

PENGUNAAN BUCK BOOST CONVERTER PADA SISTEM BATTERY CHARGING TERKENDALI MIKROKONTROLER BERSUMBER SOLAR CELL

Dwi Ranggah Kurniawan
D3 Teknik Elektro, FTI, ITS.

Amalia Kusumaningrum
D3 Teknik Elektro, FTI, ITS.

Potensi Energi matahari di Indonesia cukup besar sebagai wilayah negara tropis. Pemanfaatan energi matahari menggunakan *solar cell* yang disimpan dalam baterai membutuhkan sebuah regulator. Umumnya *charge controller* yang digunakan merupakan jenis regulator tegangan dan proses *charging* saat akan berhenti ketika cuaca berawan sehingga tegangan luaran *solar cell* kurang dari tegangan standar pengisian baterai. Pada tugas akhir ini dibuat *battery charging* dengan metode *buck-boost converter* untuk menstabilkan tegangan luaran *solar cell*. Sistem *battery charging* menggunakan mikrokontroler sebagai pusat kendali untuk menaikkan dan menurunkan tegangan luaran *solar cell* secara otomatis. Tegangan *output* dari sistem pengendali ini dijaga sesuai standar tegangan pengisian baterai. Hasil pengujian *battery charging* mencapai efisiensi 78 % saat intensitas matahari tinggi yaitu pada pukul 10.00 sampai 14.00. Secara keseluruhan tegangan *charging* rata-rata yang terbaca sekitar 13,6 Volt dan arus *charging* yang dihasilkan rata-rata 1 Ampere. *Charging battery* 12 Volt membutuhkan waktu kurang lebih 5 jam.

Kata Kunci : *solar cell*, mikrokontroler, *Buck Boost Converter*, *Battery Charging*

I. PENDAHULUAN

Baterai merupakan sumber listrik *portable* yang dapat diisi ulang. Penggunaan listrik PLN untuk media pengisian baterai secara terus menerus akan mengakibatkan pemborosan energi listrik dari PLN. Agar tidak terjadi pemborosan energi listrik maka digunakan energi alternatif yang terbarukan. Sebagai negara beriklim tropis seperti di Indonesia banyak energi alternatif yang bisa dimanfaatkan untuk dikonversi menjadi energi listrik.

Energi matahari sangat cocok jika dikonversi ke energi listrik karena sinar matahari jumlahnya tak terbatas meskipun ada kurun waktunya. Pengkonversian energi matahari ke energi listrik membutuhkan suatu *solar cell*.

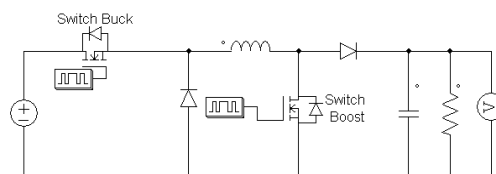
Penelitian sebelumnya telah dilakukan terkait *battery charging* bersumber *solar cell* yaitu Dani S, Rizka M, 2012, "Rancang Bangun Kontroler Baterai Charger Untuk Solar Cell"^[1] dan Aulia Rizki "Battery Charger Dengan Converter Boost"^[2]. Pada penelitian tersebut DC Converter menggunakan metode *boost converter*. Metode *boost converter* hanya mengandalkan tegangan lebih rendah untuk di regulasi ke level lebih tinggi. Hal itu tentunya akan sangat merugikan karena pada kondisi cuaca yang tidak menentu menyebabkan *output* dari *solar cell* tidak akan mencapai standar tegangan pengisian baterai. Untuk itu perlu adanya suatu metode yang dapat mengefektifkan tegangan *output solar cell* karena intensitas cahaya matahari yang berubah - ubah.

Berdasarkan permasalahan tersebut maka dalam Tugas Akhir ini dirancang sebuah *Battery Charging*

dengan metode *buck boost converter*. Metode *Buck Boost Converter* dipilih karena dapat menstabilkan tegangan luaran *solar cell* baik saat intensitas cahaya rendah, sedang atau tinggi. Tegangan *output* dari sistem *battery charging* dijaga sesuai standar tegangan pengisian baterai yaitu 13,6 volt DC.

