

PERANCANGAN LAMPU SURYA OTOMATIS BERDAYA RENDAH UNTUK PENERANGAN JALAN UMUM DI DAERAH PEDESAAN

DESIGN OF LOW POWER AUTOMATIC SOLAR LAMP FOR STREET LIGHTING IN RURAL AREA

¹Kresna Devara, ²Savira Ramadhanty, ³Andrew Bastian, ⁴Ananta Rezky dan
⁵Tomy Abuzairi

^{1,2,3,4,5}Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia
email : *tomy@ee.ui.ac.id

Abstract. The lighting system is required on the road to provide comfort to the riders and pedestrians who pass through it. In addition, street lighting has a security function that is to prevent accidents and criminality. In this paper, we propose the design of street lighting using solar power. The system is designed with low power and low cost, so it can be applied in rural areas. The solar light is also designed automatically, which is lit up at night and stop lighting in the sun day. The sensitivity of automatic solar lights to the ambient light intensity has been tested that the lights start up at approximately 17:50 WIB and will stop when at 5:31 pm. Lamp lighting levels have also been tested with an average illuminance of 17.42 lux. The efficiency of output power, obtained from current and voltage measurements, of 92.9%.

Keywords: Road Lighting System, Solar Lamp, Automatic, Rural Area

Abstrak. Sistem penerangan merupakan sesuatu yang diperlukan pada setiap bagian jalan untuk memberikan kenyamanan pada pengendara dan pejalan kaki yang melewatinya. Selain itu, penerangan jalan memiliki fungsi keamanan yaitu untuk mencegah kecelakaan dan kriminalitas. Pada makalah ini, kami mengusulkan rancangan lampu penerangan jalan menggunakan tenaga surya. Sistem dirancang dengan daya rendah dan murah, agar dapat diaplikasikan di daerah pedesaan. Lampu surya ini juga dirancang otomatis, yaitu menyala di malam hari dan mati di siang hari secara otomatis. Sensitivitas lampu surya otomatis terhadap intensitas cahaya lingkungan sekitar telah diuji dan didapat bahwa lampu mulai menyala sekitar pukul 17:50 WIB dan akan mati ketika pukul 5:31 WIB. Tingkat pencahayaan lampu juga telah diuji dan menunjukkan iluminansi rata-rata sebesar 17,42 lux. Efisiensi daya keluaran, yang didapat dari pengukuran arus dan tegangan jatuh pada beban, sebesar 92,9%.

Kata Kunci: Sistem Penerangan Jalan, Lampu Surya, Otomatis, Pedesaan

1. Pendahuluan

Sistem penerangan adalah suatu bagian yang diperlukan pada setiap bagian jalan. Fungsi utamanya adalah untuk memberikan kenyamanan pada pengendara dan pejalan kaki yang melewatinya. Selain itu, penerangan jalan umum memiliki fungsi keamanan yaitu untuk mencegah kecelakaan dan kriminalitas. Oleh karena itu, pemasangan penerangan jalan di seluruh ruas jalan adalah hal yang penting.

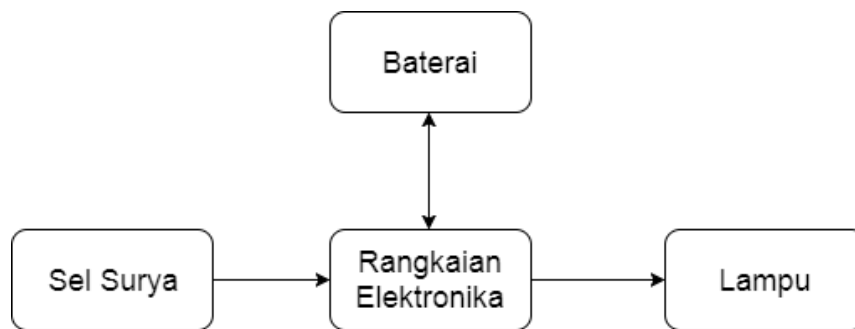
Indonesia adalah negara dengan potensi sinar matahari yang besar dengan energi rata-rata sebesar 4 kWh/m² [1]. Di sisi lain, desa yang belum dialiri listrik berjumlah 2.500-an desa dari 82.395 desa [2], [3]. Oleh karena itu, pemanfaatan energi matahari di

negara kita sangatlah potensial. Teknologi yang memungkinkan mengubah energi matahari menjadi energi listrik, dikenal dengan nama teknologi sel surya. Sel surya merupakan sebuah teknologi yang dapat mengubah energi matahari menjadi energi listrik menggunakan bahan semikonduktor [4]–[6].

