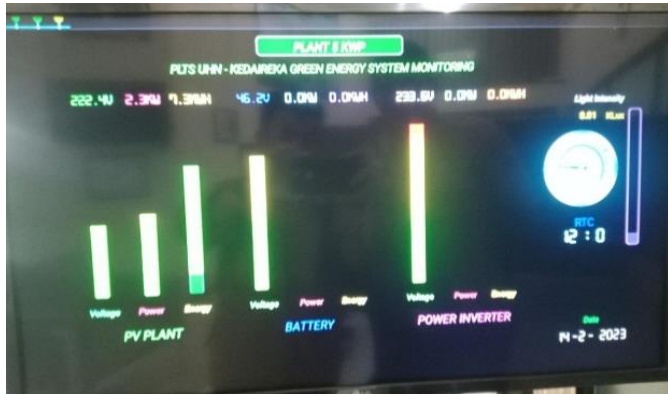


Gambar 8. *Flowchart* Kerja Sistem Monitoring

Proses kerja sistem digambarkan pada *flowchart* Gambar 8. Dimulai dengan proses inialisasi dan nilai awal, kemudian membaca tegangan keluaran PV kemudian melakukan pembagi tegangan (V1) dan juga melakukan pembagi tegangan yang diserikan dengan *Rshunt* (V2). Besaran tegangan yang diperoleh baik V1 maupun V2 dikonversikan ke besaran biner (digital) dengan menggunakan ADC 12 bit sehingga diperoleh b1 untuk V1 dan b2 untuk V2. Selanjutnya mikrokontroler mengurangi b2 dengan b1 untuk memperoleh selisih tegangan. Selisih tegangan yang diperoleh ini (b3) merupakan besarnya tegangan pada *Rshunt*, besarnya tegangan yang diperoleh pada *Rshunt* dikonversikan kebesaran arus dengan menggunakan formula ( $ib = \frac{b3}{75} \times 50$ ) dimana b3 merupakan tegangan pada *Rshunt* dan ib merupakan besarnya arus beban yang mengalir pada *Rshunt*. Untuk memperoleh besarnya daya beban, mikrokontroler melakukan perkalian antara tegangan keluaran pembagi tegangan (b1) dengan besarnya arus pada beban (ib). Daya yang diperoleh ini dikirimkan ke *Android TV Box* oleh NodeMCU, kemudian data tersebut diproses dalam sebuah *software* *Virtuino* untuk diteruskan ke layar monitor.

IV. HASIL DAN ANALISA

Hasil rancangan sistem ditampilkan pada layar monitor seperti pada Gambar 9. dimana tampak pada layar monitor hasil pengukuran tegangan, daya, dan energi pada PV yang ditampilkan dalam bentuk diagram batang. disamping itu juga ditampilkan besarnya intensitas cahaya matahari yang diterima PV pada saat itu.



Gambar 9. Tampilan Hasil Pengukuran pada Layar Monitor

Tabel 1. Hasil Pengukuran Tegangan dan Arus PV

No	Waktu	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)	Daya (Watt)
1	08:00	158.5	3.37	535
2	09:30	198.1	4.18	829
3	11:00	239.2	20.43	4887
4	12:30	257.8	26.37	6799
5	14:00	224.4	12.48	2801

Tegangan dan arus diperoleh dari hasil pengukuran dengan menggunakan multimeter dan daya merupakan hasil perkalian tegangan dan arus.