II. LANDASAN TEORI

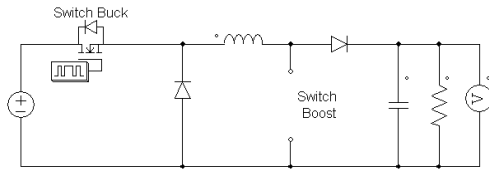
Rangkaian *Non Inverting Buck Boost* berbeda dengan rangkaian konvensional *Buck-Boost* yang menggunakan satu buah *switch* sehingga polaritas tegangan output-nya berkebalikan dengan tegangan input. Rangkaian NIBB menggunakan dua buah *switch* yaitu *mode buck* dan *mode boost* sehingga polaritas tegangan output sama dengan tegangan input.



Gambar 2.1 Rangkaian NIBB

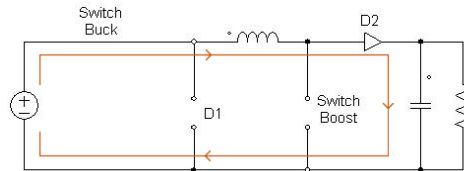
Mode Buck

Pada *mode buck*, *Switch buck* akan mendapat sinyal *switching* dari PWM1, sedangkan *Switch boost* mendapat sinyal *switching* PWM2 dengan nilai *duty-cycle* (D) = 0, sehingga *switch boost* akan *open*.



Gambar 2.2 Rangkaian NIBB mode buck

Pada mode ini analisa rangkaian terbagi menjadi dua, analisa saklar tertutup dan terbuka.



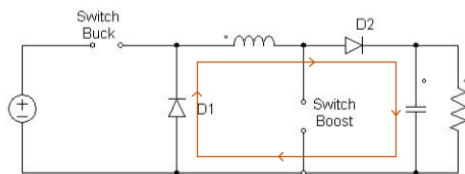
Gambar 2.3 Analisa switch tertutup

Analisa switch tertutup pada mode buck, ketika Switch buck kondisi ON (**close**) sedangkan Dioda 1 bekerja reverse-bias dan Dioda 2 bekerja forward-bias, sehingga arus akan mengisi induktor sekaligus menyuplai beban.

$$V_i = V_L + V_o$$

$$V_L = L \frac{di}{dt}$$

$$V_i = L \frac{\Delta i}{\text{ton}} + V_o$$



Gambar 2.4 Analisa switch terbuka

Analisa switch terbuka ketika Switch buck open maka Dioda 1 dan diode 2 bekerja forward-bias, arus yang tersimpan di induktor akan menyuplai beban (*discharging*).

$$V_o = -V_L$$

$$V_o = -L \frac{di}{\text{toff}}$$

Dengan persamaan nilai Vout adalah sebagai berikut:

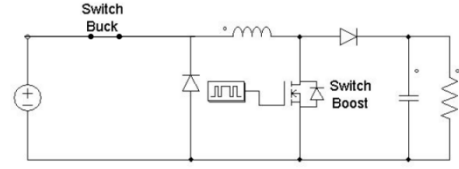
$$V_i = V_o \frac{\text{toff}}{\text{ton}} + V_o$$

$$V_i = V_o \left(\frac{\text{toff}}{\text{ton}} + 1 \right)$$

$$V_{out} = V_{in} \cdot D$$

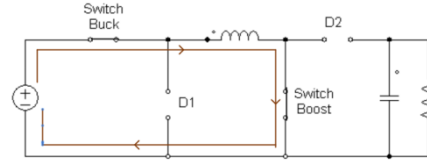
Mode Boost

Pada mode boost, Switch boost mendapat sinyal switching PWM2. Switch buck mendapat sinyal PWM1 (duty-cycle=1) dan selalu close.



Gambar 2.5 Rangkaian NIBB mode boost

Pada mode boost ini analisa rangkaian terbagi menjadi dua, analisa switch tertutup dan terbuka.