Sistem penerangan jalan bertenaga surya, sebenarnya bukanlah hal yang baru. Pada beberapa jalan di kota telah terpasang beberapa sistem penerangan jalan bertenaga surya. Akan tetapi, harganya yang masih mahal membuat lampu bertenaga surya sulit diaplikasikan di daerah pedesaan. Oleh karena itu, pada makalah ini akan diusulkan rancangan lampu penerangan jalan berdaya rendah yang sederhana dan murah untuk daerah pedesaan dengan memanfaatkan energi dari sinar matahari.

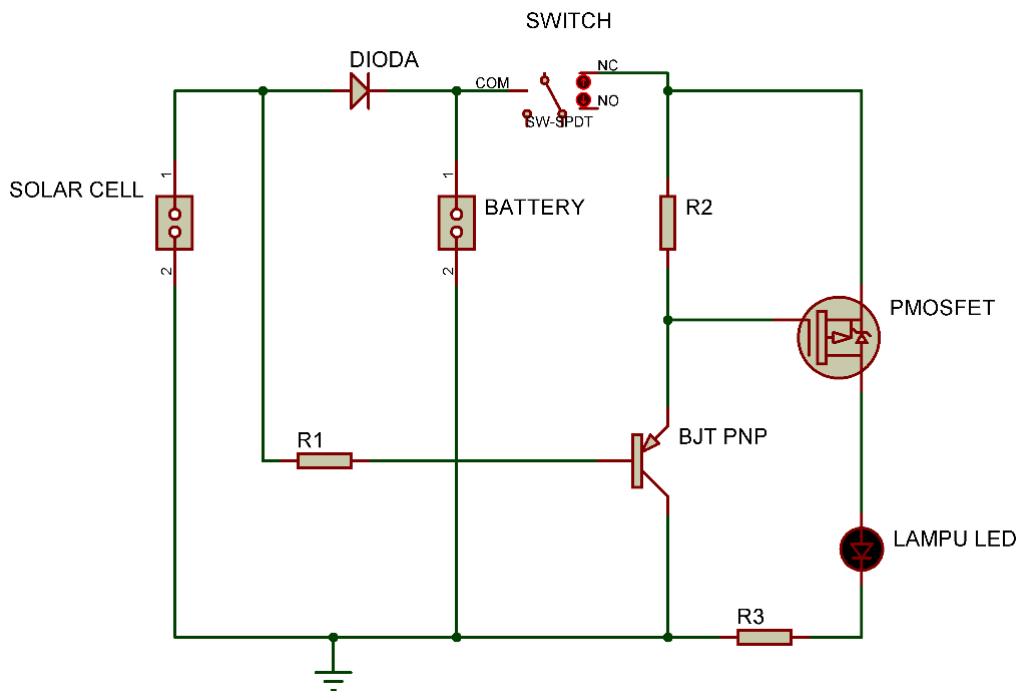
2. Metode Penelitian

Lampu surya otomatis berdaya rendah digunakan sebagai lampu penerangan jalan umum. Lampu ini bekerja secara otomatis berdasarkan tingkat pencahayaan lingkungan sekitarnya. Ketika terdapat cukup cahaya saat pagi hingga sore hari, terjadi pengisian muatan baterai dengan sumber sel surya, memasuki malam hingga pagi hari lampu LED akan menyala. Gambar 1 menunjukkan blok diagram dari lampu surya otomatis berdaya rendah.



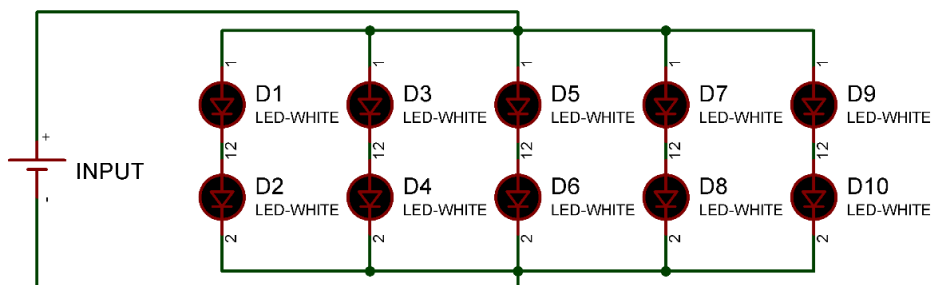
Gambar 1. Blok diagram lampu surya otomatis berdaya rendah.

