

RANCANGAN RANGKAIAN PENGATUR PENGISIAN BATERAI PADA PEMBANGKIT LISTRIK DC GABUNGAN PANEL SURYA DAN ALTERNATOR

Fathoni¹, Agus Pracoyo², Totok Winarno³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang

¹pakfapyrus@yahoo.com

Abstrak

Penggabungan pembangkit listrik panel surya dan alternator mobil mempunyai keuntungan, yaitu sama-sama pembangkit listrik DC 12 volt sehingga dapat langsung digunakan untuk pengisian baterai. Pemanfaatan alternator sebagai pembangkit listrik DC dari sumber daya tidak tetap seperti tenaga angin akan dipengaruhi oleh keadaan alam, seperti kecepatan, arah dan keberadaannya serta sifat dari alternator itu sendiri yang merupakan generator magnet tak permanen. Jika tidak ada angin atau kecepatan kurang dari batas minimalnya, arus medan alternator harus diputus agar tidak ada kerugian daya atau terjadi pengisian negatif. Diperlukan pengaturan arus medan agar dapat menghasilkan arus pengisian baterai. Penggabungan panel surya dan alternator sebagai pembangkit listrik DC atau sering disebut pembangkit listrik hybrid menjadikan sumber arus pengisian baterai lebih besar tetapi memerlukan pengaturan yang lebih kompleks. Pengaturan arus pengisian baterai dari panel surya menggunakan konverter buck-boost sedangkan pada alternator menggunakan pengaturan arus medan yang berdasar pada kecepatan putarnya. Untuk pengisian secara cepat, pembatasan pengisian arus maksimal ditetapkan 5A dan tegangan maksimal 14 volt. Pemutusan pengisian dengan cara memutus arus rotor serta membuat konverter off. Pembacaan tegangan baterai dilakukan periodik. Data pengukuran pada penyinaran cuaca cerah bulan Juli 2018 dari pukul 8.00 hingga pukul 15.00 dan digabung dengan alternator dengan putaran 1.000, 1.500 dan 2.000 rpm menghasilkan arus pengisian maksimal hampir 4A.

Kata-kata Kunci: Panel surya, alternator, arus pengisian, baterai

Abstract

The merger of solar panel power plants and car alternators has the advantage of being both a 12 volt DC power plant which can be directly used for battery charging. The use of alternators as DC power plants from non-fixed resources such as wind power will be influenced by natural conditions, such as speed, direction and existence and the nature of the alternator itself which is a non-permanent magnet generator. If there is no wind or speed is less than the minimum, the alternator field current must be disconnected so that there is no power loss or negative charging occurs. Field current settings are needed to produce a battery charging current. The incorporation of solar panels and alternators as DC power plants or often called hybrid power plants makes the battery charging current larger but requires a more complex arrangement. Setting the battery charging current of the solar panel uses an adjustable buck-boost converter on the alternator using an alternator field current setting based on its rotational speed. For fast charging, the limitation of charging is a maximum current of 5A and a maximum voltage of 14 volts. Termination of charging by disconnecting the rotor current and making the converter off. The battery voltage reading is periodic. Measurement data on the irradiation of sunny weather in July 2018 from 8:00 to 15:00 and combined with alternators with rotations 1,000, 1,500 and 2,000 rpm produce a maximum charging current of almost 4A.

Keywords: *Solar panel, alternator, charging current, battery*

1. PENDAHULUAN

Penggabungan sumber daya atau pembangkit listrik, panel surya dan alternator mempunyai keuntungan, yaitu sama-sama pembangkit listrik DC sehingga dapat langsung diterapkan untuk pengisian baterai. Cahaya matahari yang bersinar hampir sepanjang tahun di Indonesia memberikan keuntungan pada penerapan panel surya. Penggabungan ini juga berdasarkan pada asumsi. Jika malam hari tidak ada sinar matahari tetapi ada angin dengan kecepatan cukup, masih dapat dimanfaatkan sebagai sumber listrik DC atau merupakan pemanfaatan sumber daya alam yang berbeda.

