

Sistem Kontrol Pengisian Baterai pada Penerangan Jalan Umum Berbasis *Solar Cell*

Ihsan Auditia Akhinov¹, Devi Handaya²

¹Program Studi Teknik Elektronika, Politeknik Gajah Tunggal
Jl. Gatot Subroto KM. 7, Komplek Industri Gajah Tunggal, Jatiuwung, Tangerang, Indonesia

²Program Studi Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta
Jl. Prof. Dr. G.A Siwabessy, Kampus Baru UI, Depok, Indonesia
ihsan@poltek-gt.ac.id

Abstrak

Penggunaan *solar cell* sebagai sumber tenaga listrik untuk Penerangan Jalan Umum (PJU) sudah banyak digunakan. *Solar cell* menerima energi matahari yang penyinarannya tidak konstan. Hal ini menjadikan energi matahari yang disimpan ke dalam baterai dalam bentuk energi listrik akan mempengaruhi kualitas baterai dan lampu pada PJU. Untuk tetap bisa memanfaatkan energi matahari yang efisien, diperlukanlah sebuah sistem kontrol yang akan mengatur tegangan dan arus menuju baterai dan lampu *Light Emitting Diode* (LED). Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem kontrol pengisian baterai pada PJU berbasis *solar cell*. Perancangan sistem kontrol PJU otomatis ini berbasis analog menggunakan DC boost converter XL6009E1. Dengan perancangan sistem kontrol, *solar cell* mampu memberikan efisiensi daya sampai 78% dan efisiensi penggunaan lampu sampai 94%. Dengan demikian, diharapkan masyarakat tetap dapat beraktivitas di malam hari tanpa perlu dibebani biaya listrik dan sistem otomatis dapat mempermudah penggunaan PJU di jalan umum.

Kata kunci: *solar cell*, PJU, otomatis, kontrol analog, efisiensi daya

Abstract

The use of *solar cell* as a source of electricity for Public Street Lighting (PJU) has been widely used. The *solar cell* receives solar energy whose radiation is not constant. This makes the solar energy stored in the battery in the form of electrical energy will affect the quality of the battery and lights in the PJU. To still be able to utilize efficient solar energy, a control system is needed that will regulate the voltage and current to the battery and the Light Emitting Diode (LED) lamp. This study aims to design and implement a battery charging control system on *solar cell* based PJU. The design of the automatic PJU system is based on analog and DC boost converter XL6009E1. By designing a control system, *solar cells* can provide power efficiency of up to 78% and efficient use of lights up to 94%. Thus, it is expected that the community can continue to move at night without the need to be burdened with electricity and the automated system makes it easy to use PJU on public roads.

Keywords: *solar cell*, PJU, automatic, analog control, power efficiency

I. PENDAHULUAN

Penggunaan *solar cell* sebagai sumber tenaga listrik untuk Penerangan Jalan Umum (PJU) pada dasarnya telah banyak digunakan. Suplai energi yang digunakan pada *solar cell* berasal dari foton yang dihasilkan oleh matahari. Besarnya energi listrik yang dihasilkan tergantung pada jumlah foton yang diterima. Jumlah foton tersebut tergantung pada posisi matahari berdasarkan waktu dan keadaan cuaca [1], [2].

Secara umum sistem PJU berbasis *solar cell* tersebut selalu melibatkan proses konversi tegangan, penyimpanan, dan penggunaan. Sinar matahari yang tidak konstan akan mempengaruhi besarnya tegangan dan arus yang dihasilkan oleh *solar cell*. Oleh karena itu, konversi tegangan berguna dalam proses perubahan besar tegangan yang dihasilkan *solar cell* sesuai dengan spesifikasi baterai. Untuk proses penyimpanan energi pada baterai, diperlukan pengontrolan sehingga tidak terjadi *over charging*. Hal ini senada dengan penelitian yang menyatakan bahwa besaran listrik yang dihasilkan dari *solar cell*

