

**SISTEM *HYBRID* CATU DAYA MENGGUNAKAN PANEL SURYA 100
WP DAN GENERATOR TANGAN 13 WATT PADA PROTOTYPE PINTU
PERLINTASAN KERETA API BERBEBAN 32 WATT
(*HYBRID POWER SUPPLY SYSTEM USING A 100 WP SOLAR CELL AND A 13
WATT HAND GENERATOR ON A 32 WATT RAILWAY CROSSING GATE
PROTOTYPE*)**

Azhar Hamdani¹, Sigit Yuwono, S.T., M.Sc., Ph.D. ², Dr.Eng Ahmad Sugiana, S.Si., M.T.³
^{1,2,3}Prodi SI Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom
1azharhamdani@student.telkomuniversity.ac.id, yuwono@telkomuniversity.ac.id,
[3sugiana@telkomuniversity.ac.id](mailto:sugiana@telkomuniversity.ac.id)

Abstrak

Indonesia merupakan salah satu Negara yang terletak pada garis khatulistiwa. Kondisi iklim ini menyebabkan matahari dapat menjadi alternatif sumber energi untuk masyarakat luas. Beberapa keunggulan energi matahari ini adalah bebas dari polusi, tersedia hampir dimana-mana dan terus menerus sepanjang tahun.

Permasalahan yang terjadi di kalangan masyarakat saat ini adalah masih banyak jalur perlintasan kereta api yang belum memiliki pintu sehingga berakibat kecelakaan. Salah satu penyebab tidak adanya pintu perlintasan di suatu daerah adalah belum terdapatnya listrik PLN. Penggunaan energi matahari dan energi mekanis dapat menjadi salah satu solusi permasalahan jika daerah tersebut belum terdistribusi listrik untuk meminimalisir kecelakaan.

Dengan permasalahan tersebut, dibuatlah sistem *hybrid* catu daya menggunakan panel surya dan generator tangan dirancang sebagai sumber listrik alternatif untuk menghidupkan pintu perlintasan kereta api. Panel surya dipasang pada tempat yang tinggi agar mendapatkan intensitas cahaya matahari yang lebih baik. Sedangkan generator tangan, digunakan ketika panel surya tidak mendapatkan cukup daya untuk melakukan pengisian pada baterai. Daya yang dihasilkan oleh panel surya dan generator tangan akan disimpan ke dalam baterai.

Pada penelitian ini, beban yang digunakan berupa sistem pintu perlintasan dengan daya 32,43 Watt dan berhasil dicatu menggunakan sel surya sebanyak satu buah panel surya berkapasitas 100 Watt serta generator tangan berjumlah satu buah dengan kapasitas 24 Watt yang akan disimpan terlebih dahulu ke dalam baterai 12 Volt berkapasitas 40 Ah.

Hasil dari penelitian ini adalah energi yang dapat dihasilkan oleh panel surya sebesar 278,89 Wh dan generator sebesar 3,411 Wh. Sedangkan energi yang digunakan oleh beban sebesar 30,32 Wh.

Istilah Kunci: *Panel Surya, Generator Tangan, Baterai.*

Abstract

Indonesia is one of the countries located on the equator line. This climatic condition causes the sun to be an alternative source of energy for the wider community. Some of the advantages of this solar energy are pollution free, available almost everywhere and continuously throughout the year.

The problem that occurs among the people at this time is that there are still many railroad crossings that do not yet have a door, resulting in an accident. One reason for the lack of crossings in an area is the absence of PLN electricity. The use of solar energy and mechanical energy can be one solution to the problem if the area has not been distributed electricity to minimize accidents.

With these problems, the power supply hybrid system was built using solar panels and the hand generators were designed as alternative power sources to turn the rail crossing door. Solar panels are mounted on high spots to get better sunlight intensity. Whereas a hand generator, used when solar panels do not get enough power to perform charging on the battery. The power

generated by solar panels and hand generators will be stored into the battery. In this final project, a hybrid power supply system will be made using solar panels and a hand generator designed as an alternative power source to power the railroad crossing. Solar panels are installed at high altitudes to get better sunlight intensity. While the hand generator, is used when solar panels do not get enough power to support the load. The power generated by solar panels and hand generators will be stored in batteries.

