

PROTOTIPE LAMPU LESTARI MENGGUNAKAN TEKNOLOGI BOTOL SURYA DAN LED RAMAH LINGKUNGAN

Ilham Ragil Arzufa¹, Novan Akhiriyanto^{1*}, Kharin Ananda Gusti¹

¹Teknik Instrumentasi Kilang, Politeknik Energi dan Mineral Akamigas, Jalan Gajah Mada No. 38, Cepu, 58315

*E-mail: akhiriyanto.n@gmail.com

ABSTRAK

Energi listrik sangat penting bagi kehidupan, namun tidak semua penduduk Indonesia mendapat akses penuh, terutama di daerah padat penduduk yang mengalami masalah penerangan. Gagasan Lampu LESTARI (Lampu Botol Surya dan Teknologi LED) muncul sebagai solusi penerangan ramah lingkungan. Lampu ini memanfaatkan botol PET daur ulang yang diisi air dan pemutih, terhubung dengan panel surya untuk menghidupkan LED. Konsep ini mendorong masyarakat memanfaatkan limbah botol untuk membuat lampu surya ekonomis dan aman yang bergantung pada sinar matahari. Penelitian ini juga memanfaatkan panel surya untuk mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik untuk melakukan pencahayaan pada malam hari menggunakan lampu LED dengan sistem switch remote. Penelitian ini merancang eksperimen menggunakan sensor BH1750fvi untuk mengukur intensitas cahaya dan sensor INA219 untuk memonitor tegangan serta arus, semuanya dihubungkan ke ESP32 dan Google Sheet untuk pemantauan data secara realtime. Hasilnya menunjukkan intensitas cahaya rata-rata 708.88 lux di siang hari dan 147.09 lux di malam hari, dengan daya rata-rata 1.26 Watt.

Kata kunci: Botol PET, Panel Surya, Pemutih, Intesitas Cahaya

1. PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan kebutuhan utama yang sangat penting bagi kehidupan masyarakat. Energi listrik selain sebagai sumber kehidupan juga sebagai penerangan dalam aktivitas sehari-hari. PT. PLN merupakan perusahaan yang menyediakan listrik untuk umum dan satu satunya di Indonesia. PT. PLN mengalami permasalahan utama yaitu terjadinya krisis energi yang mengglobal. PT. PLN terus melakukan efisiensi pada tiap sektor terutama sektor produksi tenaga listrik. Industri merupakan konsumen listrik yang membutuhkan paling besar dan masih banyak masyarakat yang belum terdistribusi energi listrik sekitar 30% pada negara yang sedang berkembang [1]. Peningkatan jumlah penduduk diakibat oleh migrasi besar-besaran menyebabkan Kawasan pemukiman kumuh. Banyak migran yang datang dengan keterbatasan ekonomi lebih cenderung memilih tempat untuk tinggal yang ekonomis dan sederhana. Namun, akses mereka terhadap fasilitas dasar seperti listrik, terutama untuk penerangan, menjadi sangat terbatas. Salah satu penyebab utama munculnya kawasan padat penduduk adalah karena banyaknya orang yang tinggal di rumah-rumah yang terbuat dari bahan seadanya seperti kayu atau kardus [2]. Cahaya memiliki peran sebagai penerangan yang sangat dibutuhkan manusia dalam melakukan aktifitas, umumnya pada malam hari [3].

Sumber energi terbagi menjadi dua jenis: energi fosil dan energi nonfosil. Energi fosil mencakup minyak bumi, gas alam, dan batubara, yang tergolong energi tak terbarukan (nonrenewable energy) karena membutuhkan jutaan tahun untuk terbentuk melalui proses fisika dan kimia. Sementara itu, energi nonfosil mencakup bioenergi, panas bumi, tenaga air, angin, surya, dan nuklir. Sebagian besar energi nonfosil (kecuali nuklir) adalah energi terbarukan (renewable energy) karena dapat dipulihkan secara alami seiring waktu [4].

Seorang montir asal brazil pada tahun 2002, menemukan titik solusi dalam yaitu merancang penerangan yang inovatif dan juga ramah lingkungan dengan meciptakan Cahaya

dari botol bekas tanpa listrik [5]. Alfredo Moser merupakan penemu lampu botol bekas berisi air dengan campuran pemutih yang dikenal dengan istilah “Lampu Moser” sebuah lampu yang ekonomis dan ramah lingkungan dengan memanfaatkan cahaya matahari sumber cahaya [6]. Astronomis Indonesia berada di wilayah khatulistiwa menyebabkan cahaya matahari jatuh ke bumi dapat dikatakan tegak lurus. Kondisi ini membuat jumlah sinar matahari yang diterima sangat tinggi [7]. Beberapa penelitian sebelumnya sudah dilakukan pembuatan desain lampu botol sederhana dengan campuran air dan pemutih yang kemudian melakukan perbandingan intensitas cahaya yang dihasil oleh matahari dan lampu senter [8]. Pembuatan liter cahaya agar meningkatkan keterampilan peserta didik telah dilakukan penelitian oleh Sari (2017) dengan pembuatan lampu sederhana menggunakan prinsip *fluoresense*. Penelitian ini membuat produk berupa liter cahaya sebagai sarana pembelajaran [9].