Jenis baterai yang digunakan adalah Baterai *Li-ion* 2 sel 7.4 Volt dengan sel surya 3 WP (*Watt Peak*). Rangkaian elektronik lampu surya otomatis ditunjukkan pada gambar 2. Mosfet akan aktif ketika tegangan VGS bernilai negatif dimana pengaturan VGS bekerja sesuai transistor BJT yang terhubung dengan sel surya [7]. Ketika cahaya cukup terang maka tegangan sel surya akan bernilai tinggi sehingga BJT tidak aktif dan Mosfet akan berada pada kondisi *cut off*. Sedangkan ketika cahaya gelap tegangan sel surya akan menurun dan BJT akan berada pada kondisi aktif sehingga mosfet akan berada pada kondisi saturasi dan arus dapat mengalir dari *source* menuju *drain* membuat lampu LED menyala [8].



Gambar 2. Rangkaian elektronik lampu surya otomatis

Lampu penerangan jalan disusun secara dua seri dan lima cabang paralel seperti ditunjukkan pada gambar 3. Jenis lampu yang digunakan adalah lampu LED 2835 SMD [9].



Gambar 3. Susunan LED 2835 sebagai lampu jalan

Tegangan jatuh pada beban sebesar 6 Volt dan arus sebesar 200 mA diperlukan untuk menyalakan lampu LED. Sehingga daya yang dibutuhkan untuk menyalakan beban sebesar

$$P = V \times I = 6 V \times 200 mA = 1.2 Watt.$$

Total kebutuhan daya sebesar

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan daya} &= \text{Jam penggunaan} \times \text{Daya beban} \\ \text{Kebutuhan daya} &= 12 \times 1,2 Watt = 14,4 Watt hour \end{aligned}$$

Dengan perkiraan daya sebesar 1.2 *Watt* maka dibutuhkan baterai dengan perkiraan arus sebagai berikut

$$I = \frac{\text{Daya yang dibutuhkan}}{\text{Tegangan Baterai}} = \frac{1.2 \text{ Watt}}{7.4 \text{ Volt}} = 0,162 \text{ A}$$

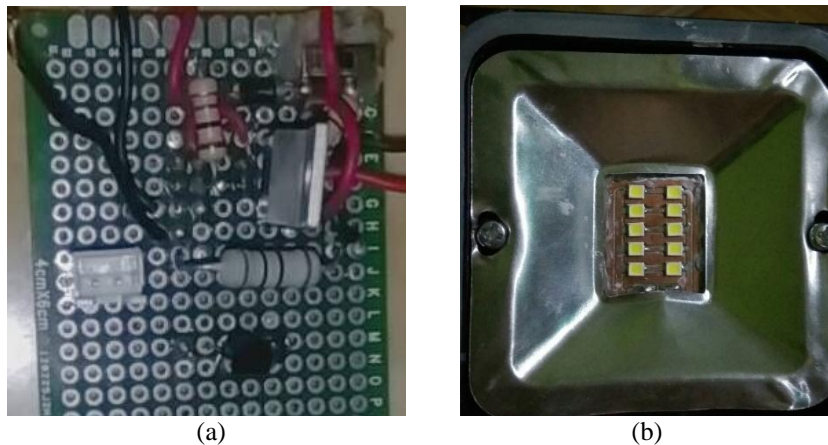
Baterai yang digunakan pada sistem ini

$$\begin{aligned} \text{Baterai} &= \text{Jam penggunaan} \times \text{ arus baterai} \\ \text{Baterai} &= 12 \times 0,162 \text{ A} = 1944 \text{ mAh} \end{aligned}$$

Pada perancangan sistem ini digunakan baterai dengan kapasitas 3300 mAh sebagai cadangan jika terjadi kondisi cuaca yang kurang baik. Waktu efektif rata-rata sinar matahari yang diserap oleh panel surya pada negara tropis seperti Indonesia yaitu 5 jam. Sehingga dengan sel surya 3 Wp kebutuhan daya sebesar 14,4 *Watt hour* sudah terpenuhi.

