

# Rancang Bangun Rangkaian Kontrol Otomatis Tanpa Sensor Cahaya Dan Monitoring Baterai Lampu Penerangan Jalan Panel Surya Berbasis *Internet of Things (IoT)*

Umar Muhammad<sup>1)</sup>, Andani Achmad<sup>2)</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Listrik Politeknik Bosowa  
umar.muhammad@politeknikbosowa.ac.id

<sup>2</sup>Department of Electrical Engineering, Universitas Hasanuddin  
andani@unhas.ac.id

## Abstrak

Lampu Jalan Tenaga Surya (PJUTS) memanfaatkan Panel Surya dengan masa pakai hingga 25 tahun yang berperan dalam menangkap sinar matahari dan mengubahnya menjadi listrik melalui proses fotovoltaik. Lampu ini memiliki kemampuan otomatis untuk menyala saat senja dan mati di pagi hari. Pada penelitian merancang sistem kontrol otomatis tanpa sensor cahaya pada lampu penerangan jalan menggunakan panel surya serta memantau tegangan baterai menggunakan *IoT*. Hasil pengujian diperoleh bahwa rangkaian kontrol otomatis bekerja sesuai rancangan bahwa lampu akan pada saat tegangan panel surya lebih dari 12 Volt yang menandakan adanya Cahaya matahari. Sistem monitoring juga bekerja dengan baik dengan diperolehnya 4000 data selama 4 hari pengujian. Namun masih terdapat kekurangan pada kapasistas baterai dan kalibrasi sensor tegangan.

**Keywords:** Panel Surya, PJU, IoT, NodeMCU 8266

## I. PENDAHULUAN

Penggunaan energi matahari sebagai sumber tenaga dalam sistem penerangan umum adalah opsi ekonomis dan efisien. Penerangan Lampu Jalanan Umum Tenaga Surya (PJUTS) dapat diterapkan dalam berbagai konteks seperti jalan raya, taman, kampus, perumahan, SPBU, pabrik, daerah wisata, dermaga, area parkir, wilayah terpencil, pedesaan, lapangan olahraga, pegunungan, pantai, halte bus, dan lain sebagainya. Keseluruhan sistem ini didesain untuk memberikan pencahayaan umum menggunakan sumber energi terbarukan dari matahari, dengan biaya perawatan minimal dan umur ekonomis yang panjang. Instalasinya juga cepat dan sederhana, menjadikan PJU LED Tenaga Surya sebagai solusi yang responsif untuk memenuhi kebutuhan pencahayaan jalan umum [1] seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Saat ini banyak ditemui penggunaan lampu jalanan umum di wilayah perkotaan namun di wilayah kabupaten atau pedesaan lampu jalanan umum hanya ditemui di kota-kota kabupaten atau jalan utama kabupaten. Salah satu penyebabnya karena harga PJUTS masih tergolong mahal sehingga masyarakat umum tidak mampu mengadakannya. Kedua permasalahan yang banyak ditemui dilapangan yaitu kurangnya pemeliharaan. PJUTS yang terpasang di jalan kota maupun jalan utama kabupaten banyak yang dibiarkan terbengkalai. Hal ini dapat disebabkan beberapa hal yaitu, karena promosi lampu PJUTS merupakan perangkat low maintenance sehingga ada kecenderungan pemerintah kota ataupun daerah tidak melakukan maintenance, kedua kurangnya kesadaran Masyarakat dalam pemeliharaan fasilitas umum sehingga ada unsur kesengajaan dalam melakukan pengrusakan atau-



Gambar 1. Lampu PJUTS

Sumber : <https://solarsuryaindotama.co.id/products/lampu-pju-tenaga-surya-pjuts-standard/>

pun mengambil bagian dari PJUTS, ketiga karena tidak ada sistem yang memantau kondisi dari PJUTS ini. Sehingga pada penelitian ini dirancang sebuah sistem kontrol otomatis dan monitoring tegangan baterai lampu penerangan jalan tenaga surya berbasis *Internet of Things (IoT)* agar diperoleh PJUTS dengan harga yang lebih rendah dan tegangan baterai dapat dipantau secara *realtime* melalui teknologi *IoT*

