

RANCANG BANGUN SOLAR CHARGE CONTROLLER MENGUNAKAN SYNCHRONOUS NON-INVERTING BUCK-BOOST CONVERTER PADA PANEL SURYA 50 WATT PEAK (WP) BERBASIS ARDUINO NANO V3.0

Irfan Mahrubi¹, Jusuf Bintoro² dan Wisnu Djatmiko³

^{1,2,3} Prodi Pendidikan Teknik Elektronika Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta
Email: ¹mahrubiirfan@gmail.com, ²wisnu.djatkiko@gmail.com, ³j_bintoro_2012@yahoo.com

Abstrak— Penelitian ini bertujuan untuk merancang bangun rangkaian synchronous non-inverting buck-boost converter (SNIBBC) untuk solar charge controller guna melakukan manajemen pengisian baterai dan manajemen beban dengan menggunakan Arduino Nano V3.0 ATmega 328. Rancang bangun rangkaian synchronous non-inverting buck-boost converter (SNIBBC) menggunakan empat mosfet yang bekerja secara saling sinkron dengan dikontrol oleh pulsa PWM dari Timer1 arduino nano V3.0 ATmega 328 dengan frekuensi 10KHz menggunakan ic driver mosfet IR2104. Proses pengisian baterai oleh solar charge controller menggunakan tiga tahap pengisian yaitu bulk charge, absorption charge, dan float charge. Hasil pengujian menunjukkan bahwa rangkaian SNIBBC dapat mengisi baterai lead-acid 12V 5Ah dengan tegangan berusaha dijaga mendekati 15V dengan rata-rata tegangan kelaran 14.97V. Pengujian solar charge controller dengan rangkaian inti SNIBBC dan dengan tiga tahap pengisian telah dapat mengisi baterai lead-acid 12V 5Ah dalam waktu 8 jam. Baterai yang digunakan dapat bertahan dengan dibebankan oleh beban inverter dan lampu ac LED 5watt dengan total daya yang diserap beban dan inverter 9.36watt selama 6 jam penggunaan. Solar charge controller yang telah dibuat dapat mengontrol penyambungan dan pemutusan hubungan antara baterai dengan beban berupa inverter dan beban ac dengan bantuan rangkaian saklar elektronik dengan relay.

Kata Kunci: Synchronous Non-Inverting Buck-Boost Converter, Solar Charge Controller, Panel Surya, Arduino Nano V3.0

Abstract— This reseach aims to design a synchronous non-inverting buck-boost converter (SNIBBC) for solar charge controller to perform battery charging and load management using Arduino Nano V3.0 ATmega 328. The synchronous non-inverting buck-boost converter (SNIBBC) uses four mosfets that work in sync with each other controlled by PWM pulses from Timer1 arduino nano V3.0 ATmega 328 with a frequency of 10KHz using the IR2104 mosfet driver ic. The process of charging the battery by solar charge controller using three stages of charging the bulk charge, absorption charge, and float charge. The test results show that the circuit of SNIBBC can charge the lead-acid 12V 5Ah battery with the tried voltage closer to 15V with an average voltage of 14.97V. The solar charge controller test with the SNIBBC core circuit and with three charging stages has been able to charge the 5V 5Ah lead-acid battery within 8 hours. The batteries used can withstand the charged by the inverter load and the 5watt LED ac lamp with total loaded power and 9.36watt inverters for 6 hours of use. Solar charge controller that has been made can control the connection and disconnection between the battery with the load of inverter and ac load with the help of electronic switch circuit with relay.

Keywords : Synchronous Non-Inverting Buck-Boost Converter, Solar Charge Controller, Solar Panel, Arduino Nano V3.0

I. PENDAHULUAN

Pemanfaatan energi non fosil menjadi topik yang sedang hangat dibicarakan dan dikembangkan baik di Indonesia maupun di negara-negara lain. Matahari menjadi salah satu sumber energi yang mampu menjadi sumber energi terbarukan untuk menghasilkan listrik.

Setelah pulih dari krisis moneter pada tahun 1998, Indonesia mengalami lonjakan hebat dalam konsumsi energi. Dengan keadaan yang seperti ini, diperkirakan

kebutuhan listrik indonesia akan terus bertambah sebesar 4.6% setiap tahunnya, hingga diperkirakan mencapai tiga kali lipat pada tahun 2030 (Sutrisna dan Rahardjo, 2016).