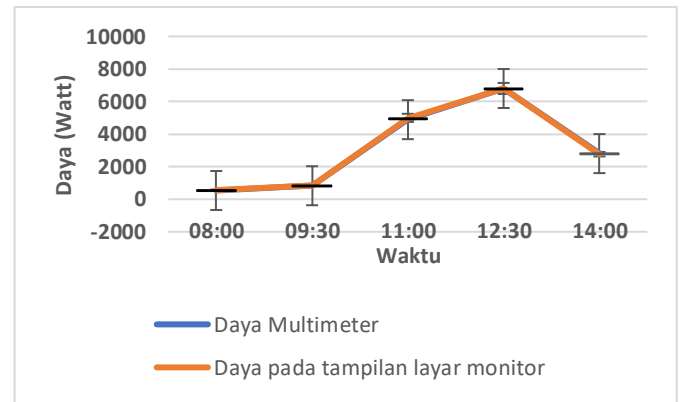
Tabel 2. Persentase kesalahan

No	Waktu	Daya Multimeter (Watt) A	DTM (Watt) B	% Kesalahan B thd A
1	08:00	535	561	4,859
2	09:30	829	853	2,895
3	11:00	4887	4997	2,256
4	12:30	6799	6802	0,044
5	14:00	2801	2767	1,213
Rata-rata persentase kesalahan (%)				2,253

Keterangan :

- 1. Daya Multimeter : Daya keluaran PV yang diukur dengan menggunakan alat ukur multimeter,
- 2. Daya DTM : Daya PV yang ditampilkan pada layar monitor.

Tabel 2. memperlihatkan besarnya persentase kesalahan daya PV yang ditampilkan pada layar monitor dibandingkan dengan daya yang diperoleh dari hasil pengukuran tegangan dan arus PV dengan menggunakan alat ukur multimeter (Tabel 1.). Dari hasil perancangan sistem diperoleh rata-rata persentase kesalahan yang terjadi sebesar 2,253 %.



Gambar 10. Grafik Hasil Pengukuran

Gambar 10. merupakan grafik besarnya daya PV hasil pengukuran dengan alat ukur multimeter dengan daya yang ditampilkan pada layar monitor hasil rancangan sistem. Kesalahan yang terjadi tidak terlalu signifikan dan dapat dikatakan bahwa hasil rancangan sistem cukup baik.