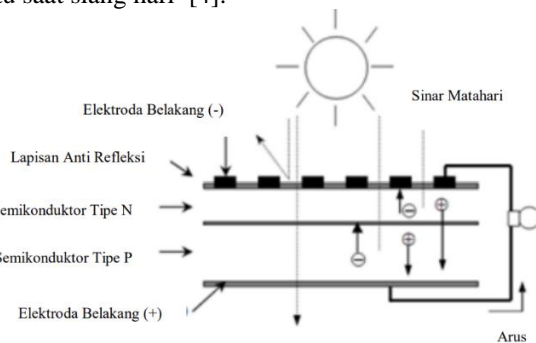
## II. KAJIAN LITERATUR

Lampu Jalan Tenaga Surya (PJUTS) memanfaatkan Panel Surya dengan masa pakai hingga 25 tahun yang berperan dalam menangkap sinar matahari dan mengubahnya menjadi listrik melalui proses fotovoltaik. Lampu ini memiliki kemampuan otomatis untuk menyala

saat senja dan mati di pagi hari, sementara perawatannya sederhana dan efisien sepanjang bertahun-tahun. Lampu Jalan Tenaga Surya menggunakan jenis Lampu LED hi-power yang sangat terang, hemat energi, dan memiliki ketahanan yang lama. Fotovoltaik adalah teknologi yang bertugas mengubah radiasi matahari menjadi energi listrik secara langsung [1], [2]. Radiasi matahari (global irradiance) adalah energi yang dipancarkan sebagai akibat dari proses reaksi fusi matahari dan diterima per satuan waktu pada sudut tegak lurus terhadap luas permukaan bumi. Energi ini selanjutnya diubah menjadi energi listrik melalui penggunaan sel surya (Solar Cell) seperti tampak pada gambar 2 [3].

A. Panel Surya

Panel surya terdiri dari sejumlah sel surya yang terhubung satu sama lain dan dilindungi oleh lapisan depan yang keras dan tembus cahaya, seperti kaca. Wattpeak adalah istilah yang digunakan untuk menyatakan kapasitas puncak dari modul surya, yang menggambarkan daya maksimum yang dapat dihasilkan oleh modul surya saat radiasi matahari mencapai 1000 W/m<sup>2</sup> pada jam puncak, yaitu saat siang hari [4].



Gambar 2. Perubahan energi matahari menjadi listrik

A. Internet of Things (IoT)

IoT merupakan konsep berupa perangkat fisik “things” dengan sistem tertanam yang dilengkapi sensor dan dapat berkomunikasi antar perangkat melalui koneksi jaringan internet. Konsep ini bertujuan untuk meluaskan manfaat dari penggunaan internet dan perangkat teknologi. Konsep IoT terdiri dari 3 elemen yaitu model fisik yg dilengkapi modul IoT, koneksi internet dan data center, seperti pada gambar 3 [3], [5], [6].

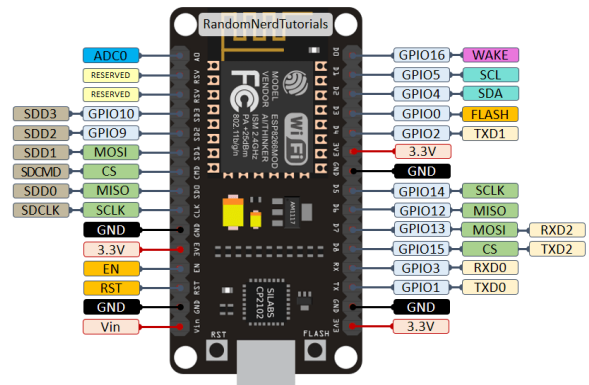


Gambar 3. Elemen IoT [3]

B. ESP 8266

Salah satu perangkat IoT adalah ESP8266 yang bersifat opensource buatan Espressif System [7], [8]. ESP8266 merupakan perangkat System on Chip (SoC) dengan 32 bit

MCU, sistem komunikasi wifi 2,4 GHz dan tegangan kerja 3,3 v [9], [10]. Chip ini kemudian ditanam dalam board nodeMCU 8266 dengan fitur seperti pada gambar 4 [11].