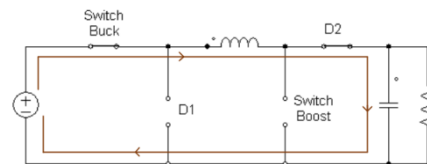
Gambar 2.6 Analisa Switch Tertutup

Analisa switch tertutup pada mode boost, ketika Switch boost pada kondisi ON (*close*), D1 dan D2 bekerja reverse-bias, sehingga arus akan mengisi induktor.

$$V_i = V_L$$

$$V_i = L \frac{di}{\text{ton}}$$

$$V_i \cdot \text{ton} = L \Delta i$$



Gambar 2.7 Analisa Switch Terbuka

Analisa switch terbuka ketika Switch boost open maka D1 bekerja reverse bias dan D2 bekerja forward-bias, arus yang tersimpan di induktor akan berkurang karena impedansi yang lebih tinggi. Berkurangnya arus pada induktor menyebabkan induktor tersebut membalik polaritasnya (lebih negatif dari sisi kiri) sehingga arus yang mengalir pada dioda dan pada beban adalah penjumlahan antara arus pada sumber dan arus pada induktor. Disaat yang bersamaan kapasitor akan melakukan penyimpanan energi dalam bentuk tegangan. Boost Converter memiliki luaran lebih tinggi dibandingkan tegangan input.

$$V_o = V_i + V_L$$

$$V_o = L \frac{\Delta i}{\text{toff}} + V_i$$

Dengan persamaan nilai Vout adalah sebagai berikut:

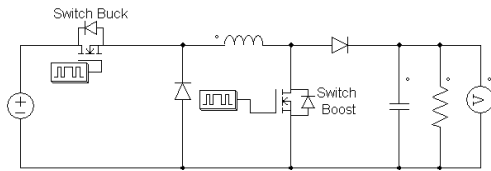
$$V_o = V_i + V_i \frac{\text{ton}}{\text{toff}}$$

$$V_o = V_i \left(1 - \frac{\text{ton}}{\text{toff}} \right)$$

$$V_o = V_i \frac{1}{(1 - D)}$$

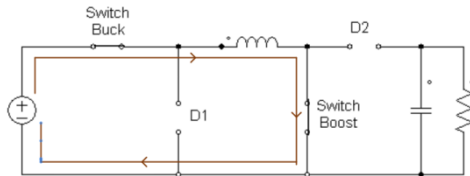
Mode Buck-Boost

Pada mode buck-boost switch buck dan switch boost mendapat sinyal switching PWM1 dan PWM2.



Gambar 2.8 Rangkaian NIBB

Prinsip kerja rangkaian mode *buck-boost* ini dibagi menjadi dua yaitu: analisa switch tertutup dan switch terbuka.



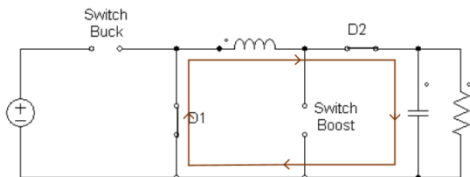
Gambar 2.9 Analisa switch tertutup

Gambar 2.9 menunjukkan rangkaian *buck-boost* dengan analisa switch tertutup dimana switch *buck* dan Switch *boost* ON (*closed*). Hal ini menyebabkan dioda 1 dan dioda 2 bekerja *reverse-bias* sehingga arus akan mengisi induktor L (*charging*) dan arus induktor (I_L) naik sampai arus maksimum dari induktor. Dengan rumus penurunan pada analisa switch tertutup adalah sebagai berikut:

$$V_{in} = V_L$$

$$V_{in} = L \times (di/dt)$$

$$V_{in} = L \times (di/Ton)$$



Gambar 2.10 Analisa switch terbuka

Gambar 2.10 menunjukkan rangkaian *buck-boost* dengan analisa switch terbuka dimana switch *buck* dan switch *boost* OFF (*open*). Sehingga kedua dioda bekerja *forward-bias* dan arus yang tersimpan pada induktor L akan menyuplai ke beban (*discharging*). Dengan rumus penurunan pada saat mode saklar terbuka adalah sebagai berikut:

$$V_{out} = V_L$$

$$V_{out} = L \times (di/dt)$$

$$V_{out} = L \times (di/Toff)$$

$$L di = V_{out} \cdot T_{off}$$

Ketika mode saklar tertutup dan terbuka disubstitusikan, maka akan diperoleh persamaan tegangan output rangkaian *buck-boost* converter sebagai berikut:

$$V_{in} = (V_o \cdot T_{off}) / T_{on}$$

$$T_{on} = D \cdot T$$

$$T_{off} = (1-D) \cdot T$$

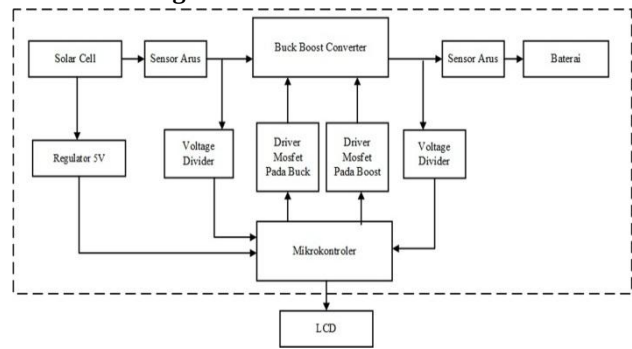
$$V_{in} = (V_o \cdot (1-D) \cdot T) / (D \cdot T)$$

$$V_{in} = (V_o \cdot (1-D)) / D$$

$$V_{out} = (V_{in} \cdot D) / (1-D)$$

III. PERANCANGAN SISTEM

A. Blok Diagram



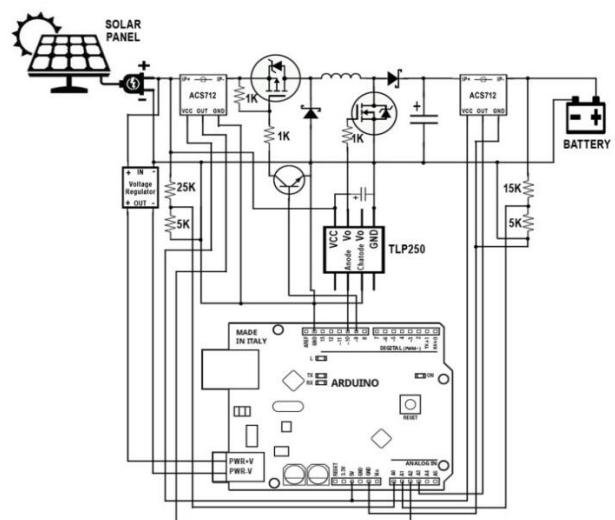
Gambar 3.1 Blok Diagram Sistem Battery Charging

Sistem *battery charging* menggunakan *solar cell* sebagai sumber energi listrik. Tegangan luaran *solar cell* dikontrol agar stabil di 13,6 volt sebagai standart pengisian baterai.

Pusat pengendali *battery charging* menggunakan Mikrokontroler. Mikrokontroler menghasilkan PWM untuk mengatur switch mosfet pada *buck boost converter*. Terdapat dua mosfet pada *buck boost converter*, yaitu mosfet untuk *buck* dan mosfet untuk *boost*. Ketika tegangan luaran *solar cell* dibawah 13,6 volt, maka mosfet mode *buck* selalu on dan mosfet mode *boost* switching. Sebaliknya ketika tegangan luaran *solar cell* diatas 13,6 volt, maka mosfet mode *buck* switching dan mosfet mode *boost* off.