V. KESIMPULAN

Hasil pengukuran tegangan, daya, dan energi yang dihasilkan oleh PV dengan sistem *autotracking* dan berikut kuat cahaya yang diterima oleh PV dikirim secara *real time* ke layar monitor tanpa melalui media kabel (*wireless*) yang dapat dibaca dengan jelas pada monitor TV dan *smartphone* dengan persentase kesalahan pengukuran sebesar 2,253 %, sehingga dengan demikian koreksi dan perbaikan sistem dapat segera dilakukan untuk meningkatkan efisiensi pengumpulan daya. Penelitian ini berpotensi memberikan kontribusi signifikan terhadap pengembangan teknologi PLTS, terutama dalam meningkatkan efisiensi pengumpulan daya dengan sistem *autotracking*. Hal ini sangat penting mengingat peningkatan efisiensi energi terbarukan menjadi salah satu fokus utama dalam upaya mengurangi ketergantungan pada energi fosil.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas HKBP Nommensen Medan yang telah membantu mendanai penelitian ini melalui kontrak penelitian No. 97/PPP/LPPM/V/2023 tanggal 26 Mei 2023 dan terimakasih kepada Program Studi Teknik Elektro Universitas HKBP Nommensen Medan yang telah memberikan ijin pemakaian alat laboratorium PLTS.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Nurharsanto and A. Prayitno, "Sun Tracking Otomatis untuk Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)," *Jom FTEKNIK*, vol. 4, no. 2, 2017.
- [2] A. El Hammoui, S. Motahir, A. El Ghzizal, A. Chalh, and A. Derouich, "A simple and low-cost active dual-axis solar tracker," *Energy Sci Eng*, vol. 6, no. 5, pp. 607–620, Oct. 2018, doi: 10.1002/ese3.236.
- [3] V. Dadi and S. Peravali, "Optimization of light-dependent resistor sensor for the application of solar energy tracking system," *SN Appl Sci*, vol. 2, no. 9, Sep. 2020, doi: 10.1007/s42452-020-03293-x.
- [4] M. Alif Ismail, K. A. Ramanathan, M. Hafizi Idris, K. Ananda-Rao, M. Mazlan, and N. Fairuz, "Improving the performance of solar panels by the used of dual axis solar tracking system with mirror reflection," in *Journal of Physics: Conference Series*, Institute of Physics Publishing, Jan. 2020, doi: 10.1088/1742-6596/1432/1/012060.
- [5] T. Koerniawan, ; Aas, W. Hasanah, T. Elektro, and S. Tinggi Teknik - Pln, "Kajian Sistem Kinerja PLTS Off-Grid 1 kWp di STT-PLN," *Jurnal Energi & Kelistrikan*, vol. 10, no. 1, pp. 38–44, 2018.
- [6] A. Tantama, D. Lestariningsih, and A. Joewono, "Battery Charge Controller Sistem Hybrid," *Scientific Journal Widya Teknik*, vol. 18, no. 1, 2019.
- [7] I. Elamvazuthi, M. K. A. Ahamed Khan, S. B. Bin Shaari, R. Sinnadurai, and M. Amudha, "Electrical power consumption monitoring using a real-time system," in *2012 IEEE Conference on Sustainable Utilization and Development in Engineering and Technology, STUDENT 2012 - Conference Booklet*, 2012, pp. 295–298. doi: 10.1109/STUDENT.2012.6408422.
- [8] H. Wildan Fahruri, W. Aribowo, M. Widyartono, and A. Chandra Hermawan, "Monitoring Arus, Tegangan, dan Suhu Pada Prototype Thermoelectric Generator Berbasis IoT," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 10, no. 01, pp. 137–144, 2021.
- [9] A. Fitriandi, E. Komalasari, and H. Gusmedi, "Rancang Bangun Alat Monitoring Arus dan Tegangan Berbasis Mikrokontroler dengan SMS Gateway," *ELECTRICIAN – Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*, vol. 10, no. 2, pp. 87–98, 2016.
- [10] C. Sookasame and W. Zhongdong, "Real Time Power Consumption Monitoring Using Arduino," *International Journal of Research and Scientific Innovation (IJRSI) |*, vol. VI, 2019, [Online]. Available: www.rsisinternational.org
- [11] I. Inayah, N. Hayati, A. Nurcholis, A. Dimiyati, and M. G. Prasetya, "Realtime Monitoring System of Solar Panel Performance Based on Internet of Things Using Blynk Application," *Elinvo (Electronics, Informatics, and Vocational Education)*, vol. 7, no. 2, pp. 135–143, Feb. 2023, doi: 10.21831/elinvo.v7i2.53365.