Generator yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis magnet tidak permanen, yaitu generator DC 12V yang biasa digunakan untuk pengisian baterai mobil atau sering disebut dynamo isi. Kelebihan dari generator ini adalah medan magnet

yang bisa diatur ada atau tidaknya serta besarnya flux magnet yang terbentuk dengan cara *switching* pengaturan dengan PWM sehingga generator tidak membebani kincir atau kincir dapat berputar bebas tanpa hambatan pada saat awal perputarannya.

Pemanfaatan panel surya sebagai sumber listrik semakin banyak digunakan karena ramah lingkungan, awet dan gratis. Pengukuran output panel surya pada saat cuaca mendung atau radiasi matahari menjadi berkurang menjadikan daya output panel surya juga menjadi berkurang. Keadaan ini terlihat dari tegangan yang berkurang dari 13,5 volt ada pembebanan yang sama. Tegangan maksimal saat mendung mencapai 12,92 volt. [1]

Walaupun mungkin masih dapat digunakan untuk pengisian baterai dengan tegangan nominal 12 volt tetapi hanya pada keadaan baterai lemah atau tegangan jepit kurang dari 12,9 volt dan arus pengisian juga sangat kecil. Untuk baterai dengan tegangan nominal 12 volt atau lebih, output panel surya tidak dapat digunakan untuk pengisian baterai. Untuk dapat mengisi baterai dengan tegangan jepit lebih dari 12 volt diperlukan rangkaian penaik tegangan dc atau konverter *boost*. Tegangan output konverter *boost* direncanakan untuk tegangan output 15 volt atau lebih sehingga dapat digunakan untuk pengisian baterai walaupun dengan arus yang kecil. [2]

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Panel Surya

Sel surya atau *solar cell* adalah semikonduktor yang dapat mengubah cahaya matahari menjadi listrik. Sel-sel dari bahan silikon dipasang secara parallel dan seri dalam sebuah keping dan diberi pelindung kaca atau plastik. Bila sel-sel itu terkena sinar matahari maka pada *junction* semikonduktor akan mengalir arus listrik. Besarnya daya listrik yang dihasilkan tergantung pada jumlah energi cahaya yang mencapai silikon itu dan luas permukaannya.

Pada pengisian baterai dengan cara cepat, pembatasan dilakukan pada batas atas arus pengisian dan biasanya ditambahkan pengukur suhu pada cairan baterai karena ada kenaikan suhu cairan.. Pada terapan pengisian baterai dengan

sumber daya tidak konstan, sebagai contoh, cahaya matahari, angin aliran air dan cara pengisian cepat tersebut bisa digunakan. Pembatasan besarnya arus pengisian dipertimbangkan dari kapasitas baterai yang hendak diisi.

Pembangkit listrik DC hybrid yang dibangun dari panel surya 12 volt dan alternator atau dinamo-isi kendaraan bermotor dengan tegangan nominal yang sama akan memudahkan pengaturan arus pengisian baterai dengan tegangan nominal yang sama.

2.2 Alternator

Alternator atau generator dc magnet tak permanen yang digunakan dalam penelitian ini adalah dinamo isi 12V yang biasa digunakan untuk pengisian baterai kendaraan roda 4.

Generator listrik DC yang dipasang pada kendaraan bermotor (mobil) adalah untuk alat mengisi baterai yang digunakan untuk kebutuhan kelistrikan seluruh mobil. Pada dasarnya alternator adalah generator magnet tak permanen, ac 3 fasa dengan penyearahan gelombang penuh pada outputnya. Medan magnet dibangkitkan dari kumparan rotor dengan arus listrik DC lewat *slip ring*. Pemanfaatan alternator sebagai pembangkit listrik skala kecil ramah lingkungan cukup menjanjikan mengingat populasinya yang banyak. Salah satu terapan yang hendak digunakan dari penelitian ini adalah pemanfaatan alternator sebagai sumber daya dc dengan tenaga pemutar kecil, seperti angin, aliran air dan juga tenaga manusia. Angin adalah salah satu sumber daya alam terbarukan (*renewable*) yang ada di Indonesia, terutama di daerah pesisir pantai adalah angin. Keberadaan angin di pesisir pantai relatif lebih banyak daripada daerah bukan pantai. Walaupun kecepatan angin rata-rata tidak besar tetapi sumber daya ini perlu dimanfaatkan untuk terapan yang tepat karena termasuk dalam sumber energi terbarukan. Secara garis besar, tegangan output generator magnet tak permanen ditentukan oleh kecepatan putar rotor dan medan magnet yang terbentuk. [3]