Gambar 4. NodeMCU 8266

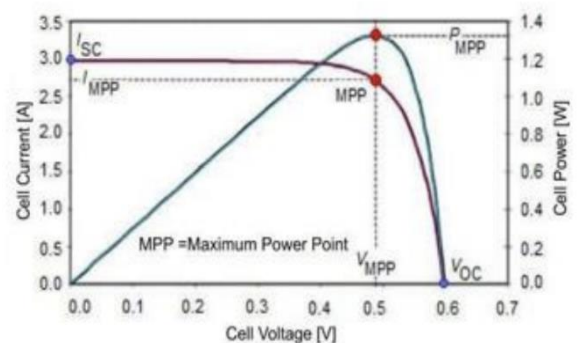
Sumber : <https://randomnerdtutorials.com/esp8266-pinout-reference-gpios/>

III. METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini merupakan metode eksperimental dengan merancang sistem kontrol otomatis tanpa sensor cahaya pada lampu penerangan jalan menggunakan panel surya serta memantau tegangan baterai menggunakan IoT. Salah satu teknologi IoT yang digunakan adalah NodeMCU 8266. Blokdiagram sistem kontrol otomatis lampu jalan serta sistem monitoring tegangan baterai berbasis IoT dapat diamati pada gambar 6. Pada rancangan ini menggunakan sensor tegangan, panel surya, baterai lampu LED :

A. Panel Surya

Karakteristik dari sebuah modul surya pada umumnya dapat diamati melalui dua parameter utama, yaitu tegangan rangkaian terbuka (*open circuit voltage*) dan arus hubung singkat (*short circuit current*). Untuk menentukan nilai daya puncak (*peak power*), informasi tentang arus hubung singkat dan tegangan rangkaian terbuka sangat diperlukan. Dalam gambaran yang lebih sederhana, karakteristik modul surya ini dapat dijelaskan melalui kurva arus terhadap tegangan (I-V Curve) seperti yang disajikan pada gambar 5 [12].



Gambar 5. Kurva Karakteristik I-V pada Panel Surya [12]

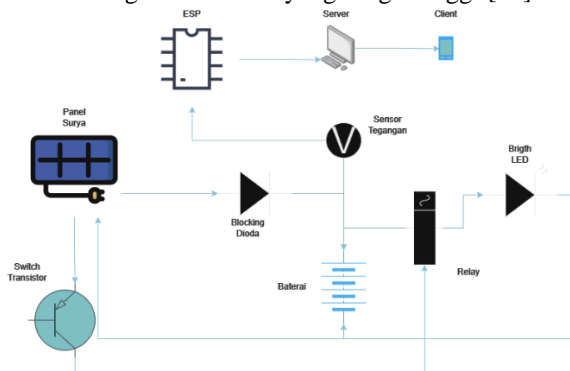
**B. Baterai**

Baterai, yang juga dikenal sebagai alat penyimpan energi kimia, memiliki kemampuan untuk mengubah energi kimia yang dapat dibalikkan yang disimpannya menjadi energi listrik yang dapat digunakan oleh perangkat elektronik. Ada tiga jenis baterai yang umumnya digunakan untuk penyimpanan energi listrik dari tenaga surya, yaitu Lead Acid Battery, Valve-Regulated Lead Acid Battery (VRLA), dan Lithium Battery. Setiap jenis baterai memiliki kelebihan dan kelemahan masing-masing. Memilih tipe baterai harus dipertimbangkan mengenai tegangan keluaran, efek siklus baterai, kedalaman pengosongan (DoD), dan banyak faktor lainnya [13].

Baterai lithium-ion telah menjadi pilihan utama sebagai media penyimpanan energi listrik portabel karena memiliki densitas energi tinggi dan masa pakai yang panjang. Selain itu, mereka juga lebih terjangkau, aman, dan ramah lingkungan jika dibandingkan dengan bahan katoda lainnya. Lithium Iron Phosphate (LiFePO4) diperkenalkan sebagai bahan katoda untuk baterai Li-ion pada tahun 1997 oleh Padhi dkk. Baterai LiFePO4 ini menggunakan C-LiFePO4 pada katoda dan grafit atau karbon pada anoda, memiliki keunggulan seperti biaya yang lebih rendah, tegangan kerja yang tinggi (kurva tegangan mendekati linear pada 3.4 V, berbeda dengan bahan lithium lainnya), kapasitas spesifik yang tinggi (170 mAh/g, dibandingkan dengan 100 mAh/g pada LiCoO2), ketahanan yang baik pada suhu tinggi, masa pakai yang panjang (lebih dari 1000 siklus pengisian dan pengosongan), serta aspek ramah lingkungan [13].