In this study, the load used in the form of a crossing door system with 32.43 watts of power and successfully supplied using as many as one solar panel with a capacity of 100 watts and one hand generator with a capacity of 24 watts which will be stored first in a 12 battery volt with a capacity of 40 Ah.

The results of this research are the energy that can be produced by solar panels at 278,89 Wh and generators at 3,411 Wh. While the energy used by the load is 30,32 Wh.

Keywords: *Solar Panel, Hand Generator, Battery.*

1. Pendahuluan

Negara Indonesia merupakan salah satu Negara yang terletak pada garis khatulistiwa. Kondisi iklim ini, menyebabkan matahari dapat menjadi alternatif sumber energi masa depan. Beberapa alasan utama menggunakan teknologi fotovoltaik ini adalah sumber energi yang melimpah dan tanpa biaya, sumber energi tersedia di tempat dan tidak perlu diangkut, biaya pengoperasian dan pemeliharaan sistem PLTS yang relatif kecil, tidak perlu pemeliharaan yang sering dan dapat dilakukan oleh operator setempat yang terlatih, dan ramah lingkungan.

Adapun salah satu pemanfaatan energi matahari adalah pembangkit listrik pada pintu perlintasan kereta api. Untuk perlintasan yang dekat dengan sumber listrik PLN (Perusahaan Listrik Negara) dapat menggunakan listrik tersebut sebagai sumber listrik untuk menghidupkan pintu perlintasan. Namun untuk perlintasan yang belum terdistribusi dengan sumber listrik PLN, biasanya hanya dijaga oleh masyarakat yang tidak selalu ada untuk menjaga perlintasan atau bahkan tidak ada yang menjaga sama sekali.

Pintu perlintasan kereta api merupakan salah satu teknologi yang terdapat dalam sistem pengamanan perlintasan kereta api. Perlintasan kereta api dibagi dalam dua macam, yaitu perlintasan sebidang dan perlintasan tidak sebidang. Namun saat ini masih banyak jalur perlintasan yang belum memiliki pintu pengaman ini untuk meminimalisir kecelakaan.

Pada tugas akhir ini dibuat desain sistem pembangkit listrik hybrid yang menggunakan panel surya dan generator tangan. Sistem pembangkit listrik hybrid didefinisikan sebagai suatu sistem pembangkit tenaga listrik yang menggabungkan dua atau lebih pembangkit dengan sumber energi yang berbeda. Dengan terealisasinya sistem seperti ini, diharapkan dapat mengurangi jumlah kecelakaan di perlintasan kereta api yang disebabkan belum terdapatnya pintu perlintasan pada daerah tersebut. Sistem ini juga dapat mengurangi penggunaan listrik dari PLN untuk pintu perlintasan, karena menggunakan energi dari matahari sebagai sumbernya.

Berdasarkan permasalahan yang muncul di masyarakat, dibuatlah suatu penelitian tentang rancang bangun sistem catu daya hybrid menggunakan panel surya dan generator tangan sebagai sumber listrik baru untuk pintu perlintasan kereta api. Panel surya adalah alat yang digunakan untuk mengubah energi surya menjadi energi listrik. Akan tetapi energi listrik yang dihasilkan sel surya sangat dipengaruhi intensitas cahaya matahari yang diterima oleh panel surya. Oleh karena itu dibutuhkan baterai yang digunakan sebagai penyimpanan tenaga cadangan yang didapatkan atau dihasilkan dari tenaga matahari tersebut. Sedangkan fungsi dari generator tangan ini sendiri yaitu sebagai salah satu bentuk antisipasi bila daya yang dihasilkan oleh panel surya, tidak mencukupi untuk memberikan listrik pada beban sebagaimana mestinya.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Prinsip Kerja Sistem

Pembangkit Listrik Tenaga *Hybrid* adalah penggunaan dua atau lebih pembangkit listrik dengan sumber energi yang berbeda. Prinsip kerja sistem pada penelitian tugas akhir ini dimulai ketika panel surya menerima cahaya matahari, kemudian cahaya tersebut akan dikonversi menjadi energi listrik. Selain bersumber dari panel surya, digunakan juga generator DC yang memanfaatkan energi mekanik dengan cara memutar poros pada generator sehingga dapat menghasilkan energi listrik. Energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya dan generator akan disimpan ke dalam baterai agar sistem ini memiliki penyimpanan daya.