$$E_a = c n \Phi \quad (1)$$

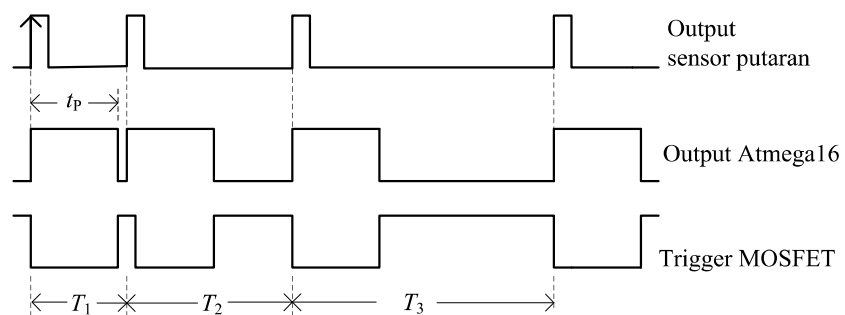
Keterangan:

E_a = Tegangan output generator

- c = Konstanta
- n = Kecepatan putar rotor (rpm)
- Φ = Flux magnet pada rotor.

Pengaturan arus medan ditentukan dari kecepatan putar rotor dengan lebar pulsa yang tetap. Saklar MOSFET digunakan untuk penggerak arus kumparan rotor yang diatur dengan PWM. Semakin tinggi putaran, semakin besar arus rotor karena *duty cycle* pulsa menjadi lebih tinggi dan flux magnet yang dihasilkan semakin besar. Cara kerja sebagaimana pada rangkaian *monostable MV*. Diagram waktu dari pulsa data putaran terhadap pemicuan MOSFET ditunjukkan dalam Gambar 1.

Rangkaian penyangga jenis *totem pole* diperlukan untuk penggerak saklar MOSFET karena tegangan catu generator lebih tinggi dari tegangan output rangkaian kendali. Rangkaian penyangga kopling langsung (*direct coupling*) dibangun dari dua buah BJT komplemen daya rendah jenis RF dengan konfigurasi *common collector*. Dengan penyangga *totem-pole* menjamin pemicuan MOSFET dapat bekerja dengan benar baik untuk pengisian maupun pengosongan (*gate charge*).



GAMBAR 1 DIAGRAM WAKTU PUTARAN DAN DUTY CYCLE

Perbandingan lebar pulsa, t_p terhadap periodenya, T adalah *duty cycle*, D . Nilai perbandingan akan menentukan besar arus medan yang disalurkan.

$$D = t_p/T \tag{2}$$

Karena *duty cycle* mewakili perbandingan waktu *on* arus medan terhadap nilai maksimalnya, yaitu 3A maka pengaturan

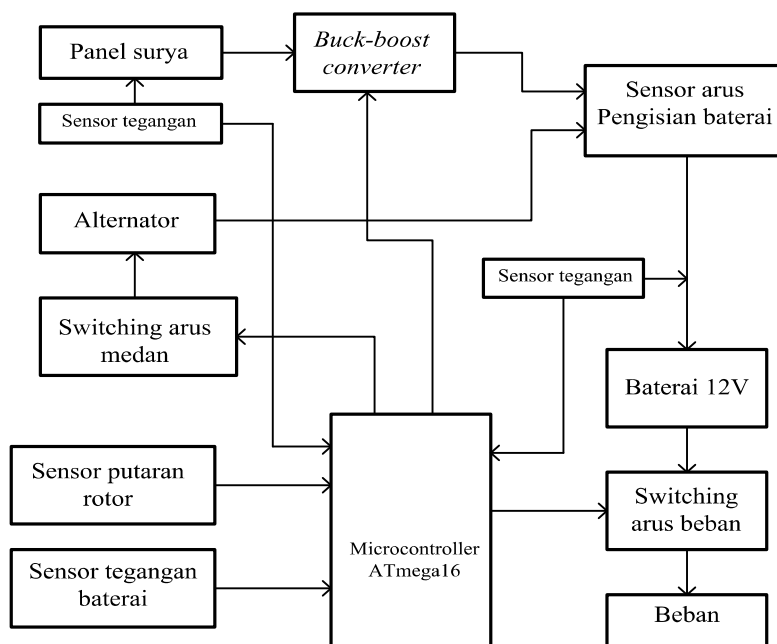
maka nilai D mewakili variasi besarnya medan magnet yang dihasilkan.[4].