- [12] E. T. S. Lobo, P. R. Takaya, and I. Bin Paledung, "Realtime Monitoring Design of Solar Cell Power Plant Based on IoT," in *Journal of Physics: Conference Series*, Institute of Physics, 2022. doi: 10.1088/1742-6596/2394/1/012028.
- [13] R. L. R. Lokesh Babu, D. Rambabu, A. R. Naidu, R. D. Prasad, and P. Gopi Krishna, "IoT Enabled Solar Power Monitoring System," 2018. [Online]. Available: www.sciencepubco.com/index.php/IJET
- [14] G. Irvan Setiaji and A. Sofwan, "Perancangan Power Monitoring System Pada Panel Surya Sebagai Sumber Utama Pada Smart Open Parking Dalam Arsitektur IoT," *TRANSIENT*, vol. 7, no. 3, pp. 820–825, 2018.
- [15] N. Datar et al., "Solar Power Monitoring System Using IOT," *Journal of Emerging Trends in Electrical Engineering*, vol. 3, no. 1, pp. 1–5, 2021.
- [16] D. Muhammad and J. Sardi, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Penggunaan Daya Listrik Rumah Tangga Berbasis Internet of Things (IoT)," *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, vol. 3, no. 2, 2022, doi: 10.24036/jtein.v3i2.274.
- [17] D. Handarly et al., "Sistem Monitoring Daya Listrik Berbasis IoT (Internet of Thing)," 2018.
- [18] R. S. D. Lubis, A. A. Muayyadi, and D. Perdana, "Monitoring Penggunaan Listrik Di Ruangannya Berbasis Internet of Things (IoT)," *e-Proceeding of Engineering*, vol. 10, no. 5, pp. 4231–4236, 2023.
- [19] X. U. Zhihui, W. Li, and X. Yongjun, "The Design of Infusion Monitoring System based on STM32 Microcontroller," in *Proceedings of the 2012 2nd International Conference on Computer and Information Application (ICCIA 2012)*, 2012, pp. 1681–1683.
- [20] M. Taif, M. Yunus, H. Abbas, and M. Jamil, "Penggunaan Sensor ACS712 dan Sensor Tegangan untuk Pengukuran Jatuh Tegangan Tiga Fasa Berbasis Mikrokontroler dan Modul GSM shield," *Jurnal PROtek*, vol. 06, no. 1, pp. 42–47, 2019, [Online]. Available: www.TheEngineeringProjects.com
- [21] W. D. Sinaga and Y. Prabowo, "Monitoring Tegangan dan Arus yang Dihasilkan Oleh Sel Surya Berbasis WEB Secara Online," *SKANIKA*, vol. 1, no. 3, pp. 1273–1277, 2018.
- [22] J. Y. Hwang, J. H. Park, J. H. Choi, J. I. Uhm, G. H. Lee, and H. S. Lim, "A precise current detection method using a single shunt and FET Rds(On) of a low-voltage three-phase inverter," *Electronics (Switzerland)*, vol. 11, no. 1, Jan. 2022, doi: 10.3390/electronics11010009.
- [23] L. O. Sari, M. F. E. Saputra, and E. Safrianti, "Sistem Monitoring Arus Listrik Berbasis Internet of Things (IoT) pada Solar Panel di Laboratorium Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) UIN Suska Riau," *MALCOM: Indonesian Journal of Machine Learning and Computer Science*, vol. 4, no. 1, Jan. 2024, doi: 10.57152/malcom.v4i1.1033.
- [24] N. Wulantika and R. F. Maulana, "Sistem Buka Tutup Terpal Secara Otomatis pada Penjemuran Gabah Berbasis Telegram Berdasarkan Sensor BH1750 (Sensor Cahaya) dan Rain Drop Sensor (Sensor Hujan)," *Journal of Intelligent Networks and IoT Global*, vol. 1, no. 1, pp. 60–74, 2023.
- [25] Y. Liu, "Smart Greenhouse Monitoring and Controlling based on NodeMCU," *IJACSA International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, vol. 13, no. 9, pp. 597–600, 2022, [Online]. Available: www.ijacsa.thesai.org
- [26] K. Thopate, S. Shilaskar, and S. Bhatlawande, "An Internet of Things based Solar Power Monitoring System using Node MCU," *International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication*, vol. 11, no. 10s, pp. 708–714, Oct. 2023, doi: 10.17762/ijritcc.v11i10s.7709.
- [27] E. Kurniawan, D. S. Pangaudi, D. Eko, N. Widjatmoko, and P. P. Surabaya, "Perancangan Sistem Monitoring Konsumsi Daya Listrik Berbasis Android," *CYCLOTRON: Jurnal Teknik Elektro*, vol. 5, no. 01, pp. 63–68, 2022.
- [28] J. M. Ramadhan, R. Mardiaty, and I. N. Haq, "IoT Monitoring System for Solar Power Plant Based on MQTT Publisher / Subscriber Protocol," in *Proceeding of 2021 the 7th International Conference on Wireless and Telematics (ICWT2021)*, 2021, pp. 1–6.