



Rancang Bangun Peralatan Pengoptimal Pengisian Baterai Dengan Sel Surya Berbasis Mikrokontroler Arduino

Budiarto Wahyono¹, Noer Soedjarwanto^{2*}, Osea Zebua³ dan Abdul Haris⁴

^{1,2,3,4}Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lampung
Jalan Prof. Sumantri Brojonegoro no.1 Bandar Lampung – 35145

*E-mail korespondensi: noersoedjarwanto@gmail.com

Abstrak. Pengoptimal pengisian baterai dengan panel surya berbasis mikrokontroler arduino sangat diperlukan untuk meningkatkan efisiensi pengisian baterai. Pengisian baterai pada umumnya dilakukan secara langsung, dan tidak memperhatikan bahwa sel surya dapat menjadi beban saat kondisi tertentu. Tujuan dari penelitian ini adalah merancang dan membuat alat pengoptimal pengisian baterai dengan sel surya, yang dilengkapi dengan pemutus sehingga saat tegangan dari sel surya lebih kecil dari baterai sel surya tidak menjadi beban. Mikrokontroler akan mendapat masukan dari sensor tegangan yang diset dengan batas tegangan tertentu. Setelah batas tegangan tercapai maka mikrokontroler akan memerintahkan relay untuk membuka, sehingga sel surya tidak akan menjadi beban dan pengisian akan berhenti saat baterai penuh.

Kata kunci: energi surya, panel surya, optimalisasi, baterai

PENDAHULUAN

Pada saat sekarang ini sumber energi baru terbarukan sudah semakin berkembang. Berbagai jenis energi baru telah dikembangkan, termasuk di dalamnya adalah pembangkit tenaga surya. Tenaga surya relatif lebih mudah dan tidak menimbulkan polusi.

Pembangkit tenaga surya memegang peranan yang sangat penting untuk sekarang ini. Panel surya yang digunakan sebagai pengisian baterai pada pembangkit tenaga surya. Proses pengisian ini menuntut efisiensi yang sangat besar karena sinar matahari optimal pada waktu tertentu saja. Kebanyakan pengisian baterai dengan panel surya tidak optimal karena saat cahaya redup panel surya menjadi beban untuk baterai.

Pada panel surya harus dilengkapi alat dengan pengontrol tegangan saat pengisian. Pengontrol tersebut bekerja untuk memutus saat tegangan pada baterai penuh dan saat tegangan pada panel surya lebih kecil dari tegangan baterai. Peralatan ini akan mengoptimalkan pengisian baterai, sehingga akan lebih efektif dan membuat baterai lebih tahan lama.

LANDASAN TEORI

Baterai sebagai sumber arus listrik searah (DC) dapat dikelompokkan menjadi dua macam, yaitu baterai elemen kering dan elemen basah. Baterai dapat disebut juga dengan istilah *accu* atau *accumulator* yang berarti menghimpun. Baterai adalah suatu peralatan yang dapat menghasilkan energi listrik dengan melalui proses kimia. Baterai mempunyai 2 elektroda yaitu elektroda positif dan elektroda negatif. Suatu beban apabila terhubung dengan elektroda-elektroda baterai, maka akan timbul reaksi elektro kimia dan terjadilah aliran arus listrik dari kutub positif menuju negatif.

Panel surya adalah alat yang terdiri dari sel surya yang mengubah cahaya menjadi listrik. Mereka disebut surya atau matahari atau "*solar*" karena matahari merupakan sumber cahaya terkuat yang dapat dimanfaatkan. Panel surya sering kali disebut sel *photovoltaic*, *photovoltaic* dapat diartikan sebagai "cahaya listrik". Sel surya bergantung pada efek *photovoltaic* untuk menyerap energi.

Sebuah semikonduktor adalah sebuah elemen dengan kemampuan listrik diantara sebuah konduktor dan isolator. (Albert Paul Malvino, 2003: 35). Sel surya adalah suatu perangkat yang memiliki kemampuan mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik dengan mengikuti prinsip *photovoltaic*, adanya energi dari cahaya (foton) pada panjang gelombang tertentu akan mengeksitasi Alexandre Edmond Bacquerel (Belgia) pada 1839. Efek ini dapat timbul terutama pada semikonduktor listrik yang memiliki konduktivitas menengah dikarenakan sifat elektron di dalam material yang terpisah dalam pita-pita energi tertentu yang disebut pita konduksi dan pita valensi.