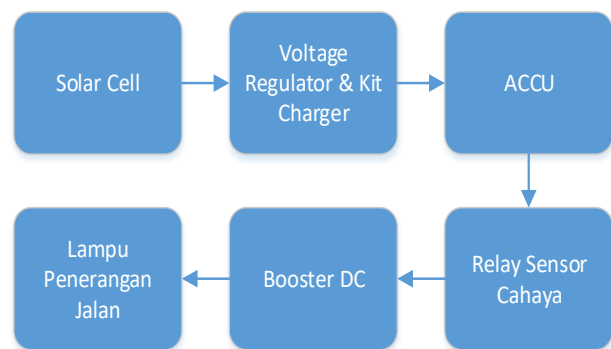
akan mempengaruhi umur baterai dan lampu LED sehingga diperlukan sebuah sistem kontrol tegangan dan arus [3]. Untuk proses penggunaan dari energi yang telah disimpan diperlukan perangkat yang mampu mempertahankan tegangan *output* seiring dengan berkurangnya kapasitas pada baterai. Jenis baterai, besarnya tegangan, dan arus pengisian, menjadi patokan dalam pembuatan dan pemilihan spesifikasi alat untuk dipakai sebagai salah satu komponen pada PJU seperti regulator, tegangan pengoperasian, dan daya penerangan lampu [4]. Di sisi lain, tegangan yang dihasilkan oleh *solar cell* bervariasi tergantung intensitas cahaya yang diterima. Nilai tegangan tertinggi tersebut dapat dilihat dari spesifikasi modul *solar cell*. Besar tegangan tersebut akan diatur sesuai dengan spesifikasi baterai. Kondisi baterai terisi penuh atau tidak penuh dapat dilihat dari besar tegangan yang dihasilkan. Jika baterai dalam keadaan penuh melakukan pengisian, akan menyebabkan *over charging*. Untuk itu diperlukan sistem kontrol yang mengatur ON-OFF pengisian baterai [5], [6].

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan perancangan sistem kontrol *charger* yang akan diimplementasikan pada PJU otomatis berbasis panel surya. Sistem kontrol PJU yang dirancang berbasis analog menggunakan 2N3055 dan 7815 sebagai *converter* tegangan. Untuk proses penggunaan energi yang disimpan pada baterai, sebelum diteruskan pada penerangan terlebih dahulu digunakan DC *booster* XL6009E1. Hal ini berbeda dengan yang dilakukan kebanyakan penelitian berbasis sistem digital menggunakan mikrokontroler dan metode PWM (*Pulse Width Modulation*) [7].

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan menggunakan metode eksperimen. Setiap proses perancangan dilakukan berdasarkan hasil eksperimen. Setelah dilakukan perancangan, kemudian dilakukan pengambilan data secara langsung pada sistem PJU yang telah dirancang. Data yang dijadikan sebagai hasil perancangan berupa nilai tegangan dan arus yang didapat pada hasil pengukuran ketika dilakukan proses *charging* dan *discharging* pada baterai. Perancangan sistem PJU otomatis berbasis *solar cell* ditunjukkan pada diagram blok Gambar 1. Diagram tersebut memperlihatkan hubungan setiap komponen pada perancangan sistem.

Solar cell menghasilkan tegangan dan arus dengan tegangan maksimum untuk jenis solar sel yang tersedia di Indonesia sebesar $\pm 17,6$ V. Regulator diperlukan untuk menurunkan tegangan



Gambar 2. Diagram blok perancangan sistem PJU otomatis

yang dihasilkan *solar cell*. Hasil keluaran dari regulator akan dikombinasikan dengan kit *charger controller* dan diteruskan ke baterai. Pengaturan keadaan hidup dan matinya lampu dilakukan oleh relai yang tersambung dengan sensor cahaya. Lampu akan hidup pada saat malam hari (gelap) dan mati pada saat pagi hari (cerah) sampai sore hari.