**C. Lampu LED**

Dioda Emitting Cahaya (LED) adalah sejenis semikonduktor yang menghasilkan cahaya. LED digunakan sebagai lampu indikator di berbagai perangkat dan semakin populer dalam penggunaan pencahayaan lainnya. Teknologi LED pertama kali diperkenalkan sebagai komponen elektronik yang praktis pada tahun 1962. Pada awalnya, LED menghasilkan cahaya merah dengan intensitas rendah, tetapi saat ini, LED versi modern yang tersedia di seluruh dunia dapat menghasilkan cahaya ultraviolet dengan kecerahan yang sangat tinggi [14].



Gambar 6. Diagram Sistem lampu PJU Otomatis

NodeMCU 8266 berfungsi sebagai pusat penerima data sensor kemudian mengirimnya ke server. Detail perangkat

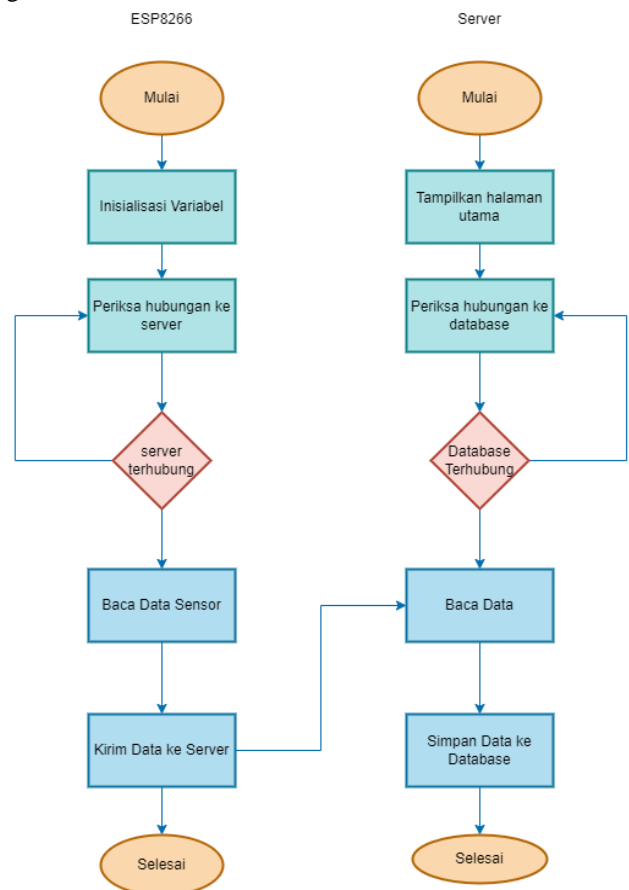
ini telah dijelaskan table 1 dan 2. Pada NodeMCU 8266 ditanamkan program untuk membaca hasil pengukuran sensor tegangan. Data dari ADC diolah menggunakan perhitungan pembagi tegangan kemudian mengirimnya ke komputer server. Alur kerja program ditunjukkan flowchart pada gambar 7.

Komputer NUC produksi Intel merupakan computer dengan dimensi kecil 11,5 cm x 11,1 cm x 5,1 cm dan daya 68 W berfungsi sebagai server. Pada server digunakan aplikasi *xampp* untuk mengolah program *website* dan *database*, karena *xampp* dilengkapi program *apache server* dan *MySQL*. Wifi digunakan sebagai media Komunikasi antara komputer NUC dengan NodeMCU 8266 dan komputer Client. Pembuatan aplikasi *website* menggunakan bahasa pemrograman HTML dan PHP.

**IV. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**A. Hasil Perancangan Perangkat keras**

Perangkat keras terdiri dari sistem rangkaian kontrol otomatis yang mengatur lampu LED hanya menyala pada malam hari dan padam pada siang hari tanpa menggunakan sensor cahaya. Sensor Tegangan berupa pembagi tegangan yang terbuat dari dua buah resistor dengan tahanan 7500Ω dan 30000 Ω, kemudian nodeMCU 8266 sebagai pemroses data dari sensor kemudian mengirimkan data tersebut ke server melalui jaringan internet seperti disajikan pada gambar 8.a



Gambar 7. Flowchart alur kerja NodeMCU 8266 dan Server

Spesifikasi alat dan bahan solar power meter disajikan pada tabel 1. Pada server terdapat mini PC berupa NUC buatan Intel dengan spesifikasi disajikan pada tabel 2.