Di dalam Kongres Ilmu Pengetahuan Nasional (Kipnas) IX tahun 2007 masalah Energi, air bersih dan pangan merupakan hal yang sangat mendesak untuk dijaga kesinambungannya terkait dengan masalah kemakmuran suatu bangsa. Pada aplikasinya

pemanfaatan energi surya terbentur pada masalah klasik yaitu besarnya biaya yang diperlukan (Syamsu, 2013: 24).

Energi yang dikeluarkan oleh sinar matahari sebenarnya hanya diterima oleh permukaan bumi sebesar 69% dari total energi pancaran matahari. Pada tengah hari yang cerah radiasi sinar matahari mampu mencapai 1000 Watt/m². Masalah utama penggunaan energi surya untuk PLTS adalah ketersediannya. Energi matahari hanya tersedia di siang hari (Sutrisna dan Rahardjo, 2016).

Tegangan yang dapat dihasilkan dari sel surya silikon individu bervariasi antara 0.5 V sampai 0.6 V. Tegangan keluaran sel surya hanya bergantung sedikit pada intensitas cahaya matahari, tetapi arus meningkat dengan intensitas radiasi cahaya matahari (Floyd, 2012: 26).

II. METODOLOGI PENELITIAN

Berdasarkan diagram alir penelitian seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1 tahap pertama yang dilakukan dalam penelitian adalah pencarian literature yang dilakukan guna mencari teori-teori yang berkaitan dengan topic penelitian untuk dipelajari. Tahap kedua adalah pembuatan rangkaian *solar charge controller* dengan SNIBBC pada tahap ini rangkaian SNIBBC yang sudah dibuat diuji untuk mengetahui apakah rangkaian sudah dapat digunakan untuk menaikkan atau menurunkan tegangan atau belum, jika sudah maka akan lanjut ke tahap berikutnya dan jika belum maka akan dilakukan pengecekan ulang pada tahap ini. Tahap ketiga adalah pembuatan program pada arduino IDE, jika program pada tahap ini sudah berjalan dengan baik maka akan lanjut ke tahap berikutnya, dan jika tidak maka akan dilakukan pengecekan ulang pada tahap ini. Tahap keempat adalah perakitan sistem, perakitan sistem terkait instalasi panel, baterai, inverter, dan relay serta LCD semuanya dihubungkan sehingga menjadi sebuah sistem. Tahap kelima adalah uji kerja sistem, pada tahap ini sistem yang sudah saling terhubung diuji dan kemudian berlanjut ke tahap keenam yaitu analisa, setelah hasil kerja sistem dianalisa berlanjut ke tahap ketujuh yaitu kesimpulan dan penelitian selesai.

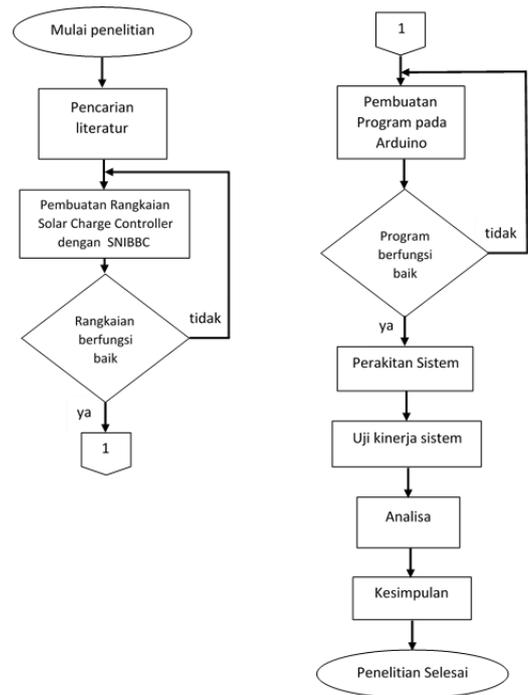
A. Perancangan Synchronous Non-Inverting Buck-Boost Converter (SNIBBC)

Dalam penelitian ini rangkaian *synchronous non-inverting buck-boost converter* yang dibuat berdasarkan spesifikasi yang ada pada Tabel 1.