A. Perancangan Lampu dan Baterai

Pemilihan spesifikasi komponen dilakukan berdasarkan daya lampu yang digunakan. Dalam hal ini spesifikasi lampu LED (DC) yang digunakan adalah ± 12 V, 7 W. Dengan demikian, kebutuhan arus yaitu sebesar 0,58 A yang diperoleh menggunakan persamaan arus (I), daya (P), dan tegangan (V) sebagai berikut:

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

Kemudian arus yang dibutuhkan untuk menyalakan lampu LED selama 12 jam dengan asumsi mulai menyala ketika pukul 18.00 WIB sampai dengan pukul 06.00 WIB yaitu sebesar 7 Ah yang diperoleh menggunakan persamaan berikut.

$$I_{ON} = I \times 12 \quad (2)$$

Dengan demikian, besarnya kapasitas baterai yang dibutuhkan dalam sistem PJU otomatis ini sebesar > 7 Ah. Pada kenyataan pengoperasiannya, karena keadaan cuaca yang tidak konstan selama pengisian baterai, maka diperlukan baterai yang mampu memberikan suplai lampu menyala selama 24 jam. Berdasarkan persamaan (2), perlu digunakan baterai yang mempunyai spesifikasi minimum sebesar 12 V, 14 Ah. Karena akumulasi spesifikasi minimum dengan faktor rugi-rugi daya yang terdapat di setiap baterai, maka dibutuhkan baterai 12 V, 9 Ah. Adapun spesifikasi baterai lebih lengkapnya yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

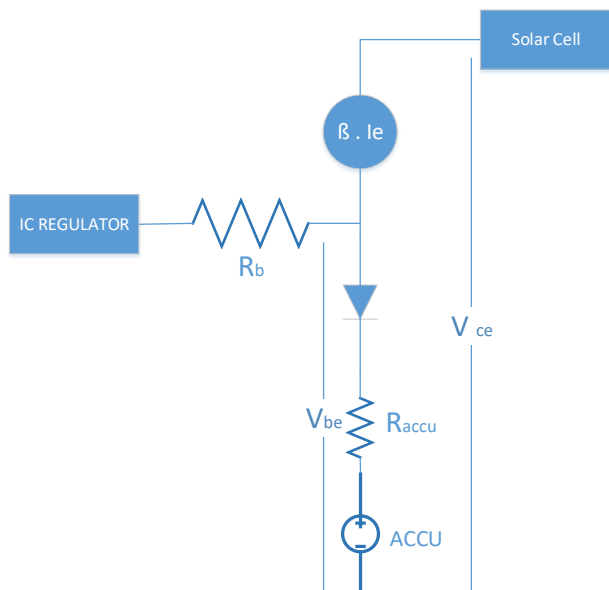
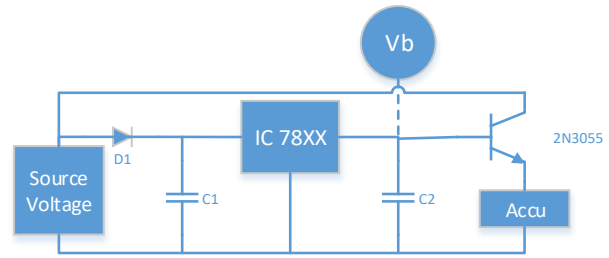
Tabel 1. Spesifikasi baterai 12V/9Ah

Spesifikasi	Nilai Spesifikasi
Cycle Use	14,4 V – 15 V
Standby Use	13,5 V – 13,8 V
Initial Current	< 2,7 A
Tegangan maksimum (Full)	±12,75 V

Cycle use pada baterai menandakan bahwa tegangan untuk *charging* selama proses *charge-discharge* secara bersama adalah 14,4 V – 15 V, sedangkan tegangan pada saat *charging* untuk *standby use* adalah 13,5 V – 13,8 V terjadi pada saat proses *charge-discharge* tidak bersamaan. Untuk *initial current* (arus pengisian) pada proses *charge* tidak boleh besar dari 2,75 A.