Tabel 1. Alat pada PJUTS

No.	Alat/bahan	Spesifikasi
1	Solar panel	VOC: 21 Volt , Vmp : 17 Volt, Isc : 0.6 A, Imp : 0.57 A, P : 10 WattPeak . jenis polycrystal silycon
2	Voltage Sensor	R1 = 30k Ω dan R2 = 7.5k Ω
3	NodeMCU 8266	The NodeMCU8266 is a microcontroller board based on the ESP 8266, 13 GPIO pins (of which 6 can be used as PWM outputs), 1 analogue inputs 80 MHz ceramic resonator, USB connection, wifi 2,4 GHz, Power supply: 3,3 - 5 VDC
4	Baterai Lithium	Tegangan 3.7 volt, kapasitas 2 Ah

Tabel 2. Server

No.	Alat/bahan	Spesifikasi
1	Mini PC	Intel NUC6CAHY, HD Graphics 500, full-sized HDMI, dual band wireless(802.11ac), Bluetooth 4.2, USB Port.Processor Intel® Celeron® Processor J3455 (2M Cache, up to 2.3 GHz)
2	Sistem Operasi	Windows 10 64 bit
3	Program Aplikasi	Netbeans 8.2, XAMPP win 32, Chrome, Arduino 1.8.2



a. Rangkaian Kontrol PJUTS dan sistem monitoring



b. Rangkaian Kontrol PJUTS dan sistem monitoring

Gambar 8. a. Sensor Tegangan, b. Rangkaian kontrol PJUTS

B. Hasil Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak terdiri dari 2 bagian yaitu program pada sketch arduino yang ditanamkan pada NodeMCU 8266 untuk membaca sensor kemudian menjalankan algoritma fixed iteration point dan mengirimnya ke server. Sedangkan pada server digunakan

bahasa pemrograman PHP dan HTML. Tampilan perangkat lunak terdiri dari 5 tombol menu. Menu HOME memberikan informasi tentang ringkasan sistem. Menu DATA memberikan informasi data terakhir yang dikirim oleh sistem sensor. Menu TABEL memberikan informasi tentang hasil pengukuran yang telah dilakukan oleh sistem sensor ditunjukkan oleh gambar 7. Pada menu ini dilengkapi tombol konversi data ke excel, sehingga data yang tersimpan di database dapat diunduh baik pada komputer server maupun di komputor client. File yang diunduh dari server berupa file excel sehingga data dapat langsung diolah seperti disajikan pada gambar 9. Menu GRAFIK untuk menampilkan data pengukuran dalam bentuk grafik seperti tampak pada gambar 8. Pada menu penelitian menunjukkan identitas peneliti. Pada menu DATA, TABEL, GRAFIK dilengkapi script page created untuk mengetahui waktu respon website baik server atau localhost maupun client.



Gambar 9. Tampilan Tabel pada website



Gambar 10. Tampilan Tabel pada Android



C. Hasil Pengujian

Pengujian rangkaian kontrol otomatis Bangun Rangkaian Kontrol Otomatis Tanpa Sensor Cahaya Dan Monitoring Baterai Lampu Penerangan Jalan Panel Surya Berbasis Internet of Things (IoT) dilakukan mulai 29 Agustus 2023 sampai 3 September 2023 dengan menggunakan 2 skenario pengujian, yaitu :

1. Skenario pengujian menggunakan regulator DC sebagai pengganti panel surya untuk menguji respon rangkaian kontrol otomatis terhadap perubahan tegangan. Pengujian ini dilakukan pada Selasa, 29 Agustus 2023 dengan hasil yang disajikan pada table 3, proses pengujian ditmpilkan pada gambar 11.