Voltage divider mengirimkan sinyal ke mikrokontroler untuk mengubah *duty cycle* PWM secara otomatis. Sensor arus mengirim sinyal ke mikrokontroler untuk menunjukkan arus yang mengalir pada sumber dan luaran *buck boost converter*. Tegangan luaran yang telah stabil sebesar 13,6 volt digunakan untuk mengisi baterai

B. Rancangan Keseluruhan Sistem Battery Charging



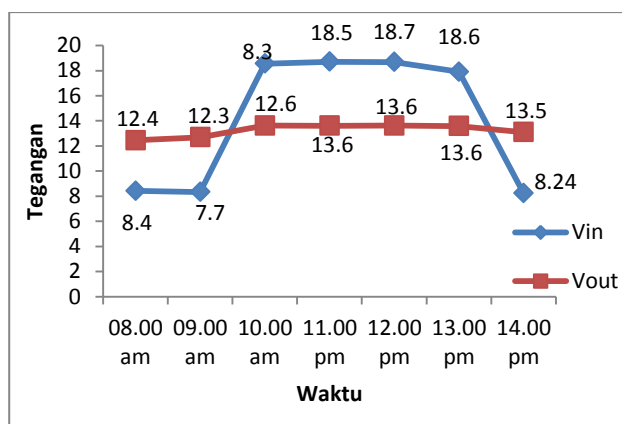
Gambar 3.2 Rancangan Keseluruhan Sistem Battery Charging

Gambar keseluruhan rangkaian sistem *battery charging* dengan data:

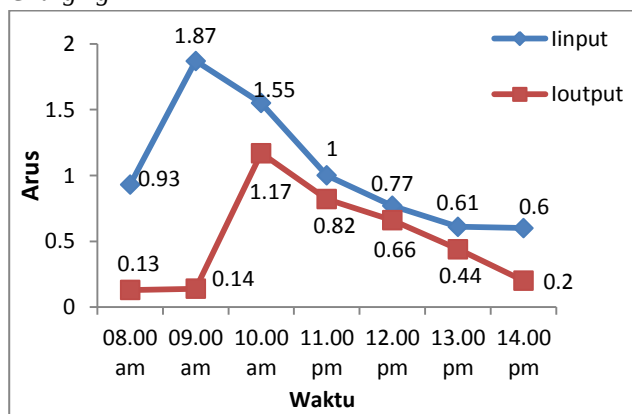
- Sumber Tegangan (*Solar cell*) = 0 – 21 Volt
- Mikrokontroler Atmega 328
- Induktor (L) = 560 mikroHenry
- Capacitor (C) = 470 mikroFarad 100 Volt
- DriverMosfet yang digunakan adalah Transistor C829 dan TLP 250
- Mosfet IRF4905 dan IRF 9640
- Sensor Arus ACS712
- R BEBAN = 12 Ω 20 Watt

IV. HASIL DAN ANALISA

Hasil Pengujian keseluruhan bertujuan untuk mengetahui performa sistem sebagai pengisi baterai 12 Volt. Pengujian keseluruhan menggunakan sumber dari *solar cell*, luarannya distabilkan oleh *buck boost converter* dan digunakan untuk mengisi baterai.