B. Perancangan Voltage Regulator dan Sistem Kontrol Charger

Berdasarkan data spesifikasi pada Tabel 1, maka dibutuhkan tegangan pengisian sebesar 13,5V-13,8 V. Hal ini dikarenakan lampu hanya menyala ketika keadaan gelap/malam (*discharge*), sedangkan proses *charge* memerlukan arus pengisian < 2,7 A. Hasil keluaran aktual tegangan menggunakan multimeter pada *solar cell* sebesar 17,6 V. Dengan demikian diperlukan regulator untuk menurunkan tegangan tersebut sesuai dengan spesifikasi baterai sebesar 15 V. Untuk mengubah dari 17,6 V ke 15 V, digunakan IC 7815. Dikarenakan IC 7815 hanya menghasilkan arus < 1 A, maka diperlukan penguat arus menggunakan transistor 2N3055. Skema rangkaian ekivalen transistor dan sistem regulator dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4.

**Gambar 3. Rangkaian ekivalen transistor****Gambar 4. Rangkaian regulator tegangan 15V/5A**

Berdasarkan Gambar 3, maka dapat dihitung arus pengisian sebagai berikut.

$$V_c = V_b - V_{be} - I_b R_b \quad (3)$$

$$I_c = \frac{[V_b(t) - V_{be} - V_{accu}(t)]}{R_{be} + R_{accu}} \quad (4)$$

Keterangan:

- V_c = Tegangan pengisian (*collector*)
- V_{be} = Tegangan antar *basis* dan *emitter*
- V_b = Tegangan *basis*
- V_{accu} = Tegangan baterai
- I_b = Arus *basis*
- I_c = Arus pengisian (*collector*)
- R_b = Hambatan dalam transistor
- R_{be} = Hambatan *basis* dan *emitter*
- R_{accu} = Hambatan dalam baterai

Pada saat pemakaian baterai secara berkelanjutan, tegangan pada baterai akan mengalami penurunan yang akan berpengaruh kepada pencahayaan dari lampu. Untuk menjaga nilai tegangan pemakaian $\pm 12,8$ V secara terus menerus, maka digunakanlah *booster* DC XL6009E1.

C. Perancangan Solar Cell

Arus DC yang digunakan untuk menyalakan lampu LED DC sebesar 0,58 A, sehingga daya yang dibutuhkan dalam pemilihan spesifikasi *solar cell*, yaitu 10,44 W yang diperoleh dari persamaan berikut.

$$P = V \times I \quad (5)$$

Akan tetapi, dalam pengisian baterai yang menggunakan sumber DC, akan terdapat rugi-rugi daya dalam pengisian sehingga arus pengisian lebih besar dari arus pengosongan. Selain itu, juga terdapat keadaan cuaca yang tidak konstan cerah, maka digunakan *solar cell* daya 50 Wp dengan spesifikasi yang dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Spesifikasi solar cell 50 Wp

Spesifikasi	Nilai
<i>Voltage Max</i>	17,5 V
<i>I Max</i>	2,78 A
<i>V open circuit</i>	21,6 V

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Implementasi Sistem

Rangkaian yang telah dirancang kemudian diimplementasikan dengan hasil seperti dapat dilihat pada Gambar 5, sedangkan implementasi pada PJU dapat dilihat pada Gambar 6. Pada hasil percobaan kondisi *charging* yang dapat dilihat di Gambar 7, Gambar 8, dan Tabel 8, terdiri dari keadaan tegangan dan arus pada baterai. Karakteristik tegangan dan arus masukan pada perangkat masing-masing sebesar 17,5 V dan 2,78 A, sedangkan keluaran dari perangkat tanpa beban sebesar 14,5 V. Keadaan baterai pada saat sebelum dilakukan *charging* sebesar 9,3 V. Hasil percobaan kondisi *discharging* dapat dilihat pada Gambar 9, Gambar 10, dan Tabel 9.