Kebutuhan konsumen konsumsi energi listrik semakin meningkat yang diakibatkan perkembangan era globalisasi. Kondisi saat ini diperlukan sumber alternatif lain untuk menghasilkan energi listrik salah satunya menerapkan energi matahari (*Solar Energy*). *Solar cell* sebuah hamparan semikonduktor yang dapat mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik dengan menyerap photon dari cahaya matahari. Umumnya *Solar cell* diterapkan pada lampu penerangan [10].

Sistem sel surya memanfaatkan energi matahari untuk menghasilkan listrik tanpa membutuhkan bahan bakar, sehingga hanya memerlukan sedikit perawatan karena tidak memiliki komponen bergerak [11]. Hal ini membuat sel surya sangat efisien dan sesuai untuk digunakan di stasiun telekomunikasi terpencil, pelampung navigasi laut, alat pemantau permukaan air bendungan, atau penerangan di wilayah yang tidak terjangkau jaringan PLN. Biaya operasionalnya pun sangat rendah. Selain itu, karena tidak memerlukan bahan bakar dan tidak mengeluarkan suara, sistem sel surya merupakan teknologi yang bersih dan ramah lingkungan. Ini menjadi pilihan penting, terutama dibandingkan dengan generator diesel atau lampu minyak tanah yang sering digunakan. Di tengah kekhawatiran akan emisi gas rumah kaca yang merusak ekosistem, energi bersih yang dihasilkan sel surya menawarkan solusi yang tepat [12].

Pada penelitian “Prototipe Lampu LESTARI Menggunakan Teknologi Botol Surya dan LED Ramah Lingkungan” ini dirancang agar cahaya matahari dapat dipancarkan melalui lampu botol surya untuk memenuhi kebutuhan penerangan dalam aktifitas masyarakat dengan dilakukan pemantauan intensitas cahaya dan juga pemantauan tegangan, arus, daya yang dibutuhkan oleh lampu yang kemudian akan diintegrasikan dengan *Google Sheet Script* sebagai penyimpanan data yang dihasilkan.

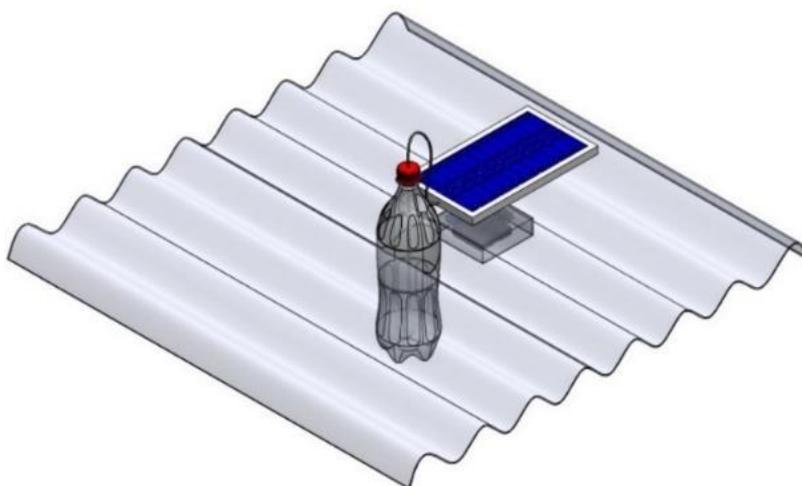
2. METODE

Metode pada penelitian ini yaitu berupa sebuah eksperimen. Beberapa penelitian sebelumnya sudah melakukan analisis perbandingan air dan pemutih dengan hasil intensitas yang tinggi terdapat pada perbandingan 95% Air dan 5% pemutih [13]. Pada penelitian ini menggunakan perbandingan 95% air dan 5% pemutih dengan botol 1 liter. Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu Botol Bekas, pemutih, panel surya, sensor INA219, sensor BH1750fvi dan ESP32. Cairan pemutih, sebuah komponen penting dalam campuran yang digunakan dalam lampu botol surya, memiliki peran strategis dalam meningkatkan efisiensi penerangan. Dalam komposisinya yang terdiri dari air pemutih, klorin, dan garam yang ditempatkan di dalam botol PET, tujuannya adalah untuk memaksimalkan refleksi cahaya matahari ke dalam ruangan. Berdasarkan bahan yang digunakan dapat disusun perancangan desain dengan memanfaatkan botol bekas PET dengan memanfaatkan *Solar cell* dan LED seperti Gambar 1 berikut. Metode pada penelitian ini berupa persiapan alat dan bahan,

perancangan desain, perancangan sistem penelitian, perancangan hardware dan perancangan sistem kerja perangkat.

Perancangan Desain

Berdasarkan penelitian yang sudah dijelaskan sebelumnya terakit dengan konsep yang akan dilakukan pada penelitian ini. Pada tahap awal memasuki perancangan desain terkait dengan konsep yang akan dilakukan percobaan, mulai dengan memanfaatkan botol PET hingga integrasi dengan panel surya seperti Gambar 1.