Gambar 4.1 Grafik *Vinput* dan *Voutput* Battery Charging I

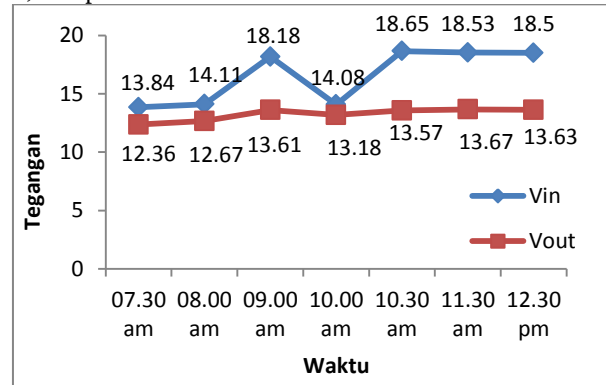


Gambar 4.2 Grafik *I input* dan *I output* Battery Charging I

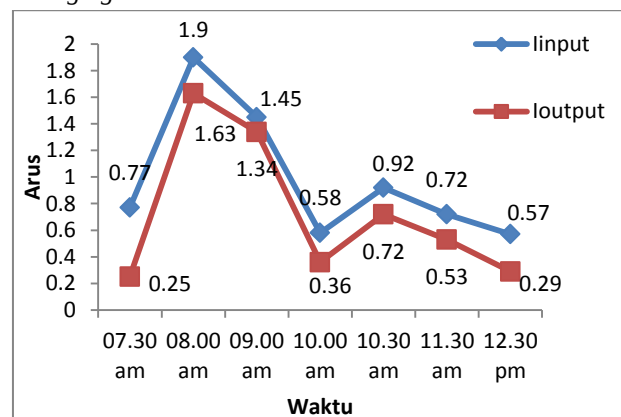
Gambar 4.1 dan Gambar 4.2 merupakan hasil pengujian pertama yang dilakukan pada 27 Mei 2016, pukul 08.00 WIB hingga 14.20 WIB. Tegangan *charging* rata-rata yang terbaca sekitar 13,6 Volt dan arus *charging* yang dihasilkan rata-rata dibawah 1 Ampere. *Charging battery* 12 Volt membutuhkan waktu sekitar 5 jam dari keadaan battery 12,12 Volt sampai 12.81 Volt (Full).

Charging baterai lebih lama karena cuaca berawan sehingga intensitas cahaya matahari rendah.

Pada level tegangan luaran *solar cell* kurang dari 14 volt sistem *boost* bekerja dengan baik, Sistem *charging battery* terputus ketika tegangan luaran *solar cell* kurang dari 7,5 volt atau pada keadaan arus *charging* kurang dari 0,2 ampere.



Gambar 4.3 Grafik *Vinput* dan *Voutput* Battery Charging II



Gambar 4.4 Grafik *I input* dan *I output* Battery Charging II

Gambar 4.3 dan Gambar 4.4 merupakan hasil pengujian kedua dilakukan pada pukul 07.30 WIB hingga 12.40 WIB. Tegangan *charging* rata-rata yang terbaca sekitar 13,6 Volt dan arus *charging* yang dihasilkan rata-rata 1 Ampere. *Charging battery* 12 Volt membutuhkan waktu sekitar 5 jam dari keadaan baterai 10.12 Volt sampai 12.81 Volt (Full).

V. PENUTUP

A. Kesimpulan

Dari hasil pengujian sistem *battery charging* diambil kesimpulan bahwa *Battery charging* dapat digunakan untuk mengisi baterai 12 Volt dengan tegangan *charging* baterai sebesar 13.6 Volt, arus keluaran rata rata 1 Ampere. Lama proses *charging* baterai 4 jam. Saat intensitas matahari tinggi yaitu pada pukul 10.00 sampai 14.00 efisiensi mencapai 78%. Sistem *charging battery* terputus ketika tegangan luaran *solar cell* kurang dari 7,5 volt atau pada keadaan arus *charging* kurang dari 0,2 A

B. Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah ditambahkan komunikasi ke perangkat seperti PC, *Smartphone* agar pengambilan data lebih mudah

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dany, Rizka, " Rancang Bangun Kontroler *Baterai Charger* Untuk *Solar Cell* ", *Tugas Akhir*, D3 Teknik Elektro, Surabaya, 2012.
- [2] Aulia Rizki, " *Battery Charger Dengan Converter Boost* ", *Tugas Akhir*, PENS, Surabaya, 2012.
- [3] Haifeng,"Design tips For an Efficient Non-Inverting Buck-Boost Converter",Jurnal, Texas Instrument
- [4] Ir. M. Zaenal Efendi, MT. "*Power Electronics 2*", EEPIS, 2014
- [5] Ashari, Mochamad. "Sistem Konverter DC". ITS Press.2012
- [6] Reza, "*Modelling and Controller Design for a Non-inverting Buck-Boost Chopper*", , International Conference on Electrical Engineering and Informatics,2011.
- [7] Gaboriault, Mark, "*A High Efficiency, Non-Inverting, Buck-Boost DCDC Converter*" Allegro MicroSystems 115 Northeast Cutoff Worcester, MA 01606 USA