3. METODE

3.1 Rancangbangun Rangkaian Pengisian Baterai

Rancangan rangkaian pengatur pengisian baterai dari dua sumber listrik berbeda ditunjukkan dalam diagram blok Gambar 2.

Output panel surya terhubung langsung ke rangkaian konverter *buck-boost* dan melewati sensor arus ke baterai 12V 10Ah. Sensor arus yang digunakan adalah jenis solid state ACS712 yang dapat membaca arus positif dan negatif serta mempunyai output berupa tegangan analog. Dalam perakitannya, arus output alternator dihubung parallel dengan jalur output rangkaian konverter dan melewati sensor arus ACS712 ke baterai sehingga yang terbaca adalah nilai arus pengisian baterai secara keseluruhan. Dioda penyearah 6 buah pada output alternator dan dioda seri pada konverter digunakan juga sebagai pengaman arus balik dari baterai ke rangkaian konverter atau kumparan stator alternator. Hal ini mungkin terjadi saat kedua sumber daya dalam keadaan *off*.



GAMBAR 2 DIAGRAM BLOK SISTEM

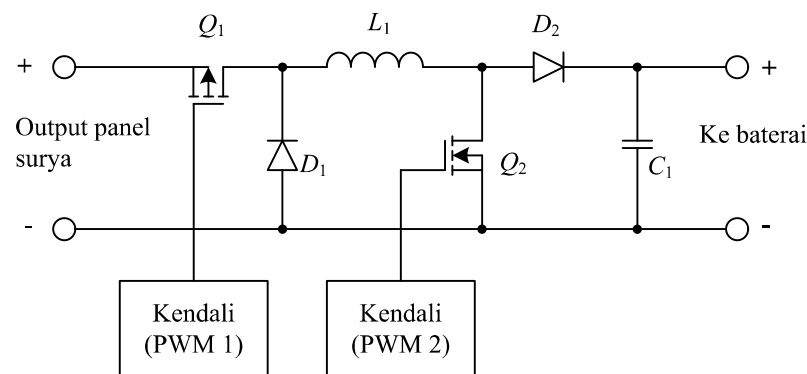
Pembatasan arus pengisian dilakukan dengan mengatur rangkaian konverter *buck-boost* dalam keadaan *on* atau *off* serta mengatur besarnya arus rotor alternator atau arus medan.

Pengaturan dilakukan dengan cara switching atau pengaturan *duty cycle* PWM.

Jika arus pengisian mencapai batas maksimalnya sedang putaran rotor alternator sedang tinggi maka rangkaian konverter *boost* dibuat *off* dan konverter *buck* dibuat *on*. Dan jika tegangan baterai mencapai 14 volt, rangkaian konverter *buck-boost* dan pengatur arus rotor, semua dalam keadaan *off*.

3.2 Rangkaian Konverter *Buck-boost*

Rangkaian konverter *buck* yang digabung dengan konverter *boost* akan mempunyai komponen bersama, yaitu induktor, dioda dan kapasitor sehingga akan mempengaruhi besarnya frekuensi kerja dan *duty cycle* yang dapat diterapkan. Perlu pengujian nilai frekuensi kerja agar didapat efisiensi perubahan yang tinggi.