Terdapat *solar charge controller* yang berfungsi sebagai pengatur tegangan, melakukan *charging* dan *discharging* pada baterai. Ketika daya yang dihasilkan oleh baterai mencukupi, maka daya tersebut akan dinaikkan tegangannya menggunakan penaik tegangan agar dapat digunakan oleh beban.

2.2 Studi Perlintasan Kereta Api

Salah satu cara untuk meminimalisir jumlah kecelakaan pada jalur perlintasan kereta api adalah dengan mengadakan pintu perlintasan sebagai pengaman pada jalur tersebut. Dimulai dari alat pendeteksi kedatangan kereta api (Kontak Rel, AF Track Circuit, Detektor Elektronik), dan Alat pendeteksi peringatan (Unit Lampu, Unit Pembangkit Suara, Indikator Arah Kereta Api). Untuk unit lampu, lampu menggunakan arus rata 24V/20W dengan waktu pergantian menyala kedua lampu 60 kali/menit. Untuk unit suara, memiliki impedansi pengeras suara 16 Ohm + 15% (1KHz) dengan frekuensi respon 400Hz-4000Hz [1].

Kemudian terdapat pintu perlintasan gerak vertikal yaitu salah satu jenis perlintasan terbuat dari sebatang besi, kayu atau bambu dapat menutup jalan raya dengan cara memutar pintu gerak vertikal. Lengan pintu dilengkapi dengan beban lawan, sehingga pelayanan pintu menjadi lebih ringan dan mudah. Jenis pintu ini digunakan pada perlintasan yang lebarnya antara 2 – 20 meter. Pintu harus dapat bekerja dengan baik dalam keadaan sebagai berikut:

- Tegangan : Sekitar 22,5 V – 28 V
- Suhu lingkungan : Maksimum ± 60 °C
- Kelembaban : Kurang dari 95 %

Besaran listrik yang diizinkan adalah sebagai berikut:

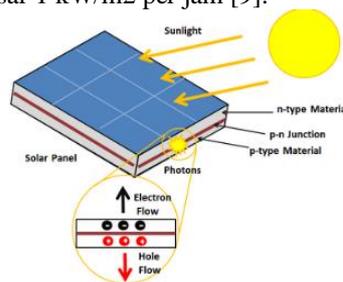
- Tegangan nominal : Berkisar 12 - 24 V
- Arus mula : Kurang dari 5 A
- Arus kerja : Kurang dari 3 A

Waktu aktifnya pintu perlintasan antara 2-6 menit tergantung panjang gerbong kereta dan lalu lintas pada jalur perlintasan. Portal dapat menutup dalam waktu 5 (lima) sampai dengan 10 (sepuluh) detik setelah isyarat lampu peringatan, isyarat suara, dan isyarat tulisan berjalan atau Variable Message Sign (VMS) berfungsi. Portal dapat membuka dalam waktu 2 (dua) sampai dengan 10 (sepuluh) detik setelah kereta api melewati Perlintasan Sebidang.

Pada penelitian kali ini, dipilihlah salah satu jalur perlintasan yang berada di Jalan Parakan Saat Bandung. Jalur ini berada diantara Stasiun Kiaracondong dan Stasiun Cimekar. Kereta yang melewati jalur ini sebagian besar adalah kereta lokal KRD Bandung Raya dan beberapa kereta lintas Jawa.