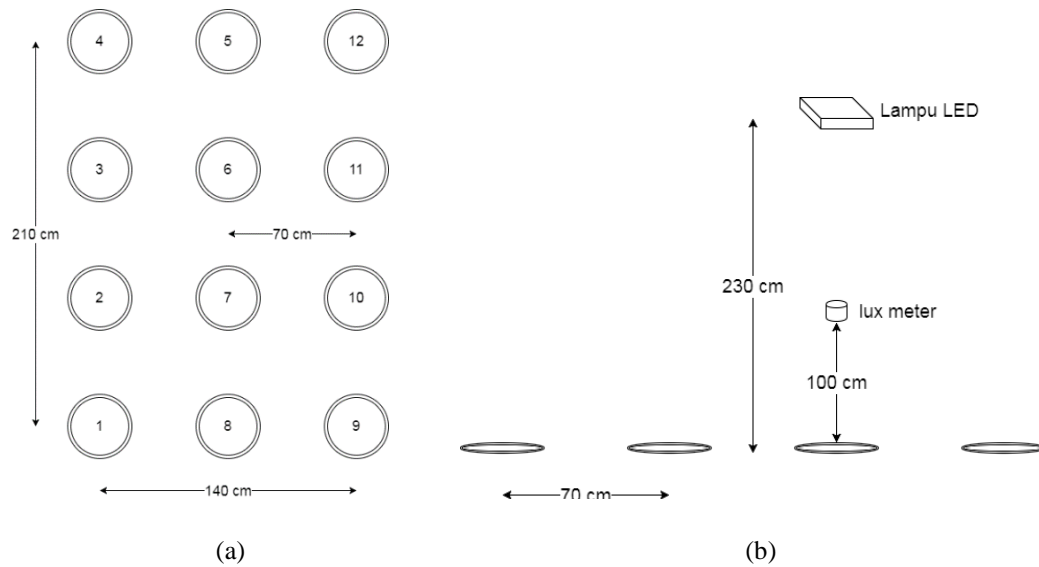
3. Hasil dan Pembahasan

Lampu LED yang telah disusun diletakan pada sebuah reflektor lampu seperti yang ditunjukkan pada gambar 4. Pengujian sensitivitas lampu surya otomatis terhadap intensitas cahaya lingkungan sekitar dilakukan dengan menempatkan sel surya pada atap rumah. Dari hasil pengujian didapatkan lampu LED mulai menyala sekitar pukul 17:50 WIB dan mulai mati ketika pukul 5:31 WIB. Dari data tersebut didapatkan waktu nyala lampu kurang lebih 12 jam.



Gambar 4. (a) Rangkaian Elektronik pada PCB , (b) lampu LED menggunakan reflektor lampu

Pengukuran tingkat pencahayaan atau iluminansi lampu LED dilakukan pada Laboratorium Pengukuran Besaran Listrik Universitas Indonesia pada ruangan tanpa cahaya dengan skema pengukuran yang ditunjukkan pada gambar 5. Terdapat 12 titik pengukuran, lampu LED diletakan tepat di atas titik nomor 7 dengan ketinggian 230 cm dari permukaan tanah. Pengukuran menggunakan lux meter dilakukan dari 100 cm dari permukaan tanah.



Gambar 5. (a) 12 Titik pengukuran , (b) jarak lampu dan pengukuran dari permukaan tanah

Tabel 1. Hasil pengukuran iluminasi

| Titik | Iluminansi (Lux) | Titik | Iluminansi (Lux) | Titik | Iluminansi (Lux) |
|-------|------------------|-------|------------------|-------|------------------|
| 1 | 18,62 | 5 | 9,06 | 9 | 14,56 |
| 2 | 23,32 | 6 | 22,18 | 10 | 20,45 |
| 3 | 17,27 | 7 | 30,95 | 11 | 15,78 |
| 4 | 8,23 | 8 | 21,32 | 12 | 7,21 |

Tabel 1 menunjukkan hasil pengukuran iluminasi. Dari hasil pengukuran, terlihat bahwa titik 7 memiliki nilai yang paling tinggi karena lampu diletakkan tepat di atasnya. Pada jarak 70 cm dari titik 7, yaitu titik 2, 6, 8, dan 10, tingkat iluminasinya turun menjadi berkisar antara 21,82 lux, dan pada titik yang terjauh dari lampu, yaitu titik 4 dan 12, tingkat iluminansi rata-ratanya adalah 7,72 lux. Hal tersebut menunjukkan bahwa lampu yang digunakan memiliki jangkauan lebih dari ~140 cm, sesuai dengan Standar Nasional Indonesia mengenai rata-rata iluminansi jalan lokal yaitu 2-5 lux [10].