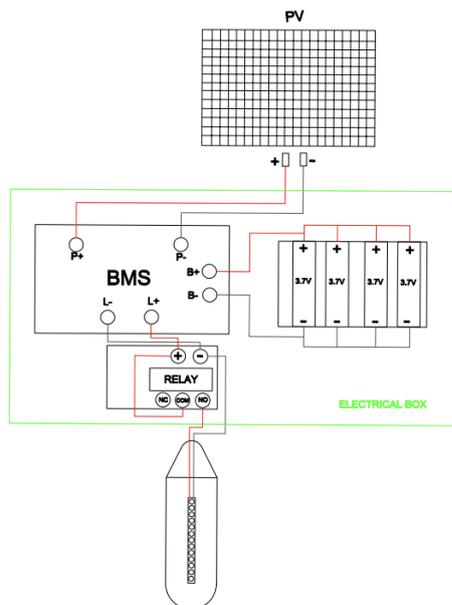


Gambar 1 Desain Lampu Botol Surya LESTARI

Lampu botol surya ditempatkan pada atap ruangan yang membutuhkan penerangan. Berdasarkan alat dan bahan yang digunakan agar lebih efisien dalam melakukan pengambilan data ini diperlukan terintegrasi dengan komponen-komponen seperti mini solar panel 5.5V 1.5 Watt, Battery Management System, 4 Battery Lithium 18650 3.7V, Sensor BH1750fvi, Sensor INA219, ESP32, LED DC 3V.

Perancangan Wiring Sistem Kerja Alat

Pada tahap ini melakukan perancangan sistem yang digunakan pada desain lampu botol surya yang sudah dijelaskan. Komponen pada sistem kerja alat ini diantaranya mulai dari panel surya, baterai management sistem, battery lithium dan lampu LED. Dapat dilihat skema wiring seperti pada gambar 2 berikut.

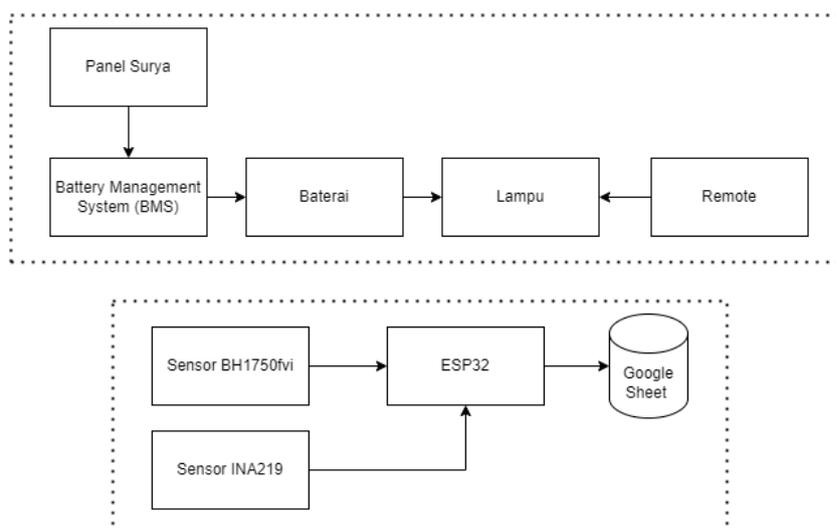


Gambar 2 Skema Wiring Sistem Kerja Alat

Pada sistem kerja alat ini komponen utamanya ialah panel surya sebagai sumber energi untuk memberikan suplai kepada komponen-komponen yang digunakan pada sistem kerja alat ini. Terdapat *Battery Management System* (BMS) digunakan sebagai pengatur *charged* pada battery. Pada komponen juga terdapat relay yang digunakan untuk mengatur *switching on off* lampu led.

Blok Diagram

Pada tahap ini memasuki tahap perancangan desain berdasarkan konsep yang sudah diterapkan sebelumnya. Perancangan ini mengenai konsep kerja sistem terkait dengan penelitian yang akan diuji. Mulai dari proses transmisi energer matahari menjadi energi listrik hingga proses pengambilan data dan pembacaan data secara online. Dapat dijelaskan seperti gambar 3 berikut.



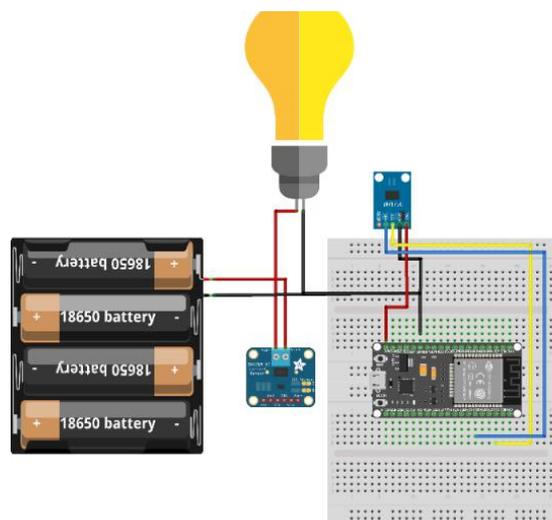
Gambar 3 Blok Diagram Sistem Prototye

Pengendalian utama dalam prototye ini adalah ESP32 dalam proses pengambilan data. Panel surya akan memanfaatkan sinar matahari untuk mengubah menjadi energi listrik dan