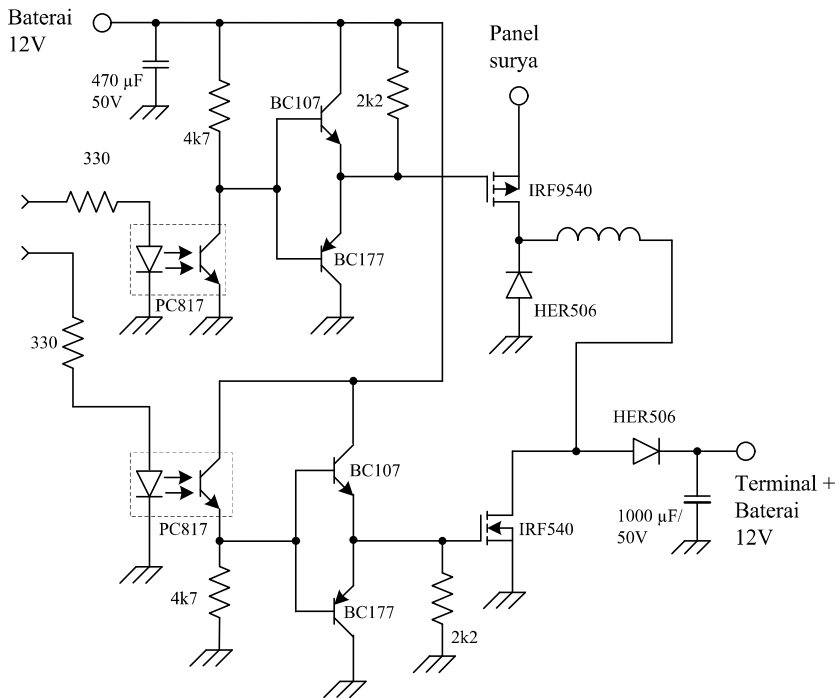


GAMBAR 3 SKEMA RANGAIAN KONVERTER

Penggerak kedua saklar MOSFET menggunakan kopling cahaya atau optoisolator dan penyangga jenis *totem-pole* BJT. Jenis MOSFET yang digunakan dalam rangkaian konverter tidak sama agar keduanya dalam konfigurasi yang sama, yaitu *common source*. Konsekuensi dari penggunaan MOSFET jenis yang berbeda adalah tegangan picu untuk keadaan aktif dari keduanya menjadi berbalikan. Kanal P akan aktif pada input logika rendah sedangkan kanal N akan aktif pada input logika tinggi. Agar output rangkaian kendali tetap bekerja untuk aktif pada logika tinggi maka konfigurasi rangkaian optoisolator harus dibuat berbalikan. Satu rangkaian dalam konfigurasi CE sedangkan yang lain dalam

konfigurasi CC. Skema rangkaian lengkap konverter ditunjukkan dalam Gambar 4.

MOSFET kanal P disusun dalam konfigurasi *common source* (CS) dan akan *on* saat V_{GS} rendah sehingga transistor optoisolator dalam konfigurasi *common emitter* (CE).



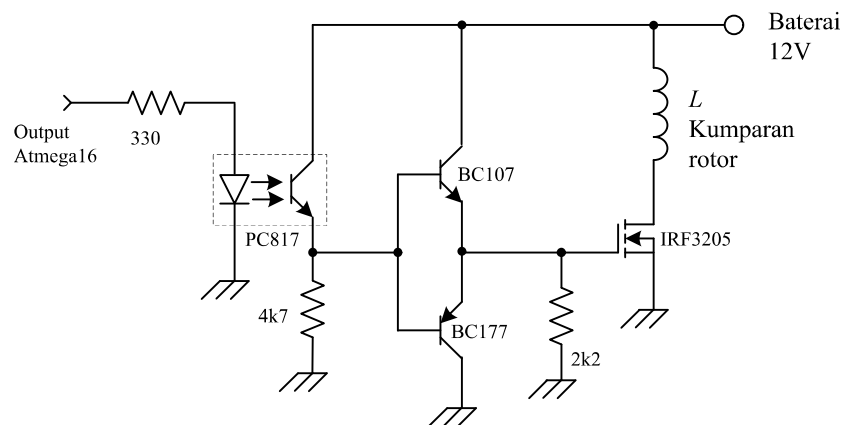
GAMBAR 4 SKEMA RANGAIAN KONVERTER *BUCK-BOOST*

Pemilihan jenis MOSFET dipertimbangkan dari kemampuan arus drain dan nilai resistansi drain-source dan tegangan maksimal yang dapat ditahan serta kemudahan mendapatkannya di pasaran. Semakin kecil pengurangan tegangan yang terjadi oleh hambatan *drain-source* maka semakin kecil rugi daya yang dihasilkan sehingga arus pengisian dapat bertambah. Hambatan *drain-source*, $R_{DS(on)}$ dipengaruhi oleh suhu lingkungan dan arus beban. Perkiraan nilai dalam keadaan kerja tertentu dapat dilihat dalam lembar data komponen masing-masing. Pada penelitian ini digunakan MOSFET jenis IRF3205 kanal N dengan $R_{DS(on)} = 8m\Omega$ dan IRF9540 kanal P dengan $R_{DS(on)} = 0,22 \Omega$.