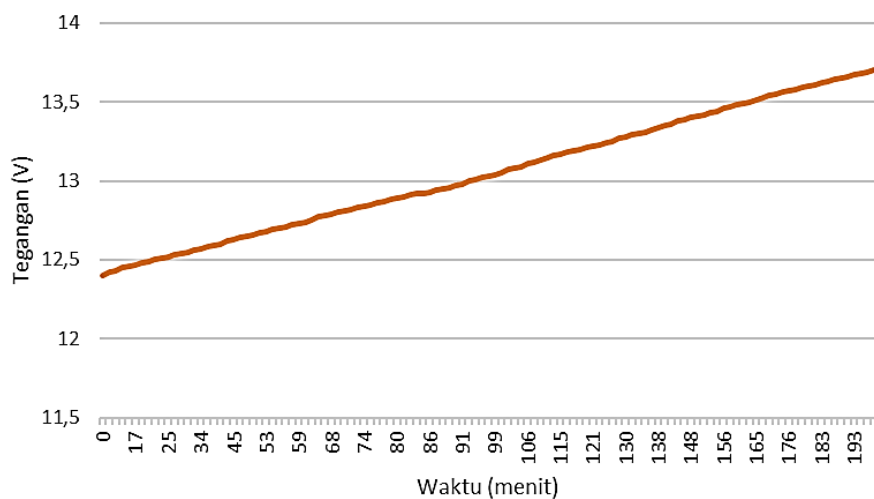
Gambar 5. Rangkaian kontrol pada sistem PJU