Kedua pita energi tersebut berturut-turut dari yang berenergi lebih rendah adalah pita valensi dan pita konduksi, sedangkan keadaan tanpa elektron disebut dengan celah pita. Celah pita ini besarnya berbeda-beda untuk setiap material semikonduktor, tapi disyaratkan tidak melebihi 3 atau 4 eV ($1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19}$)

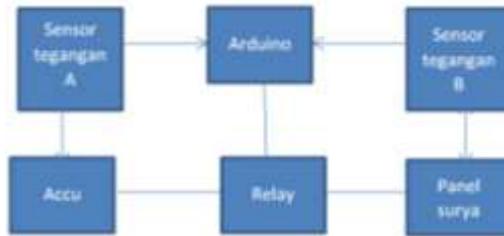
Berdasarkan teori Maxwell tentang radiasi elektromagnetik, cahaya dapat dianggap sebagai spektrum gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang yang berbeda. Pendekatan yang berbeda dijabarkan oleh Einstein bahwa efek *photovoltaic* mengindikasikan cahaya merupakan partikel diskrit atau *quanta* energi. Dualitas cahaya sebagai partikel dan gelombang dirumuskan dengan persamaan:

$$E = \frac{hc}{\lambda} \quad (1)$$

METODE PENELITIAN

Desain dan Pembuatan Alat

Peralatan dirancang berdasarkan desain dari diagram blok yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Blok Diagram Perancangan Alat

Sensor tegangan A membaca tegangan yang berada di baterai dan sensor tegangan B mengukur tegangan panel surya. Tegangan akan dibandingkan oleh arduino. Pada saat tegangan baterai lebih besar maka arduino akan memerintahkan relay untuk membuka. Sedangkan saat tegangan panel surya lebih tinggi maka arduino akan memerintahkan relay untuk menutup.

Relay akan bekerja saat diberi triger oleh Arduino. Relay bekerja berdasarkan prinsip koil yang dialiri arus sehingga timbul medan magnet. Saat medan magnet terbentuk maka saklar akan bergeser. Relay akan kembali ke posisi awal saat koil tidak dialiri arus.

Pengujian dilakukan, antara lain, menguji sensor tegangan pada kondisi tegangan yang bervariasi dan pengujian peralatan secara keseluruhan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

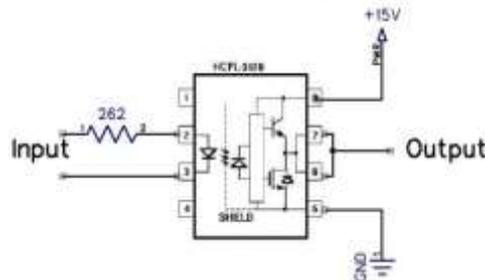
Pada penelitian tugas akhir ini telah dihasilkan perangkat keras *buck converter* yang digunakan untuk proses *charging* baterai *lead acid* 12 volt 7 Ah dengan menggunakan sumber pembangkit listrik tenaga surya. Perangkat yang dihasilkan terdiri dari beberapa subsistem diantaranya rangkaian kontrol sinyal PWM, rangkaian penguat sinyal (*gate driver*), sensor tegangan dan arus, data logger dan rangkaian *buck converter*. Hasil perancangan subsistem perangkat keras dijelaskan sebagai berikut:

Rangkaian Kontrol Sinyal PWM (Pulse Width Modulation)

Rangkaian kontrol sinyal PWM merupakan rangkaian yang digunakan untuk mengontrol variasi nilai *duty cycle* yang digunakan sebagai sinyal pensaklaran pada perangkat keras *buck converter*. Sinyal PWM dihasilkan oleh pin digital mikrokontroler yang telah diberikan perintah program menggunakan perangkat lunak *Arduino Integrated Development Environment (IDE)*.