3.3 Pengaturan Arus Medan Alternator

Pengatur pengisian dari alternator bekerja saat tingkat kecepatan terpenuhi, sekitar 800 rpm hingga lebih tinggi. Untuk

penetapan lebar pulsa pengendali arus rotor, perlu dilakukan pengujian awal dengan pengukuran arus pengisian baterai dan kecepatan rotor. Penggerak arus rotor dibangun dari MOSFET kanal N jenis IRF3205, kemasan TO-220 dalam konfigurasi *common source* dan akan *on* saat pulsa dari *microcontroller* pada level tinggi. Pemilihan keadaan level kendali ditentukan dari kemampuan arus output Atmega16. Untuk keadaan *on* saklar pada pulsa level rendah dapat diatur dari konfigurasi optoisolator.



GAMBAR 5 SKEMA RANGKAIAN PENGATUR ARUS MEDAN

Putaran rotor generator DC dibaca untuk pengendalian pengisian. Pada putaran kurang dari 800 rpm, arus magnetisasi dihentikan dan akan diaktifkan untuk putaran diatas 800 rpm. Kenaikan putaran akan menentukan besarnya arus magnetisasi yang diberikan sehingga arus pengisian dapat dikendalikan. Skema rangkaian pengatur arus medan dan sensor putaran rotor dtunjukkan dalam Gambar 5.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Rangkaian konverter *buck-boost* bekerja dengan penggabungan sehingga nilai induktor dan kapasitor menjadi sama atau berupa satu komponen sedangkan dioda bertambah satu buah. Percobaan awal untuk kerja rangkaian konverter *buck-boost* menunjukkan bahwa pengurangan tegangan (tegangan jatuh) yang terjadi pada terminal *drain-source* MOSFET dan dioda telah menimbulkan pengurangan arus pengisian dibanding tanpa rangkaian konverter atau terhubung langsung.

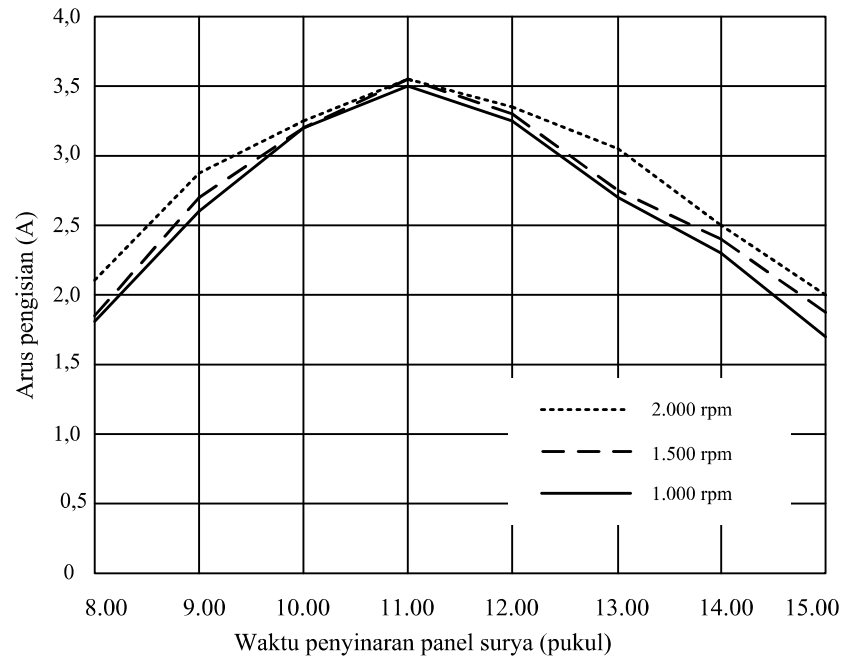
Pada kerja konverter *buck*, frekuensi 40k Hz *duty cycle* 1% hingga 13% terjadi penurunan tegangan secara linier sedangkan dari 14% hingga 100% menghasilkan penurunan tegangan sebesar 1,3 volt yang ditimbulkan oleh MOSFET dan dioda. Pada kerja konverter *boost*, saklar pada konverter *buck* harus *on* dan pada frekuensi 40k Hz dan DC 4% menghasilkan perubahan kenaikan tegangan yang menghasilkan arus pengisian sebesar 150mA. Data pengisian baterai dari perubahan waktu pencahayaan dan putaran alternator ditunjukkan dalam Tabel 1.