Perhitungan nilai duty cycle (D) dilakukan untuk dua kondisi, yaitu pada kondisi ketika tegangan masukan minimal dan ketika tegangan masukan maksimal, perhitungan menggunakan (Pers. 3.2) dan (Pers. 3.3)

$$D_{max} = \frac{V_o}{V_o + V_{imin}} = \frac{15}{15 + 5} = 0,750$$

$$D_{min} = \frac{V_o}{V_o + V_{imax}} = \frac{15}{15 + 30} = 0,333$$



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

TABEL 1
SPESIFIKASI RANCANGAN SYNCHRONOUS NON-INVERTING BUCK-BOOST CONVERTER

Parameter	Nilai	
V_o	15V	
V_i	min	maks
	5V	30V
I_{Omax}	4A	
$F_{switching}$	10KHz	

Perhitungan nilai induktor (L) dilakukan pada saat tegangan masukan maksimal dengan asumsi ripple arus pada induktor ΔI_o sebesar 8.2% dari arus keluaran maksimal 4A atau sebesar 0.33A, perhitungan menggunakan (Pers. 3.4) dilakukan untuk menentukan besar induktansi minimal induktor.

$$L = \frac{V_{Imax} D_{min}}{f \Delta I_o} = \frac{30 \times 0,333}{10000 \times 0,33} = 3mH$$

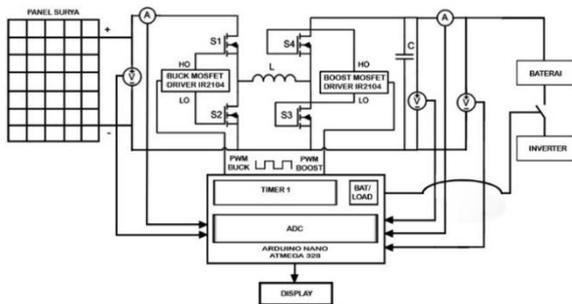
Perhitungan nilai kapasitor (C) dilakukan pada saat nilai arus keluaran maksimal dengan asumsi ripple tegangan pada kapasitor ΔV_o sebesar 0.37% dari tegangan keluaran 15V atau sebesar 0.055V, perhitungan menggunakan (Pers. 3.5) dilakukan untuk menentukan besar kapasitansi minimal kapasitor.

$$C = \frac{I_{Omax} D_{max}}{f \Delta V_o} = \frac{4 \times 0,937}{10000 \times 0,055} = 6.8mF$$

Sehingga dipilih kapasitor 6800uF dengan tegangan maksimum kapasitor 50 V.

B. Rancangan Solar Charge Controller Menggunakan *Synchronous Non-Inverting Buck-Boost Converter*

Guna mengontrol empat mosfet yang saling sinkron pada Gambar 2 maka digunakan IC driver mosfet IR2104. IC IR2104 adalah driver mosfet yang mengontrol dua mosfet yang tersusun secara high-side dan low-side secara sinkron.



Gambar 2. Rancangan Solar Charge Controller Menggunakan *Synchronous Non-Inverting Buck-boost Converter*

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisa Data Penelitian

1) Pengecekan Pulsa PWM 10KHz Yang Dibuat Dengan Program Arduino

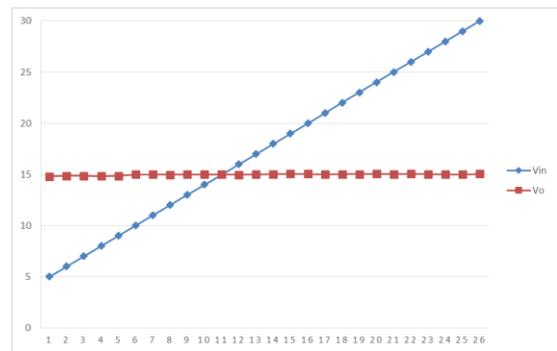
Pengecekan dilakukan pada kedua pin dari Timer1 yaitu pin 9 dan 10. Hasil pengecekan sinyal PWM ditunjukkan pada Gambar 3 Pin 9 untuk PWM buck yang mengontrol driver mosfet buck dan pin 10 untuk PWM boost yang mengontrol driver mosfet boost.