2.3 Panel Surya

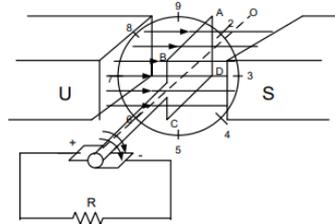
Photovoltaic atau biasa disebut panel surya adalah sebuah piranti yang dapat mengubah radiasi sinar matahari menjadi energi listrik melalui proses fotoelektrik. Untuk mendapatkan daya yang cukup besar diperlukan banyak sel surya. Biasanya sel-sel surya itu sudah disusun sehingga berbentuk panel, dan dinamakan panel *photovoltaic* (PV). Efek *Photovoltaik* merupakan fenomena dimana suatu sel *photovoltaic* dapat mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik [2]. PV sebagai sumber daya listrik pertama kali digunakan di satelit. Di Indonesia sendiri sudah mulai banyak dimanfaatkan, terutama sebagai energi penerangan di malam hari. Pada saat siang hari ketika matahari sedang terik, tenaga surya mencapai permukaan bumi dengan nilai energi puncak sebesar 1 kW/m² per jam [9].



Gambar II-1. Solar cell

2.4 Generator Arus Searah

Generator DC atau arus searah adalah alat yang dapat mengubah energi mekanik yaitu putaran yang akan menghasilkan energi listrik arus searah. Energi mekanik digunakan untuk memutar kumparan kawat penghantar di dalam medan magnet. Menurut hukum Faraday, maka pada kawat penghantar akan timbul ggl induksi yang besarnya sebanding dengan laju perubahan fluks yang dilingkupi oleh kawat penghantar [4].



Gambar II-2. Penghantar yang Diputar Dalam Medan Magnet

2.5 Solar Charge Controller

Pada sistem pembangkit listrik tenaga matahari terdapat solar charge controller yang berfungsi sebagai pengatur arus listrik baik terhadap arus yang masuk dari panel surya maupun arus beban keluar yang akan digunakan. Solar charge Controller yang digunakan pada sistem ini menggunakan metode Pulse-Width Modulation (PWM). Pulse Width Modulation (PWM) adalah sebuah cara memanipulasi lebar sinyal yang dinyatakan dengan pulsa dalam satu periode untuk mendapatkan tegangan rata-rata yang berbeda. Cara kerja PWM solar charge controller ini adalah selama pengisian alat ini akan mengisi baterai dengan arus sebanyak yang bisa dihasilkan oleh panel surya hingga baterai terisi dan mencapai tegangan maksimumnya yaitu sekitar 14,4V sampai 14,6V. Tujuannya adalah menahan agar baterai tidak terjadi pengisian berlebih atau *overcharge* dan menjaga tegangan baterai tetap stabil pada tegangan maksimumnya selama pengisian [5].

2.6 Baterai

Baterai adalah sebuah perangkat listrik kimiawi yang dapat menyimpan energi dan dapat mengeluarkan energi listrik. Pada sistem yang akan dirancang ini akan menggunakan baterai *Lead Acid*. Baterai *Lead Acid* merupakan baterai yang menggunakan asam timbal sebagai bahan kimianya [8]. Energi yang dihasilkan akan disimpan ke dalam baterai yang berfungsi untuk menyimpan cadangan energi pada saat malam hari atau saat cuaca sedang turun hujan sehingga panel surya kurang untuk menghasilkan energi listrik.

2.7 DC-DC to Converter

DC chopper tipe Boost Converter ini merupakan converter penaik tegangan yang mengkonversikan tegangan masukan DC menjadi tegangan keluaran DC yang lebih tinggi. Untuk mendapatkan tegangan yang lebih tinggi dari masukannya, DC Chopper tipe Boost menggunakan komponen switching untuk mengatur *duty cycle*.

2.8 Sensor Tegangan

Untuk mengetahui dan memonitor tegangan baterai maka dibutuhkan sebuah sensor tegangan. Sensor tegangan ialah suatu alat yang dapat mengukur tegangan pada alat elektronik [6]. Nilai tegangan yang sebelumnya analog akan dikonversikan menjadi satuan digital oleh mikrokontroler. Proses konversi dari nilai analog menjadi nilai digital ini disebut proses ADC (*Analog to Digital Conversion*).