Tabel 3. data pengujian rangkaian kontrol menggunakan regulator

No	Vreg (V)	Vbat (V)	Lampu
1	0.2	9	Menyala
2	1.1	9	Menyala
3	2.1	9	Menyala
4	3	9	Menyala
5	4.1	9	menyala
6	5	9	Menyala
7	6	9	Menyala
8	7	9	Menyala
9	8	9	Menyala
10	9	9	Menyala
11	10	9	Menyala
12	11	9	Menyala
13	12.6	10	Padam
14	13	10	Padam
15	14	11	Padam
16	15	12	Padam
17	16	12	Padam
18	17	12	Padam
19	18	12	Padam
20	19	12	Padam
21	20	12	Padam

Data table 3. menunjukkan bahwa pada saat tegangan 12.6 volt dari regulator maka lampu akan padam. Hal ini menandakan bahwa rangkaian kontrol otomatis bekerja dengan baik.



Gambar 11. Pengujian menggunakan Regulator

2. Skenario pengujian langsung menggunakan panel surya yang dilakukan di teras Gedung A Kampus Politeknik Bosowa dari tanggal 30 Agustus 2023 sampai tanggal 3 September 2023. Hasil pengujian di sajikan pada table 4.

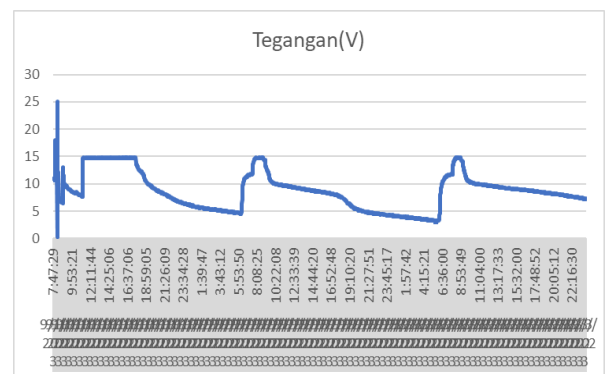


Gambar 12. Pengujian menggunakan Panel Surya

Table 4. data pengujian rangkaian kontrol menggunakan panel surya

No	Tanggal	Waktu	Tegangan(V)	ADC	V_ADC(V)
700	9/1/2023	7:47:29	10.91	447	2.18
701	9/1/2023	7:48:29	10.94	448	2.19
702	9/1/2023	7:49:29	10.91	447	2.18
703	9/1/2023	7:50:29	10.91	447	2.18
704	9/1/2023	7:51:29	10.91	447	2.18
705	9/1/2023	7:52:29	10.91	447	2.18
706	9/1/2023	7:53:29	10.91	447	2.18
707	9/1/2023	7:54:29	10.74	440	2.15
708	9/1/2023	7:55:29	10.74	440	2.15
709	9/1/2023	7:56:29	10.89	446	2.18
710	9/1/2023	7:57:32	10.86	445	2.17
711	9/1/2023	7:58:32	10.72	439	2.14
712	9/1/2023	7:59:33	10.89	446	2.18
713	9/1/2023	8:00:33	10.74	440	2.15
714	9/1/2023	8:01:33	18.04	739	3.61
715	9/1/2023	8:02:33	15.14	620	3.03
716	9/1/2023	8:03:36	14.48	593	2.9
717	9/1/2023	8:04:36	14.23	583	2.85
718	9/1/2023	8:05:36	13.96	572	2.79
719	9/1/2023	8:06:36	13.67	560	2.73
720	9/1/2023	8:07:36	13.5	553	2.7
721	9/1/2023	8:08:39	13.31	545	2.66
722	9/1/2023	8:09:39	13.18	540	2.64
723	9/1/2023	8:10:40	13.13	538	2.63
724	9/1/2023	8:11:40	13.04	534	2.61
725	9/1/2023	8:12:40	12.79	524	2.56
726	9/1/2023	8:13:43	12.72	521	2.54

Tabel 4 menunjukkan hasil pengujian rangkaian kontrol otomatis dan sistem monitoring tegangan baterai menggunakan sensor tegangan. Data hasil pengujian selama 4 hari diperoleh 4000 data rekaman pada database. Fluktuasi tegangan baterai disajikan pada gambar grafik berikut.



Gambar 13. Pengujian menggunakan Panel Surya

## V. KESIMPULAN

Rangkaian kontrol otomatis bekerja sesuai rancangan bahwa lampu akan pada saat tegangan panel surya lebih dari 12 Volt yang menandakan adanya Cahaya matahari. Sistem monitoring juga bekerja dengan baik dengan diperolehnya 4000 data selama 4 hari pengujian.