Gambar 3. Pulsa PWM dari pin 9 dan 10 dengan frekuensi 10KHz

2) Pengujian SNIBBC Untuk Melakukan Pengisian Baterai

Pengujian dilakukan ketika tegangan baterai berada pada 2.0V per-cell atau ketika tegangan baterai 12V dengan tegangan masukan dari power suplai mulai dari 5V – 30V. Hasil pengujian ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik Pengujian Pengisian Baterai Dengan Tegangan Masukan 5 – 30V Pada Beban Baterai Lead-Acid 12V/5AH Dengan Tagangan Pengisian Dijaga Pada 15V

3) Pengujian Penonaktifan MOSFET Ketika Rangkaian Mendapat Tegangan Masukan Kurang Dari 5 V

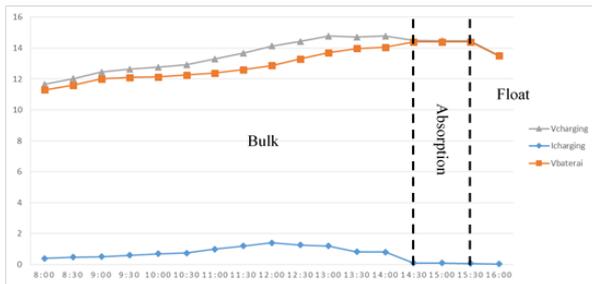
Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah rangkaian yang telah dibuat sudah dapat dikontrol menggunakan arduino guna menonaktifkan rangkaian SNIBBC dengan mengirimkan logika LOW dari pin digital 11 dan 12 arduino nano yang terhubung dengan kaki 3 dari kedua IC driver mosfet IR2104 yang berfungsi untuk menonaktifkan IC IR2104 sehingga mosfet tidak bekerja atau dalam keadaan off.

4) Pengujian Pengaktifan Mosfet Ketika Rangkaian Mendapat Tegangan Masukan Lebih Dari 5 V

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah rangkaian yang telah dibuat sudah dapat dikontrol menggunakan arduino guna mengaktifkan rangkaian SNIBBC dengan mengirimkan logika HIGH dari pin digital 11 dan 12 arduino nano yang terhubung dengan kaki 3 dari kedua IC driver mosfet IR2104 yang berfungsi untuk mengaktifkan IC IR2104 sehingga mosfet bekerja.

5) Pengujian Solar Charge Controller Dengan Beban Baterai Lead-Acid 12V/5Ah

Pengujian dilakukan dengan mengamati proses pengisian baterai mulai dari tahap pertama pengisian atau *bulk charge*. Tahap ini akan berlangsung sampai tegangan baterai per-cell menjadi 2.4V atau sampai tegangan baterai 14.4V. Tahap kedua atau tahap *absorption charge* dengan tegangan pengisian baterai dijaga pada 14.4V selama satu jam. Tahap ketiga dengan *float charge*, dimana tegangan pengisian dijaga 13.5V untuk menjaga baterai dari overcharging, menjaga baterai tetap dalam keadaan standby sampai digunakan kembali. Hasil dari pengujian ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Pengisian baterai dengan tiga tahap pengisian

6) Pengujian Saklar SA Dengan Relay Untuk Memutus Dan Menghubungkan Beban Inverter Dengan Baterai

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah rangkaian yang telah dibuat sudah dapat dikontrol menggunakan arduino guna menghubungkan antara baterai dengan beban (inverter) dan atau memutuskan hubungan antara baterai dengan beban. Dengan mengirim logika high pada bagian driver relay yang terhubung dengan pin digital 8 arduino nano.

7) Pengujian Lama Waktu Baterai Untuk Mensuplai Beban

Berdasarkan spesifikasi baterai ketika penuh adalah 5Ah dengan tegangan 12V, maka daya yang dapat disalurkan baterai dalam satu jam adalah 60watt/jam. Arus yang mengalir dari baterai ke baban inverter dan lampu LED 5 watt adalah 0.78A, maka daya yang diserap oleh inverter dan lampu LED adalah 12V x 0.78A atau sama dengan 9.36Watt .