Rangkaian Penguat Sinyal (Gate Driver)

Rancang bangun *buck converter* pada penelitian ini menggunakan saklar daya berupa mosfet tipe IRFP460. Mosfet tersebut dapat beroperasi apabila diberikan tegangan *cut off* sebesar 15 volt. Sementara sinyal keluaran dari mikrokontroler hanya sebesar 5 volt, sehingga diperlukan rangkaian penguat sinyal (*gate driver*). Rangkaian ini dirancang menggunakan IC HCPL3120. Rancangan *gate driver* dapat dilihat pada gambar 2 berikut:



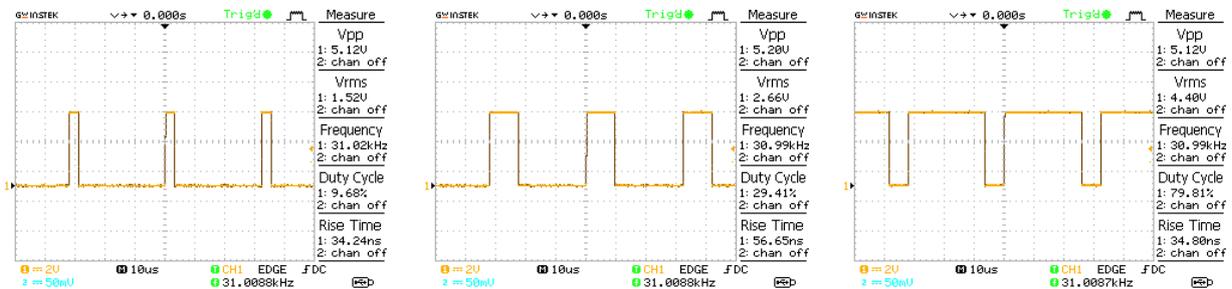
Gambar 2 Rangkaian *gate driver*

Sensor Tegangan dan Sensor Arus

Sensor tegangan pada penelitian ini berfungsi untuk membaca nilai tegangan yang disuplai dari panel surya dan tegangan yang dihasilkan oleh perangkat keras *buck converter*. Sedangkan sensor arus berfungsi untuk membaca nilai arus yang disuplai oleh panel surya dan nilai arus yang keluar dari *buck converter* dan mengalir ke baterai. Sensor yang digunakan untuk membaca nilai tegangan dan nilai arus adalah sensor MAX471.

Hasil Pengujian Rangkaian PWM (Pulse Width Modulation)

Pengujian rangkaian kontrol PWM dilakukan dengan memvariasikan besarnya nilai *duty cycle* pada sinyal PWM tersebut. Untuk mendapatkan sinyal PWM, maka terlebih dahulu dilakukan pemrograman pada perangkat lunak Arduino IDE kemudian memasukkan program tersebut kedalam *board* mikrokontroler arduino. Pengujian rangkaian PWM ini dilakukan pada *duty cycle* 10%, 30%, 80%. Hasil pengujian rangkaian kontrol PWM ditunjukkan pada gambar 3 berikut:



Gambar 3. (a) *duty cycle* sebesar 10% (b) *duty cycle* sebesar 30%(c) *duty cycle* 80%

Hasil Pengujian Sensor Tegangan dan Sensor Arus

Pengujian sensor dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran menggunakan alat ukur dengan hasil pengukuran menggunakan sensor. Pengujian ini dilakukan secara bergantian yaitu pengujian sensor tegangan, dan kemudian dilanjutkan dengan pengujian sensor arus. Pengujian Sensor Tegangan Pengujian sensor tegangan dilakukan dengan memberikan variasi pada sumber tegangan, kemudian diukur nilainya dengan menggunakan sensor tegangan dan alat ukur berupa voltmeter. Data hasil dari kedua pengukuran akan dihitung simpang errornya. Berikut adalah hasil pengujian dari sensor tegangan:

Tabel 1. Hasil pengujian sensor tegangan

Sumber Tegangan (Volt)	Tegangan Terukur Sensor (Volt)	Tegangan Terukur Voltmeter (Volt)	Error (%)
8,00	8,00	8,00	0
12,00	12,00	12,00	0
16,00	16,03	16,00	0,19
20,00	20,01	20,00	0,05
24,00	24,03	24,00	0,13
Rata-rata error			0,07

Tabel 2. Hasil pengujian sensor arus

Sumber Arus (Ampere)	Arus Terukur Sensor (Ampere)	Arus Terukur Amperemeter (Ampere)	Error (%)
0,5	0,50	0,5	0,00
0,6	0,58	0,6	3,33
0,8	0,78	0,8	2,50
1,0	0,97	1,0	3,00
1,3	1,25	1,3	3,85
Rata-rata error			1,81

Tabel 3. Pengujian *buck converter* dengan beban 20 ohm

Duty cycle (%)	Vin (Volt)	Vout Perhitungan (Volt)	Vout Pengukuran (Volt)
10	15,1	1,51	1,8
20	15,1	3,02	3,7
30	15,1	4,53	5,5
40	15,1	6,04	7,1
50	15,1	7,55	8,4
60	15,1	9,06	9,4
70	15,1	10,57	10,2
80	15,1	12,08	11,7
90	15,1	13,59	13,5



Gambar 4. Perbandingan nilai tegangan saat beban 20 ohm

Tabel 4. Pengujian *buck converter* dengan beban 80 ohm

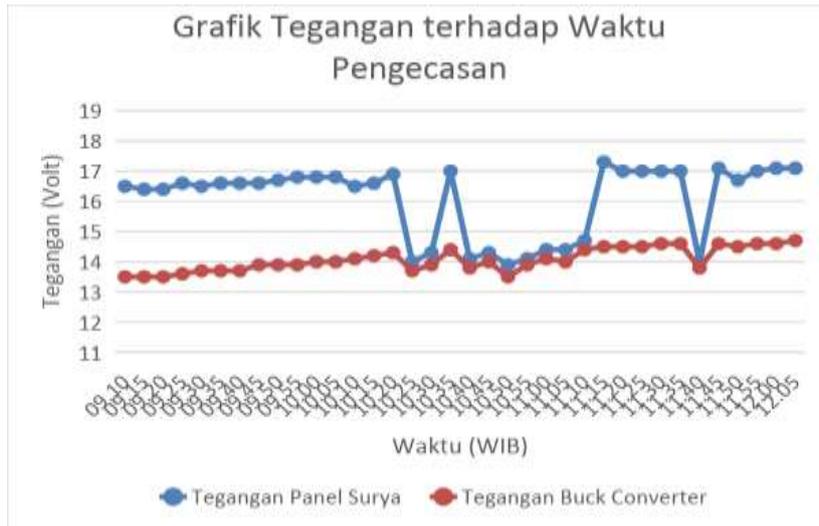
Duty cycle (%)	Vin (Volt)	Vout Perhitungan (Volt)	Vout Pengukuran (Volt)
10	15,1	1,51	3,1
20	15,1	3,02	4,4
30	15,1	4,53	5,7
40	15,1	6,04	7,2
50	15,1	7,55	8,8
60	15,1	9,06	10,4
70	15,1	10,57	11,9
80	15,1	12,08	13,6
90	15,1	13,59	14,8