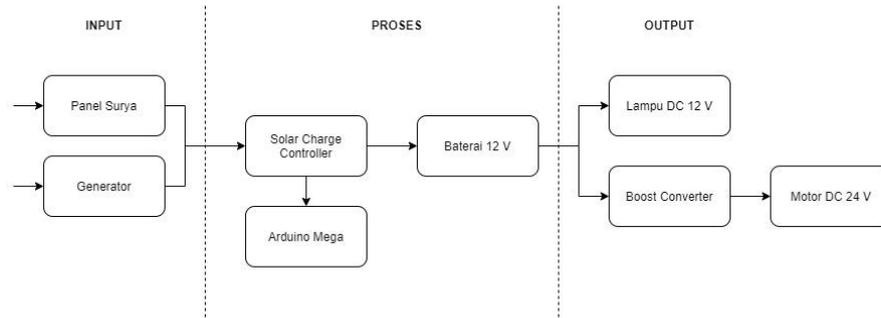
2.9 Sensor Arus

Sensor arus yang digunakan merupakan modul ACS712 untuk mendeteksi besar arus yang mengalir. Sensor arus bekerja menggunakan prinsip hall effect dimana arus listrik yang mengalir melalui medan magnet menghasilkan tegangan yang proporsional dengan medan yang dihasilkan.

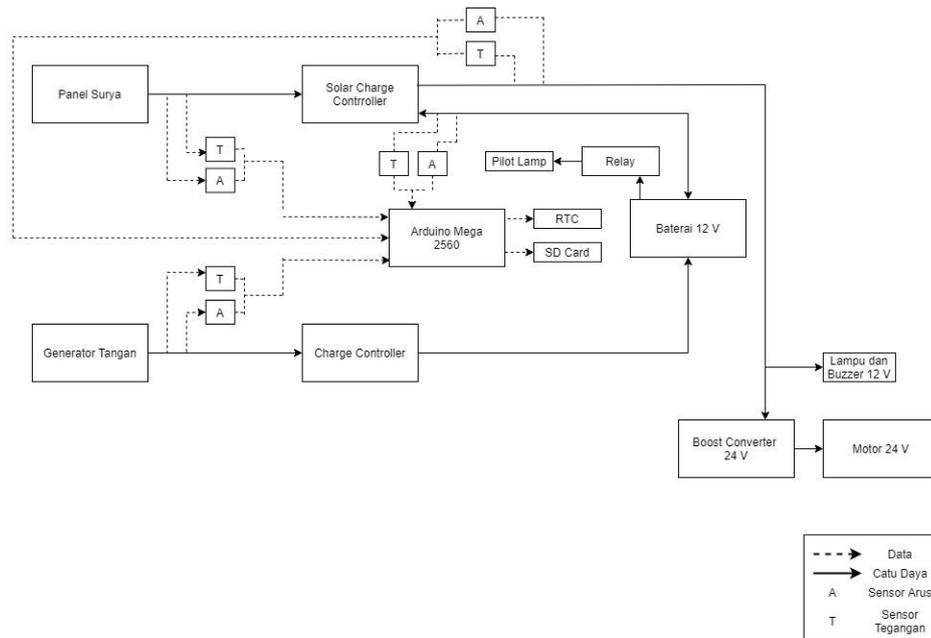
3. Perancangan Sistem

3.1 Desain Sistem

Prinsip kerja sistem dapat dilihat pada Gambar III-1, sedangkan diagram blok sistem pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar III-2.



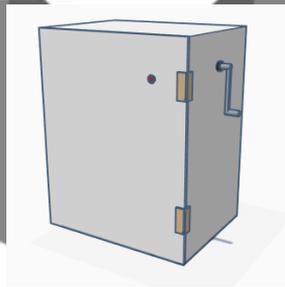
Gambar III-1. Prinsip Kerja Sistem



Gambar III-2. Diagram Blok Sistem Keseluruhan

3.2 Desain Perangkat Keras

Gambar III-3 menunjukkan desain *control box panel* yang digunakan untuk menyimpan komponen elektronika yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini.