diteruskan melalui batre dengan menerapkan Battery Management System dalam pengaturan charge battery. Battery akan digunakan sebagai sumber untuk menghidupkan lampu umumnya pada malam hari. Untuk menghidupkan sebuah lampu perlu menggunakan remote agar dapat menghidupkan lampu sesuai kebutuhan dan dapat menghemat energi. Sensor BH1750fvi merupakan sensor untuk mengukur cahaya secara digital dengan antarmuka bus I2C. Sensor ini dapat mendeteksi dengan rentang lebar pada saat resolusi tinggi sekitar 16-Bit [14]. BH1750fvi menghasilkan hasil pengukuran dalam bentuk luminositas dalam lux sesuai dengan satuan iluminasi turunan Standar Internasional (SI). Sensor INA219 merupakan modul sensor yang dapat monitoring nilai arus dan tegangan pada suatu rangkaian. INA219 mendukung antarmuka dengan I2C atau SMBUS-COMPATIBLE yang dimana alat ini dapat memantau tegangan shunt serta tegangan bus dengan mengkonversi program waktu dan filtering. Modul INA 219 ini dilengkapi dengan amplifier input yang memiliki batas maksimum sebesar ± 320 mV, sehingga mampu mengukur arus hingga $\pm 3,2$ A. INA 219 memiliki internal data ADC sebesar 12-bit, dengan resolusi pengukuran pada rentang 3,2 A adalah 0,8 mA. Jika gain internal disetel pada minimum div8, arus maksimum yang dapat diukur adalah ± 400 mA dengan resolusi 0,1 mA. INA 219 juga mampu mengidentifikasi tegangan shunt pada bus dengan rentang 0 – 26 V [15].

Perancangan Hardware

Setelah melakukan perancangan sistem untuk mengetahui parameter yang akan diuji, penulis juga merancang hardware mulai dari komponen-komponen yang akan digunakan. Perancangan hardware ini mulai dari ESP32 hingga diintegrasikan dengan komponen untuk memantau parameter-parameter yang diuji seperti pada gambar 4 berikut.

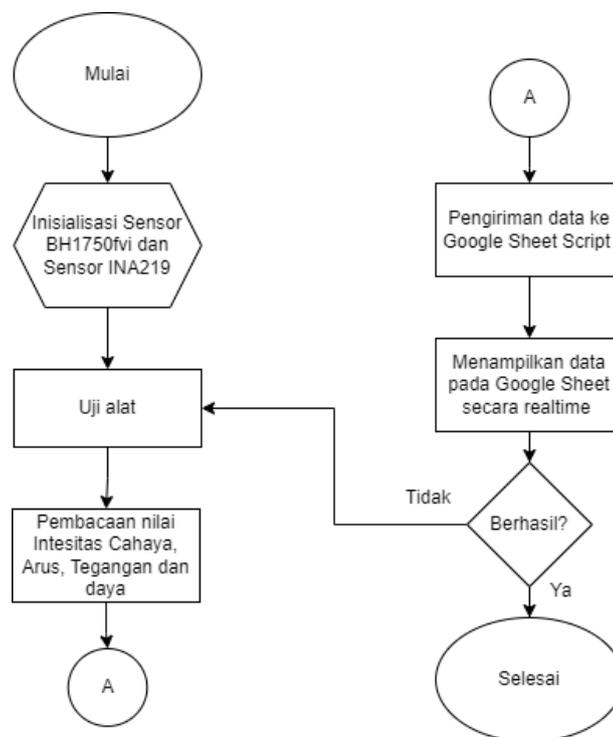


Gambar 4 Skema Wiring Pengukuran

Pengukuran utama yang dilakukan yaitu BH1750fvi untuk memonitoring besaran luminositas yang dihasilkan oleh lampu botol surya yang dipancarkan serta luminositas yang dihasilkan oleh lampu LED pijar. Battery akan memberikan tegangan dan arus yang dialirkan menuju beban (*load*) nantinya akan di monitoring oleh sensor INA219. Hasil monitoring yang dilakukan beberapa komponen akan diintegrasikan oleh ESP32 dan akan dikirim melalui Google Sheet sebagai penyimpanan data.

Flowchart

Adapun sistem kerja perangkat keras dan perangkat lunak agar bisa melakukan pembacaan dan menampilkan pada Google Sheet digambarkan pada diagram alir atau flowchart pada gambar 5 berikut.



Gambar 5 Flowchart Sistem Kerja Perangkat

3. PEMBAHASAN

Pengujian hasil penelitian dilakukan dengan memonitoring intesitas cahaya yang dihasilkan oleh lampu botol surya dan juga lampu LED pijar pada yang dihubungkan dengan Google Sheet melalui ESP32. Pengambilan data pada penelitian ini dilakukan pada waktu siang hari dan malam hari. Dengan melakukan penelitian ini kita tahu berapa instesitas cahay yang muncul dari pengaruh pemutih.