Perhitungan beban dilakukan dengan mengukur arus dan tegangan jatuh pada beban. Didapatkan tegangan jatuh pada beban sebesar 6.032 Volt dan arus yang mengalir pada beban sebesar 0.1848 Ampere sehingga didapatkan daya sebesar

$$P = V \times I = 6.032 V \times 0.1848 A = 1.115 Watt$$

Sehingga didapatkan efisiensi sebesar

$$\eta = \frac{Daya_{keluaran}}{Daya_{masuk}} \times 100\% = \frac{1.115 Watt}{1.2 Watt} \times 100\% = 92,9 \%$$

4. Kesimpulan

Telah dirancang sebuah lampu penerangan jalan bertenaga surya yang menggunakan lampu LED dan berdaya 1.2 W. Lampu ini dapat menyala dan mati secara otomatis sesuai dengan tingkat pencahayaan di sekitarnya. Sensitivitas lampu surya otomatis terhadap intensitas cahaya lingkungan sekitar telah diuji dan didapat bahwa LED mulai menyala sekitar pukul 17:50 WIB dan akan mati ketika pukul 5:31 WIB. Tingkat pencahayaan lampu juga telah diuji dan menunjukkan iluminansi rata-rata sebesar 17,42 lux. Efisiensi daya keluaran, yang didapat dari pengukuran arus dan tegangan jatuh pada beban, sebesar 92,9%.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan terimakasih kepada Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat Universitas Indonesia atas pendanaan hibah Program IPTEKS bagi Masyarakat (IbM) untuk tahun 2017.

Daftar Pustaka

- M. A. Green, K. Emery, Y. Hishikawa, W. Warta, and E. D. Dunlop, "Solar cell efficiency tables (Version 45)," *Prog. Photovolt. Res. Appl.*, vol. 23, no. 1, pp. 1–9, 2015.
- I. Supriatna, "Pemerintah Targetkan Rasio Elektrifikasi pada 2017 Mencapai 92,75 Persen." [Online]. Available: <http://bisniskeuangan.kompas.com/read/2017/01/16/124000726/pemerintah.targetkan.rasio.elektrifikasi.pada.2017.mencapai.92.75.persen>. [Accessed: 09-Sep-2017].
- Badan Pusat Statistik, "Peraturan Kepala Badan Pusat Statistik Nomor 17 Tahun 2017." 2017.
- T. Abuzairi and N. R. Poespawati, "A Simple Optimization of Triple-Junction Solar Cell nc-Si: H/a-Si: H/a-SiGe: H Using Computer Modeling and Robust Design," presented at the Advanced Materials Research, 2014, vol. 896, pp. 455–458.
- P. S. Priambodo, D. Sukoco, W. Purnomo, H. Sudibyo, and D. Hartanto, "Electric energy management and engineering in solar cell system," in *Solar Cells-Research and Application Perspectives*, InTech, 2013.
- A. Shah, R. Platz, and H. Keppner, "Thin-film silicon solar cells: a review and selected trends," *Sol. Energy Mater. Sol. Cells*, vol. 38, no. 1–4, pp. 501–520, 1995.
- AspenCore, "MOSFET as a Switch," 2017. [Online]. Available: www.electronicstutorials.ws/transistor/tran_7.html. [Accessed: 07-Sep-2017].
- K. Sebastian, "Automatic Solar Garden Lights With LEDs," 2013. [Online]. Available: www.electroschematics.com/6855/automatic-solar-garden-lights-with-leds/. [Accessed: 07-Sep-2017].
- Gorgeous Group, "SMD LED Comparison," 2017. [Online]. Available: www.saving-star.com/smd-led-comparison/. [Accessed: 07-Sep-2017].
- Badan Standardisasi Nasional, *SNI 7391:2008, Spesifikasi Penerangan Jalan di Kawasan Perkotaan*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, 2009.