Gambar III-3. Control Box

4. Hasil Pengujian dan Analisa

4.1 Pengujian Sensor Tegangan

Pada sistem ini menggunakan sensor tegangan untuk membaca nilai tegangan yang dihasilkan. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui nilai akurasi dan nilai error dari sensor tersebut. Dari hasil pengujian sensor tegangan ini, memiliki nilai akurasi dan error yang berbeda-beda. Sensor tegangan pada panel surya dengan akurasi 98.44% dan error 1.56%. Sensor tegangan pada generator tangan dengan akurasi 98.61% dan error 1.39%. Sensor tegangan pada baterai dengan akurasi 98.85% dan error 1.15%. Sensor tegangan pada beban dengan akurasi 98.69% dan error 1.31%.

4.2 Pengujian Sensor Arus

Pada sistem ini menggunakan sensor arus untuk membaca nilai arus yang dihasilkan. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui nilai akurasi dan nilai error dari sensor tersebut. Dari hasil pengujian sensor arus ini, memiliki nilai akurasi dan error yang berbeda-beda. Sensor arus pada panel surya dengan akurasi 94.43% dan error 5.57%. Sensor arus pada generator tangan dengan akurasi 93.78% dan error 6.62%. Sensor arus positif pada baterai dengan akurasi 93.78% dan error 6.62%. Sensor arus negatif pada baterai dengan akurasi 91.61% dan error 8.39%. Sensor arus pada beban dengan akurasi 91.79% dan error 8.21%.

4.3 Pengujian Komponen Sistem

Pada pengujian komponen sistem ini, memiliki tujuan untuk mengetahui konsumsi daya yang dibutuhkan untuk menjalankan sistem. Untuk total daya yang digunakan oleh sistem adalah sebesar 7,281 Wh dalam satu hari.

4.4 Pengujian Verifikasi Daya Panel Surya

Pada pengujian daya panel surya ini, memiliki tujuan untuk mengetahui daya dan energi yang didapatkan oleh panel surya. Daya maksimum yang didapatkan oleh panel yaitu sebesar 75,978 Watt yang didapat pada pukul 12:15 WIB. Untuk Maka jumlah energi panel surya yang dihasilkan dari pukul 7:30 sampai pukul 14:00 adalah 278,89 Wh.

4.5 Pengujian Verifikasi Daya Generator Tangan

Pada pengujian daya generator ini, memiliki tujuan untuk mengetahui daya dan energi yang dapat dihasilkan. Didapatkan hasil dari tegangan dan arus dari generator memiliki nilai yang berbeda-beda, hal ini bergantung pada putaran poros yang dihasilkan. Semakin cepat poros generator diputar, maka daya yang dihasilkan akan lebih besar. Daya maksimum yang didapatkan oleh generator adalah 14,851 Watt dengan kecepatan poros 160 rpm.