A. Implementasi Perancangan

Hasil perancangan dari penelitian ini diterapkan pada rumah masyarakat yang membutuhkan penerangan melalui atap rumah. Penerapan ini dilakukan monitoring intesitas cahaya yang dihasilkan kemudian melakukan monitoring arus dan tegangan yanh dihasilkan battery menuju beban. Adapun penerapan implementasi dilakukan seperti gambar 5 berikut.



Gambar 5 Implementasi Penelitian

B. Pengambilan Data

Berdasarkan perancangan-perancangan yang telah dijelaskan sebelumnya dapat dilakukan pengujian prototipe serta pengambilan data pada penelitian yang sudah diterapkan. Pengambilan data dimulai dengan pengukuran intensitas cahaya, tegangan, arus dan daya pada kondisi siang hari. Kemudian pengambilan data juga dilakukan pada malam hari saat kondisi lampu menyala dan tidak menyala. Data yang ditampilkan merupakan data yang dikirim langsung oleh ESP32 melalui Google Sheet. Adapun pengukuran lanjutan dengan menghitung daya dalam satuan Watt dari hasil yang didapatkan berdasarkan tegangan dan arus dapat dihitung melalui rumus berikut.

$$P = \frac{V}{I} \quad (1)$$

Adapun jenis perhitungan lain apabila satuan arus dalam bentuk milliampere (mA).

$$P = \frac{V}{\left(\frac{I}{1000}\right)} \quad (2)$$

Adapun perhitungan yang dilakukan dengan menghitung hasil rata-rata yang didapatkan dalam pengambilan data.

$$\text{Rata - rata} = \frac{\text{Jumlah data}}{\text{banyak data}} \quad (3)$$

Tabel 1 Hasil Pengukuran Siang Hari

Time	Intesitas Cahaya (lux)	Tegangan (v)	Arus (mA)	Daya (W)
9/28/2024 13:05:34	728.94	3.11	0	0
9/28/2024 13:06:37	725.20	3.11	0	0
9/28/2024 13:07:42	725.20	3.10	0	0
9/28/2024 13:08:00	719.59	3.11	0	0
Time	Intesitas Cahaya (lux)	Tegangan (v)	Arus (mA)	Daya (W)
9/28/2024 13:09:03	728.94	3.18	0	0
9/28/2024 13:10:05	702.77	3.18	0	0

9/28/2024 13:11:05	695.30	3.19	0	0
9/28/2024 13:12:06	691.56	3.20	0	0
9/28/2024 13:13:09	693.43	3.20	0	0
9/28/2024 13:14:10	699.03	3.22	0	0
9/28/2024 13:15:15	687.82	3.22	0	0
Rata-Rata	708.88	3.16	0	0

Berdasarkan hasil data pada tabel 1, didapatkan hasil pengukuran pada siang hari dalam waktu 13.05 – 13.07 WIB dengan interval pengambilan data setiap 1 menit. Hasil intensitas cahaya yang didapatkan berada pada kisaran 650 – 750 lux dengan jarak pengukuran 40 cm dari lampu botol surya. Intensitas cahaya yang dihasilkan oleh pancaran sinar matahari melalui botol PET yang berisi campuran air dan pemutih memiliki kecerahan yang baik untuk melakukan penerangan ruangan pada siang hari. Adapun tegangan yang dihasilkan oleh battery menuju beban dengan rata-rata 3.16 Volt, sedangkan untuk arus bernilai 0 sehingga tidak memiliki daya. Pada hasil pengukuran siang hari daya tidak dihasilkan karena tidak terdapat arus yang disebabkan tidak adanya beban. Daya dan arus akan dihasilkan ketika adanya beban.

Tabel 2 Hasil Pengukuran Malam Hari Tanpa Lampu

Time	Intensitas Cahaya (lux)	Tegangan (v)	Arus (mA)	Daya (W)
9/28/2024 19:51:09	0.03	3.48	0	0
9/28/2024 19:52:18	0.03	3.48	0	0
9/28/2024 19:53:20	0.03	3.48	0	0
9/28/2024 19:54:27	0.03	3.48	0	0
9/28/2024 19:55:34	0.03	3.48	0	0
9/28/2024 19:56:40	0.03	3.48	0	0
9/28/2024 19:57:41	0.03	3.48	0	0
9/28/2024 19:58:42	0.03	3.48	0	0
9/28/2024 19:59:42	0.03	3.48	0	0
9/28/2024 20:00:45	0.03	3.48	0	0
9/28/2024 20:01:47	0.03	3.48	0	0
Rata-Rata	0.03	3.48	0	0

Berdasarkan hasil data pada tabel 2 mendapatkan hasil pengukuran intensitas cahaya dengan rata-rata 0.03, hal ini dapat dikatakan minim penerangan pada ruangan. Konsentrasi pemutih dan air tidak menghasilkan pemancaran yang baik dikarenakan tidak terdapat sumber sinar yang dapat dibiaskan oleh botol PET. Pada hasil pengukuran ini juga terdapat hasil tegangan dengan rata-rata 3.48 Volt. Pada pengukuran ini arus yang dihasilkan sebesar 0 mA disebabkan tidak adanya beban yang terhubung. Pada hasil pengukuran malam hari tanpa beban, daya tidak dihasilkan karena tidak terdapat arus yang disebabkan tidak adanya beban. Daya dan arus akan dihasilkan ketika adanya beban