Berdasarkan perhitungan maka baterai akan habis dalam enam jam lebih empat puluh satu menit.

$$\frac{60\text{watt}}{9.36\text{watt}} \times 1\text{jam} = 6.41\text{jam}$$

Berdasarkan pengamatan, sistem telah memutuskan hubungan antara baterai dengan inverter dan lampu ketika tegangan baterai telah turun pada 11. Baterai telah mensuplai selama 6 jam.

IV. KESIMPULAN

Pembuatan rangkaian *Synchronous Non-Inverting Buck-Boost Converter* (SNIBBC) untuk *solar charge controller* menggunakan 4 mosfet yang bekerja saling sinkron dengan bantuan IC driver mosfet yang dikontrol dengan dua buah sinya PWM dari arduino nano pada Timer1 ATmega 328 yang ada pada pin 9 dan 10 arduino nano guna menaikkan dan atau menurunkan tegangan masukan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa rangkaian SNIBBC dapat mengisi baterai lead-acid 12V 5Ah dengan tegangan berusaha dijaga mendekati 15V dengan rata-rata tegangan kelaran 14.97V. Pengujian *solar charge controller* dengan rangkaian inti SNIBBC dan dengan tiga tahap

pengisian telah dapat mengisi baterai lead-acid 12V 5Ah dalam waktu 8 jam. Baterai yang digunakan dapat bertahan dengan dibebankan oleh beban inverter dan lampu ac LED 5watt dengan total daya yang diserap beban dan inverter 9.36watt selama 6 jam penggunaan. *Solar charge controller* yang telah dibuat dapat mengontrol penyambungan dan pemutusan hubungan antara baterai dengan beban berupa inverter dan beban ac dengan bantuan rangkaian saklar elektronik dengan relay.

REFERENSI

- [1] Arduino.cc. [terhubung berkala]. [12 januari 2016].
- [2] Chargertek,inc. (2015). Battery Charger Basics. [terhubung berkala] <http://www.chargertek.com/basic-information.html>. [15 Okt 2016].
- [3] Fakultas Teknik. (2015). *Buku Panduan dan Penyusunan skripsi dan Non Skripsi*. Jakarta: Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.
- [4] Floyd, Thomas L. (2012). *Electronic Devices (Electron Flow Version)*. New Jersey: Prentice Hall.
- [5]Gautam, Aditya Raw., Deshpande, D.M., Suresh, Arisutha., & Mittal, Arvind. (2013). *A Double Input DC to DC Buck-Boost Converter for Low Voltage Fotovoltaic/Wind Systems*. International Journal of ChemTech Reseach, 5: 1018-1020.
- [6] Harsokoesome, H. Darmawan. (2000). *Pengantar Perancangan Teknik*. Bandung : Institut Teknologi Bandung.
- [7] Hart, Daniel W. (2011). *Power Electronics*. New York : McGraw-Hill
- [8] *Indonesia Alami Lonjakan Dalam Konsumsi Energi* www.alpensteel.com/article/114-101-energi-terbarukan-renewable-energy/2966
- [9] Kazimierczuk, Marian K. (2015). *Pulse-Width Modulated DC-DC Power Converter*. USA : John Wiley & Sons, Inc
- [10] Khakam, Maula Nurul. (2013). *Desain dan Implementasi Sistem Manajemen Pengisian Baterai dan Beban pada Pembangkit Listrik Mandiri Menggunakan Synchronous Non-Inverting Buck-Boost DC-DC Converter*. Surabaya : ITS
- [11] LabVolt. (2010). *DC Power Electronics*.
- [12] LabVolt. (2010). *Lead-Acid Batteries*.
- [13] Qazi, Salahuddin. (2017). *Standalone Photovoltaik (PV)Systems for disaster relief and remote Areas*. United State : Elsevier
- [14] Rashid, Muhammad H. *Power Electronics Circuits, Device and Applications*. New Jersey : Prentice Hall
- [15] Rashid, Muhammad H. (2015). *Alternative energy in Power Electronics*. USA : Elsevier
- [16] Sugiono. (2014). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitaitaif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- [17] Syamsu, Iqbal. (2011). *Perancangan Battery Control Unit (BCU) Pada Modul Panel Surya 50 Watt Peak (WP)*. Pusat Penelitian Elektronika dan Komunikasi LIPI.
- [18] Tim Penyusun KBBI. (2008). *Kamus Besar Bahasa Indonesia*. Jakarta : Departement Pendidikan Nasional.