4.6. Pengujian Sistem Keseluruhan

Pada pengujian keseluruhan ini memiliki tujuan untuk mengetahui berapa daya dan energi yang dibutuhkan oleh beban selama satu hari. Kemudian mengetahui berapa waktu yang dibutuhkan oleh alat saat pintu perlintasan menutup, menahan, dan membuka serta memberikan parameter apakah alat berhasil bekerja sesuai dengan regulasi yang ada. Rata-rata daya yang digunakan adalah 32,43 Watt dan total jumlah energi yang digunakan ialah 30,32 Wh. Sistem ini berhasil memenuhi regulasi karena waktu paling lama untuk menutup pintu selama 9.56 detik dan waktu paling lama untuk membuka pintu adalah 9.54 detik, serta waktu bekerja yang ada pada rentang 2-6 menit dengan waktu kerja paling lama adalah 2 menit 11.86 detik. Dari 30 kali percobaan yang telah dilakukan, keseluruhan sistem dapat bekerja sesuai dengan regulasi yang telah tersedia.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa Sistem Hybrid Catu Daya Menggunakan Panel Surya dan Generator Tangan Pada Pintu Perlintasan Kereta Api, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada sistem *hybrid* catu daya ini menggunakan panel surya sebagai sumber catu daya utama, sedangkan generator digunakan ketika panel surya tidak dapat menghasilkan energi listrik dapat berfungsi baik sesuai dengan regulasi yang ada. Daya rata-rata yang digunakan oleh beban adalah sebesar 32,43 Watt dengan rata-rata penggunaan energi sebesar 30,32 Wh per hari.
2. Nilai akurasi pada keseluruhan sensor tegangan, memiliki rata-rata sebesar 98,64%. Nilai akurasi pada keseluruhan sensor arus ACS712, memiliki rata-rata sebesar 93,07%.
3. Daya maksimal yang dapat dihasilkan oleh generator adalah sebesar 14,851 Watt dan jumlah energi yang dihasilkan sebesar 3,411 Wh jika generator diputar selama 3 menit sebanyak 5 kali.
4. Kapasitas baterai yang dibutuhkan sebesar 12 V, 5 Ah dengan ukuran sel surya cukup 0,151 m².

5.2 Saran

Untuk pengembangan penelitian tugas akhir ini, pengembangan disarankan untuk:

1. Menambahkan alat penggerak sudut untuk panel surya agar dapat menerima intensitas cahaya matahari yang optimum dalam satu area yang tegak lurus dengan titik terima sinar matahari untuk meningkatkan keluaran daya pada panel surya.
2. Menggunakan generator DC yang memiliki keluaran daya yang dapat menghasilkan daya yang relatif sama, tetapi dengan rpm yang lebih rendah agar proses pemutaran poros generator tidak butuh waktu yang lama.

3. Dengan kapasitas baterai yang relatif kecil dan ukuran sel surya yang berkapasitas kecil, alat sangat mungkin dipasang di perlintasan-perlintasan kereta api di daerah yang terpencil mengingat masih banyaknya pintu perlintasan yang belum terdistribusi oleh listrik PLN.

Daftar Pustaka

- [1] DITJEN PERHUBUNGAN DARAT. 2005. *PEDOMAN TEKNIS PERLINTASAN SEBIDANG ANTARA JALAN DENGAN JALUR KERETA API*. Hal 40.
- [2] Ditjen EBTKE, GIZ (2018), "Buku Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya: Dos and Don'ts" Hal 2.
- [3] Jatmiko. Dkk. 2018. *EFISIENSI PENGGUNAAN PANEL SURYA SEBAGAI SUMBER ENERGI ALTERNATIF*. Surakarta : Uniersitas Muhammadiyah.
- [4] D. Dikpride, S. Noer, N.S. Wan, S.S. Ahmad. (2016). *PROTOTYPE GENERATOR DC DENGAN PENGGERAK TENAGA ANGIN*. Bandar Lampung : Uniersitas Lampung.
- [5] Phocos (2015). Comparing PWM & MPPT Charge Controllers. www.phocos.com.
- [6] Sadewo, RA. Kurniawan, E. Adam, KB. April 2017. Perancangan dan Implementasi Pengisian Baterai Lead Acid menggunakan Solar Cell dengan menggunakan Metode Three Steps Charging.
- [7] Julisman, A. Dkk. 2017. *PROTOTIPE PEMANFAATAN PANEL SURYA SEBAGAI SUMBER ENERGI PADA SISTEM OTOMASI ATAP STADION BOLA*. Banda Aceh : Uniersitas Syiah Kuala.
- [8] Afif, MT. Pratiwi. IAP. 2015. Analisis Perbandingan Baterai Lithium-ion, Lithium-polymer, Lead Acid dan Nikel-metal Hydride pada Penggunaan Mobil Listrik. Malang: Jurnal Rekayasa Mesin.
- [9] Peter de Vries, dkk. Buku Panduan ENERGI yang Terbarukan.