Tabel 3 Hasil Pengukuran Malam Hari dengan Lampu LED

Time	Intesitas Cahaya (lux)	Tegangan (v)	Arus (mA)	Daya (W)
9/28/2024 20:05:09	153.29	3.21	410.30	1.31
9/28/2024 20:06:10	151.42	3.20	408.60	1.30
9/28/2024 20:07:10	151.42	3.20	406.10	1.29
9/28/2024 20:08:11	149.55	3.20	404.20	1.29
9/28/2024 20:08:12	147.68	3.18	401.50	1.27
9/28/2024 20:09:14	145.81	3.18	396.70	1.26
9/28/2024 20:10:16	145.81	3.18	394.50	1.25
9/28/2024 20:11:17	143.94	3.17	391.80	1.24
9/28/2024 20:12:19	143.94	3.17	390.20	1.23
9/28/2024 20:13:20	142.07	3.16	387.70	1.22
9/28/2024 20:14:21	142.07	3.16	386.30	1.22
Rata-Rata	147.09	2.89	397.99	1.26

Pada hasil tabel 3 merupakan pengambilan data ketika lampu LED dinyalakan dengan hasil intensitas cahaya yang didapatkan rata-rata 147.09 lux. Dari hasil pengambilan data pada malam hari memiliki perbandingan antara lampu LED on dan off, dapat dilihat bahwa lampu LED sangat membantu dalam hal penerangan dalam ruangan. Hasil tegangan yang didapatkan dengan rata-rata 2.89 Volt. Pada saat lampu LED menyala didapatkan arus dengan rata-rata 397.99 mA dan daya yang dihasilkan sebesar 1.26 Watt. Dalam penelitian lampu botol surya sangat bermanfaat dengan bantuan pemutih sebagai pembiasan lebih dari cahaya yang masuk. Panel surya dalam konsep ini juga sangat penting untuk menyimpan energi listrik pada siang hari untuk menghidupkan sebuah lampu LED pada saat malam hari atau ketika dibutuhkan. Prinsip lampu botol surya ini diterapkan untuk membantu penerangan dalam beraktifitas dan juga ramah lingkungan serta dapat menghemat kebutuhan listrik lainnya. Adapun durasi waktu lampu LED dapat bertahan hidup ketika kondisi battery dalam keadaan *fully charged*, maka:

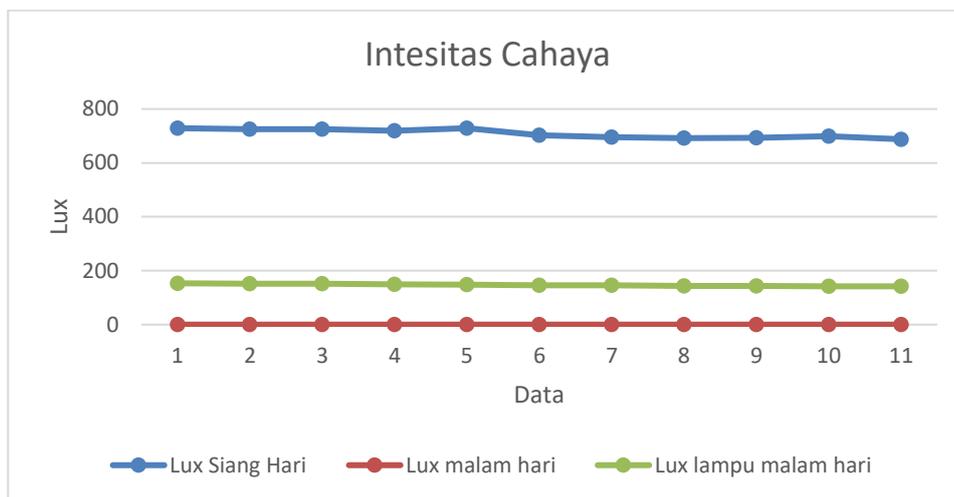
$$Durasi = \frac{(Tegangan Battery \times Kapasitas Battery)}{Daya LED (Watt)} \quad (4)$$

$$Durasi = \frac{(3,7 Volt \times 4800 mAh)}{1,26} = 14 Jam$$

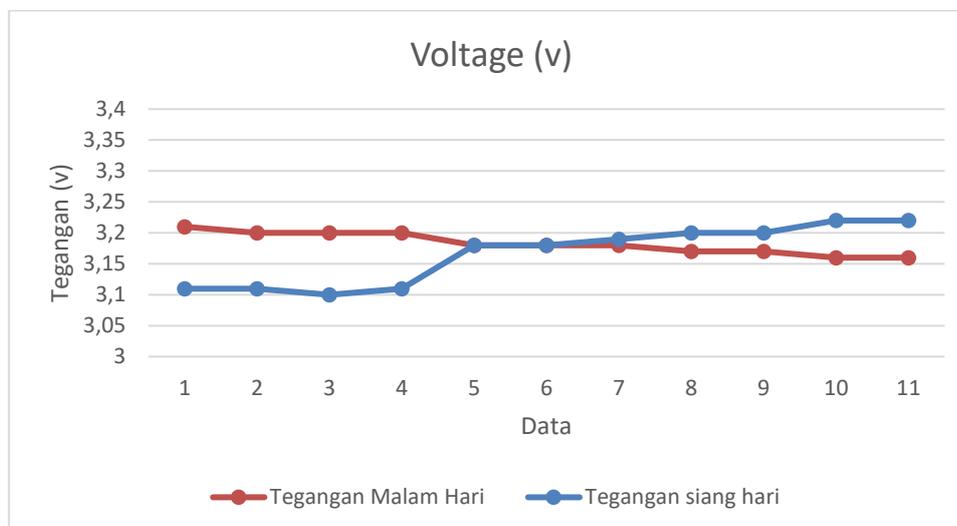
Adapun kondisi ketika kondisi battery dalam keadaan *minimum charged*, menggunakan Pers. (4) maka:

$$Durasi = \frac{(3,7 Volt \times 2200 mAh)}{1,26} = 6,4 Jam$$

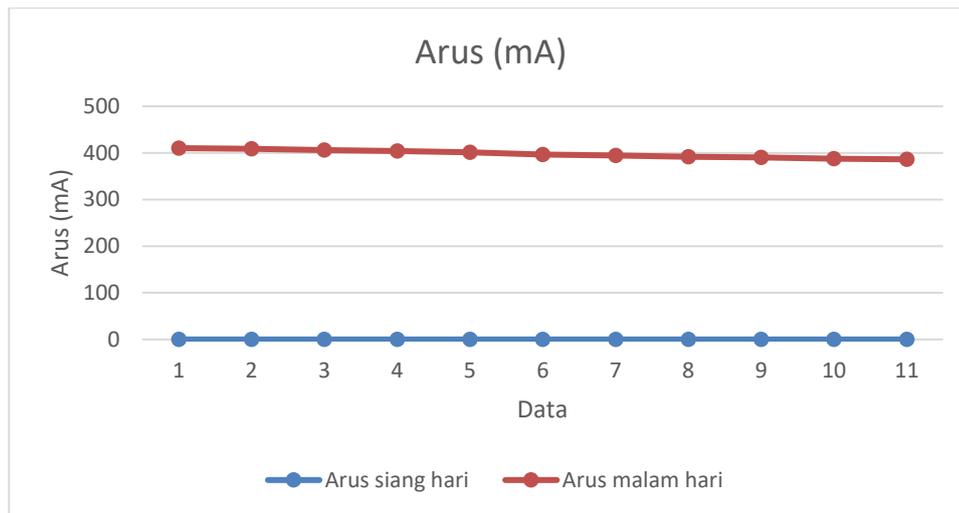
Berdasarkan pengambilan data yang telah dilakukan bahwa intensitas cahaya ketika siang hari lebih baik dibandingkan dengan waktu malam hari. Didapatkan hasil intensitas cahaya dengan perbandingan siang dan malam yaitu 708.88 lux dengan 147.09. Hal ini tidak mempengaruhi dalam memanfaatkan lampu botol surya pada aktifitas kehidupan sehari-hari yang membutuhkan penerangan. Pada penelitian yang telah dilakukan dapat dihasil ketahanan hidup lampu LED dengan berbagai kondisi, diantaranya kondisi *fully charged* dan *minimum charged* dengan durasi 14 jam dan 6 jam.