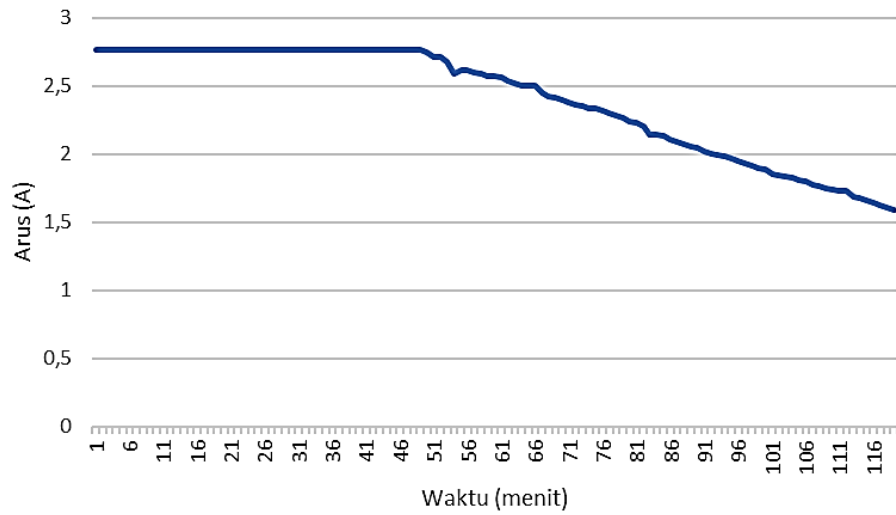
Gambar 6. Hasil implementasi PJU

Tabel 8. Data hasil pengukuran tegangan dan arus *charging*

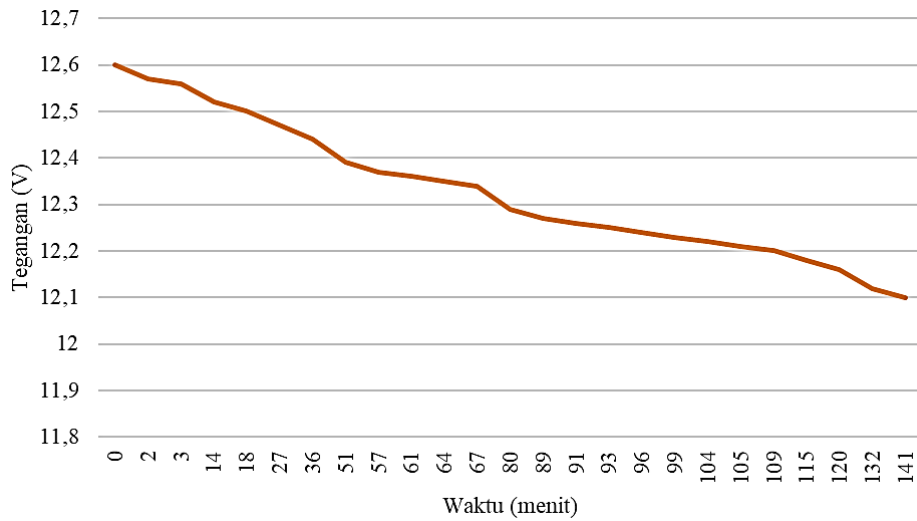
No.	Waktu (menit)	Tegangan (V)	Arus (A)
1	181	13,61	1,735
2	183	13,62	1,725
3	186	13,63	1,725
4	189	13,64	1,685
5	189	13,65	1,675
6	191	13,66	1,655
7	193	13,67	1,645
8	196	13,68	1,625
9	198	13,69	1,605
10	200	13,7	1,585
Rata-rata		13,65	1,66



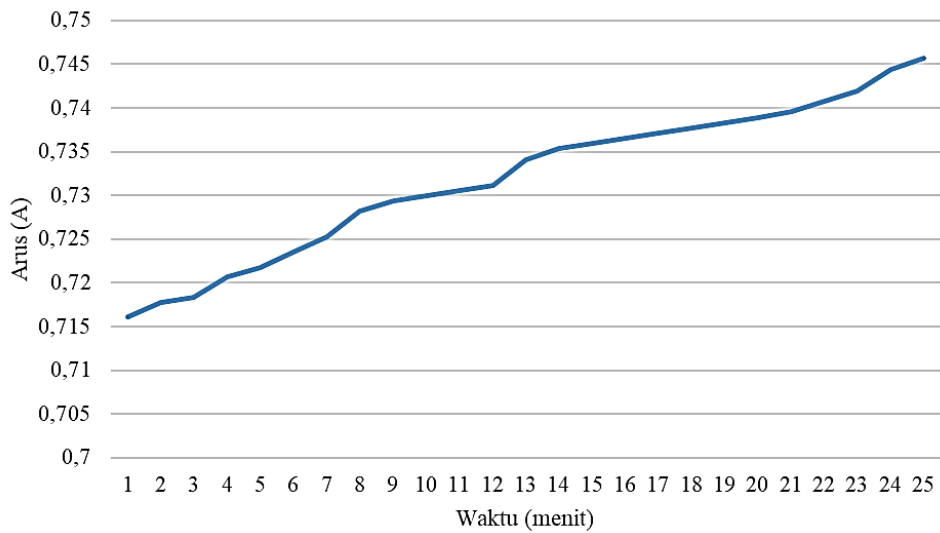
Gambar 7. Hasil pengukuran tegangan pada kondisi *charging* baterai



Gambar 8. Hasil pengukuran arus pada kondisi *charging* baterai



Gambar 9. Hasil pengukuran tegangan pada kondisi *discharging* baterai



Gambar 10. Hasil pengukuran arus pada kondisi *discharging* baterai

Tabel 9. Data hasil pengukuran tegangan dan arus discharging

No.	Waktu (menit)	Tegangan (V)	Arus (A)
1	93	12,25	0,816
2	96	12,24	0,817
3	99	12,23	0,819
4	104	12,22	0,819
5	105	12,21	0,821
6	109	12,2	0,822
7	115	12,18	0,821
8	120	12,16	0,82
9	132	12,12	0,82
10	141	12,1	0,823
Rata-rata		12,191	0,8198

B. Analisis

Hasil pengujian pada kondisi *charging* pada Tabel 8 menunjukkan bahwa hambatan dalam perangkat yang dibuat adalah ± 0.5 Ohm. Hal ini berdasarkan pada prinsip hukum Kirchoff tegangan (KVL) antara perangkat *charging* dan baterai. Jika dilihat dari daya masukan sebesar 48,65 W, sedangkan tegangan yang dikeluarkan oleh perangkat *charging* sebesar 14,5 V dengan arus mendekati sama dengan arus masukannya, maka daya keluaran adalah 39,2 W. Dengan demikian terdapat selisih daya sebesar 10,8 W dan efisiensi daya yang didapat sebesar 78% dari 50 W keluaran *solar cell*. Untuk nilai hambatan dalam, tidak terlalu berpengaruh terhadap besarnya daya pemakaian.