Gambar 5. Perbandingan nilai tegangan saat beban 80 ohm

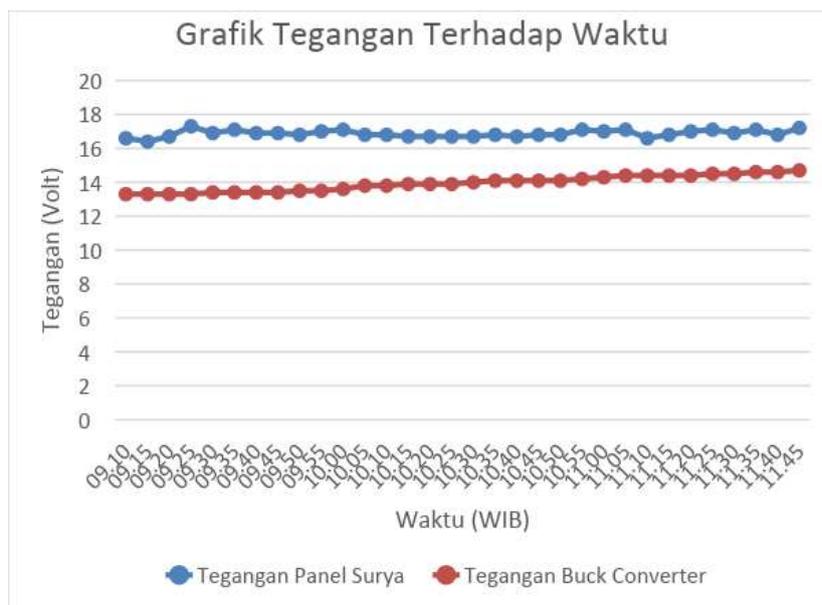
Pengujian *Charging Terhadap Waktu Yang Pertama*

Pada pengujian ini dilakukan pembatasan arus charging ke baterai agar tidak melebihi 2 Ampere agar sesuai dengan spesifikasi baterai yang digunakan yaitu arus charging maksimalnya sebesar 2 Ampere. Pembatasan arus ini juga dilakukan untuk mengamankan kondisi baterai agar tidak cepat rusak, karena jika dipaksakan dengan *supply* arus cukup besar dapat merusak baterai



Gambar 6. Grafik Tegangan Terhadap Waktu Pengecasan

Dengan tegangan dan arus pengecasan seperti ini maka sudah dikatakan bahwa proses pengecasan ini adalah proses pengecasan yang *smooth charging*, karena sudah sesuai dengan spesifikasi baterai yang digunakan yaitu dengan arus charging maksimum baterai yang tidak melebihi 2 Ampere dan tegangan baterai yang tidak melebihi batas maksimum yaitu sebesar 14,7 Volt.



Gambar 7. Grafik Tegangan Terhadap Waktu

KESIMPULAN

Simpulan yang didapatkan pada penelitian ini ialah sebagai berikut:

1. Besarnya nilai tegangan keluaran buck converter dipengaruhi oleh besarnya nilai *duty cycle* serta besarnya beban yang terhubung pada rangkaian.
2. Penggunaan *buck converter* dengan nilai *duty cycle* yang berubah secara otomatis dapat mempertahankan tegangan beban antara 11,45 volt sampai 12,20 volt akan tetapi waktu *charging* baterai menjadi lebih cepat yaitu selama 7 jam 45 menit

DAFTAR PUSTAKA

- Kalmin, A. (2012) Simulasi dan Berifikasi Modul Surya Terhubung dengan Boost Converter pada Jaringan Listrik Mikro Arus Searah dengan Menggunakan Matlab Simulink. Skripsi. Universitas Indonesia.
- Ambar, M. M. (2015). Rancang Bangun Interleaved Boost Converter Berbasis Arduino. *Skripsi*. Universitas Lampung.



- Fathurachman, A., Najmurokhman, A., Kusnandar (2014) Perancangan Boost Converter Untuk Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya. *Skripsi*, Universitas Jendral Achmad Yani.
- Rahim, M.A., Mordin, B.M. (2013) Interleaved DC – DC Boost Converter With Small Input Voltage *Declaration of Thesis / Undergraduate Project Paper and Copyright*, Malaysia.
- Kiehne, H.A. (2003). *Battery Technology Handbook (2nd Edition)*. New York: Marcell Decker, Inc.
- Crompton, T.R. 2000. *Battery Reference Book (3rd Edition)*. Oxford: Newnes.
- Pletcher, D., Wals, F.C., Wills, R.G.A. (2009) Secondary Batteries Lead Acid System/Flow Batteries. *Encyclopedia of Elechemical Power Source* 745-749.
- Thounhong P., Davat, B. (2010) Study Of A Multiphase Interleaved Step-Up Converter For Fuel Cell High Power Applications. *Energy Conversion and Management*, 51, 826-862.