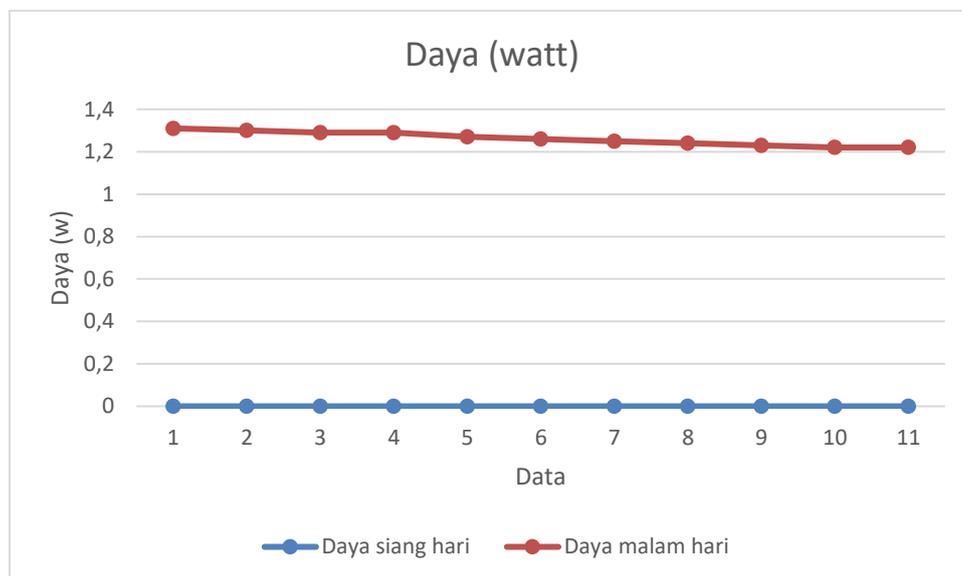
Gambar 6. Grafik Intesitas Cahaya



Gambar 7. Grafik Tegangan



Gambar 8. Grafik Arus



Gambar 9. Grafik Daya

4. SIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan Lampu LESTARI (Lampu Botol Surya dan Teknologi LED untuk Aplikasi Penerangan Ramah Lingkungan) dengan memanfaatkan limbah botol PET daur ulang, panel surya dan lampu LED sebagai alternatif penerangan malam hari pada ruangan tertutup. Penelitian ini tidak hanya memanfaatkan energi terbarukan seperti sinar matahari, tetapi juga memanfaatkan bahan-bahan ramah lingkungan dan juga ekonomis serta cocok diterapkan pada masyarakat yang minim akses terhadap energi listrik. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan bahwa hasil intensitas cahaya yang dihasilkan lampu LESTARI memiliki rata-rata 708.88 lux pada siang hari dan 147.09 pada malam hari. Adapun durasi lampu mampu menyala selama 14 jam pada kondisi *fully charged* dan 6,4 jam pada kondisi *minimum charged*. Hal ini memberikan intensitas cahaya dan durasi lampu menyala yang cukup untuk ruangan tertutup serta penelitian ini dirancang dengan memanfaatkan sinar matahari secara efisien sebagai sumber penerangan dan membantu mengurangi konsumsi listrik pada malam hari. Hasil yang didapatkan pada penelitian ini juga

berupa tegangan, arus dan daya dengan rata-rata daya yang dihasilkan yaitu sebesar 1.26 watt yang dapat menyuplai energi dalam pengoperasian lampu LED pada malam hari. Penelitian ini menunjukkan bahwa lampu LESTARI dapat dijadikan Solusi inovatif dalam penerangan pada ruangan tertutup terutama wilayah yang memiliki batas akses listrik. Penelitian ini diharapkan dapat dikembangkan lebih lanjut dengan skala lingkup lebih luas dan penerapan pada berbagai kondisi lingkungan.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Muchlis, D. Adhi, and D. Permana, "Pengembangan Sistem Kelistrikan dalam Menunjang Pembangunan Nasional Jangka Panjang Proyeksi Kebutuhan Listrik PLN Tahun," 2003.
- [2] Mbojo, "Lingkungan Pemukiman. <http://mbojo.files.wordpress.com/.../bab-viii-lingkungan-pemukiman.pdf>," 2014.
- [3] S. Istiawan, "Ruang Artistik Dengan Pencahayaan - Saptono Istiawan - Google Buku," 2006.
- [4] B. Jos, "Peran Teknologi Separasi Dalam Pengembangan Energi Tebarukan." 2010.
- [5] A. N. N. Renne R.A Kawilarang, "Mekanik Brasil Ciptakan Lampu Tanpa Listrik dari Botol Bekas," 2013.
- [6] M. A. Ma'arif, K. A. Waluyo, G. Maslebu, and M. Rai S. S. N. A., "Sistem Penerangan Tanpa Listrik : Terobosan Pemanfaatan Sinar Matahari Di Indonesia," *Pros. Semin. Nas. Sains dan Pendidik. Sains VII UKSW*, pp. 63–68, 2012.
- [7] M. D. I. Y. B;, "Pengantar fisika bangunan," 1997.
- [8] PUJI SUHARMANTO, "Lampu Suhep 1.5 Liter Light Untuk Pemukiman Padat Penduduk Dengan Memanfaatkan Limbah Botol Plastik," *FACTOR EXACTA, Vol 9, No 3*, vol. 9, no. 3, pp. 207–214, 2016.
- [9] F. I. Susilawati, "Keterampilan Proses Sains Peserta Didik SMP," *J. Nat. Sci. Learn.*, vol. 01, no. 01, pp. 27–35, 2022.
- [10] Y. Widiatmoko, "Prototype Pemanfaatan Solar Cell Sebagai Sumber Energi Pada Sistem Otomatisasi Lampu Penerangan Taman," 2013.
- [11] M. Sahori, "Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sebagai Catu Daya Lampu Lalu Lintas Di Pekanbaru," *Skripsi*, 2011.
- [12] J. Pos, "Listrik Tenaga Surya," 1997. Accessed: Oct. 12, 2024. [Online]. Available: <https://zkarnain.tripod.com/selsurya.html>
- [13] S. E. Wahyuni, P. Suharmanto, and F. Widiyatun, "Pengaruh Konsentrasi Pemutih Terhadap Intensitas Cahaya dalam Lampu SUHEP Alternatif Penerangan," *STRING (Satuan Tulisan Ris. dan Inov. Teknol.*, vol. 4, no. 3, p. 345, Apr. 2020, doi: 10.30998/STRING.V4I3.6198.
- [14] A. Khuriati, "Sistem Pemantau Intensitas Cahaya Ambien dengan Sensor BH1750 Berbasis Mikrokontroler Arduino Nano," *Berk. Fis.*, vol. 25, no. 13, pp. 105–110, 2022.
- [15] Texas Instrument, "INA219," 2008, Accessed: Oct. 12, 2024. [Online]. Available: www.ti.com

Daftar Simbol

P	=	Daya, W
I	=	Arus, A
V	=	Tegangan, v