TABEL 1 DATA ARUS PENGISIAN BATERAI

Waktu penyinaran (pukul)	Arus pengisian (mA) pada putaran (rpm)		
	1.000 rpm	1.500 rpm	2.000 rpm
08.00	1.750	1.750	2.100
09.00	2.600	2.650	2.850
10.00	3.200	3.200	3.350
11.00	3.500	3.550	3.650
12.00	3.250	3.300	3.600
13.00	2.700	2.750	3.100
14.00	2.300	2.400	2.550
15.00	1.700	1.800	2.000

Data pengukuran diambil pada bulan Juli 2018 dengan cuaca cerah tanpa ada mendung. Kecepatan rotor ditetapkan pada 1.000, 1.500 dan 2.000 rpm. Dari hasil pengukuran dibuat grafik arus pengisian dan dapat dilihat dalam Gambar 6.

Besarnya arus pengisian baterai dari dua sumber daya, panel surya dan alternator bukanlah berupa penjumlahan langsung arus pengisian masing-masing secara mandiri melainkan ditentukan dari beberapa factor, seperti hambatan dalam, tegangan output dan tegangan mula dari baterai yang hendak diisi. Hambatan dalam sumber daya yang rendah seperti halnya sumber tegangan teregulasi dibanding sumber arus.



GAMBAR 6 SKEMA RANGKAIAN PENGATUR ARUS MEDAN

5. PENUTUP

Penggabungan sumber daya panel surya 100 WP dan generator dc 12 V dapat menghasilkan arus pengisian baterai hingga 3,6 A. Arus pengisian maksimal tercapai saat putaran generator 2.000 rpm dan waktu pencahayaan pukul 11.00 tanpa mendung.

Penerapan rangkaian konverter *buck-boost* pada pengaturan pengisian baterai dari panel surya pada saat daya output maksimal dapat mengurangi besarnya arus pengisian dibanding dengan hubungan langsung. Hal ini disebabkan oleh adanya tegangan pengurang atau tegangan jatuh pada yang muncul pada terminal *drain-source* MOSFET dan terminal anoda-katoda dioda.

Pengaturan pengisian baterai dari alternator memerlukan data kecepatan putaran agar tidak terjadi arus pengisian negatif. Pemutus arus medan dilakukan oleh rangkaian kendali yang berupa saklar dari MOSFET.

Saran

Untuk perbaikan pengaturan, perlu ditambahkan sensor arus pada jalur output alternator sebagai pembaca arus negatif sehingga

dapat digunakan untuk memutus atau menghentikan aliran arus medan alternator. Data kecepatan putar alternator dapat juga digunakan sebagai pembatas arus jika sebelumnya telah diuji terlebih dahulu sehingga dapat diketahui batas putaran terendah dari alternator yang dapat memberikan arus pengisian baterai.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Teguh Utomo “*Kajian Kelayakan Sistem Photovoltaik Sebagai Pembangkit Daya Listrik Skala Rumah Tangga*, Jurnal EECCiS Vol. III No.1. 2009
- [2] Fathoni, Agus Pracoyo dan Eka Mandayatma, “*Rancangbangun Konverter Boost untuk Pengisian Baterai 12 Volt dari Output Panel Surya Tegangan Rendah*. Jurnal Teknik Ilmu dan Aplikasi, Politenik Negeri Malang, 2015
- [3] Marrapung, Muslimin, 1988, *Teknik Tenaga Listrik*, Armico Bandung.
- [4] Fathoni, Eka Mandayatma, “*Rancangan Rangkaian Pengatur Arus Rotor Generator DC Penguat Terpisah Berdasar Putaran*,” in Proc. 2010 EECiS.