Namun demikian Sistem ini masih memiliki kekurangan pada kapasitas baterai, kalibrasi sensor tegangan yang lebih baik, dan dapat ditambahkan sensor arus padan panel maupun pada baterai.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada Politeknik Bosowa yang mengizinkan penggunaan peralatan dan Departemen Teknik Elektro Unhas yang telah memberikan arahan dan bantuan selama proses penelitian berlangsung

## REFERENSI

- [1] I. S. T. K. M. Donny T B Sihombing, "Perencanaan Sistem Penerangan Jalan Umum dan Taman Di Areal Kampus Usu Dengan Menggunakan Teknologi Tenaga Surya (Aplikasi Di Areal Pendopo Dan Lapangan Parkir)," *Singuda Ensikom*, pp. 118 - 123, 2013.
- [2] A. A. I. K. P. ndra Bayu Sukma, "PERENCANAAN LAMPU PENERANGAN JALAN UMUM MENGGUNAKAN," *TEKNIKA*, vol. 8, no. 2, p. 2021, 140-146.
- [3] S. M. S. Umar Muhammad, "Rancang Bangun Sistem Akuisisi Data Solar Power Meter Berbasis Internet of Things (IoT)," in *Seminar Nasional Teknik ELEktro dan Informatika (SNTEI)*, Makassar, 2021.
- [4] N. L. Gusti Ayu Dyah Adnya Pranitha, "Studi Perencanaan Pusat Listrik Tenaga Surya Off Grid 50 kWp," *Sinusoida*, vol. 20, no. 3, pp. 14 - 20, 2018.
- [5] I. S. A. E. P. A. A. S. H. Muliadi, "An Iot Based Power Consumption and Losses Monitoring Technique For A Mini Scale Electrical Network," *ICIC Express Letters*, vol. 16, no. 8, pp. 897-904, 2022.
- [6] I. S. A. E. P. A. D. A. M. Andani Achmad, "IoT Network of Sensor Array for Intrusion Detection and Diagnosis of Electrical System," *International Journal on Advance Science Engineering Information Technology*, vol. 12, no. 2, pp. 446-452, 2022.
- [7] Y. Efendi, "Internet Of Things (Iot) Sistem Pengendalian Lampu Menggunakan Raspberry Pi Berbasis Mobile," *J. Ilm. Ilmu Komput*, vol. 4, no. 2, pp. 21-27, 2018.
- [8] A. K. E. N. Cahyono, "Mini Scada Plts Berbasis Arduino Uno Dan Visual Basic Menggunakan Web Api Crud," *Sinarfe7*, pp. 441-446, 2019.
- [9] A. A. D. K. S. Samsugi, "Arduino dan Modul Wifi ESP8266 sebagai Media Kendali Jarak Jauh dengan antarmuka Berbasis Android," *J. Teknoinfo*, vol. 12, no. 1, p. 23, 2018.
- [10] T. Hidayat, "Rancang Bangun Smart Meter Berbasis IoT Untuk Aplikasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Microgrid," *J. Tek. Elektro ITP*, vol. 8, no. 2, pp. 87-92, 2019.
- [11] F. F. P. S. R. H. T. Monda, "Sistem Pengukuran Daya pada Sensor Node Wireless Sensor Network," *Pros. Ind. Res. Work. Natl. Semin*, vol. 9, pp. 28-31, 2018.
- [12] "Analisis Perbandingan Penggunaan PLTS Terpusat Dengan PLTS Terdistribusi Pada Atap Kandang Ayam Closed House Di Tualang Kabupaten Serdang Bedagai," *Ricky, Susatyo Handoko dan Denis*, vol. 10, no. 2, pp. 335-344, 2021.
- [13] S. A. J. Samsuriza, "Study of Battery Lifetime in Solar Panels," in *SENTER VI*, 2021.
- [14] A. Yuliza, "PERANCANGAN LAMPU TAMAN SOLARCELL OTOMATIS UNTUK," *Jurnal Teknologi Elektro, Universitas Mercu Buana*, vol. 7, no. 1, pp. 37 - 44, 2016.