Pada kondisi *discharging*, terjadi peningkatan arus pemakaian berbanding terbalik dengan tegangan *charging* sesuai dengan Tabel 9. Hal ini dipengaruhi oleh *booster* DC XL6009E1 yang memiliki efisiensi sebesar 94% [8]. Dengan demikian, tegangan keluaran yang digunakan oleh lampu sebesar 12,85 V (berdasarkan penentuan pada *booster*) dengan arus didapatkan sebesar 0,71 A, sedangkan arus masukkan yang didapatkan sebesar 0,76 A. Berdasarkan pembuktian tersebut, maka dapat dilihat bahwa terdapat kenaikan arus pada saat *discharging*.

IV. KESIMPULAN

Konsep *charging control* untuk *solar cell* yang digunakan pada PJU otomatis berbasis analog berhasil dirancang dengan efisiensi penerimaan daya

mencapai 78% dan efisiensi penggunaan listrik pada lampu mencapai 94%. Hal ini dapat menjadi sebuah alternatif pengganti sistem *solar cell control* berbasis digital maupun *DC/DC step down* yang selama ini digunakan pada umumnya. Perancangan PJU otomatis berbasis *solar cell* tersebut dapat dimanfaatkan sebagai energi alternatif terbarukan yang dapat digunakan masyarakat sehingga dapat mengurangi beban biaya untuk dapat menikmati penerangan jalan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada PT. Semen Grobogan yang telah memfasilitasi penelitian ini sehingga bisa terlaksana dengan baik di lokasi yang menjadi target kebutuhan penerangan jalan untuk membantu aktivitas masyarakat.

REFERENSI

- [1] X. Long, R. Liao, and J. Zhou, "Low-cost charge collector of photovoltaic power conditioning system based dynamic DC/DC topology," *IET renewable power generation*, vol. 5 no. 2, pp.167-174, 2011.
- [2] J. E. Putro, C. R. Handoko, H. Widodo, M. B. Rahmat, and A. Z. Arfianto, "Pemanfaatan Teknologi Tenaga Matahari sebagai Sumber Energi bagi Petani Porang di Magetan," in *Seminar MASTER PPNS*, vol. 2, no. 1, pp. 177-180, 2017.
- [3] D. Suhardi, "Prototipe Controller Lampu Penerangan LED (Light Emitting Diode) Independent Bertenaga Surya," *Jurnal Gamma*, vol. 10, no. 1, 2015.
- [4] I. Setiono, "Akumulator, Pemakaian dan Perawatannya," *METANA*, vol. 11, no. 01, 2015.
- [5] K. Hasto and M. A. Margono, "DC to DC Converter Untuk Sistem Charger Accumulator Otomatis Energi Solar cell," *Jurnal Ilmiah Teknosains*, vol. 4, no. 1, 2018.
- [6] Z. Abidin, "Perancangan dan Implementasi Rangkaian Charger pada Pembangkit Sell Surya untuk Aplikasi Rumah Tangga (Scheme and Implementation Network Charger Generating Of Sell Surya For The Application of Household)," *POLI REKAYASA*, vol. 5, no. 1, pp. 1-6, 2009.
- [7] K. Liu and J. Makaran, "Design of a solar powered battery charger," *IEEE Electrical Power & Energy Conference (EPEC)*, pp. 1-5, 2009.
- [8] "XL6009 data sheet," DC Boost Converter.