

# DC TO DC CONVERTER UNTUK SISTEM CHARGER ACCUMULATOR OTOMATIS ENERGI SOLAR CELL

Ken Hasto<sup>1</sup>, Margono<sup>2</sup>, Muhammad Amiruddin<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Elektro, Universitas PGRI Semarang, Jl. Dr. Cipto – Lontar No. 1 Semarang; Telp.024-8451279. Email: ken\_hasto@gmail.com

<sup>2</sup>Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Elektro, Universitas PGRI Semarang, Jl. Dr. Cipto – Lontar No. 1 Semarang; Telp.024-8451279. Email: margono27@gmail.com

<sup>3</sup>Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Elektro, Universitas PGRI Semarang, Jl. Dr. Cipto – Lontar No. 1 Semarang; Telp.024-8451279. Email: amiruddin.muhammad@yahoo.com

## Abstrak

Solar cell adalah salah satu penghasil energi terbarukan. Untuk memberikan energi yang stabil, sistem memerlukan sebuah accumulator. Untuk mengoptimalkan umur dan efisiensi accumulator, maka dibutuhkan metode pengisian accumulator yang baik. Tegangan keluaran solar cell berubah-ubah sesuai dengan kondisi lingkungan khususnya sinar matahari, maka dalam penelitian ini dirancang sebuah sistem DC to DC converter yang menggabungkan kerja full bridge dan boost converter yang mampu menaikkan dan menurunkan tegangan masukan agar menghasilkan tegangan yang stabil sesuai dengan kebutuhan tegangan pengisian accumulator 13.8 sampai dengan 14.7 Volt. Pada hasil pengujian dengan pemberian beban, tercatat bahwa efisiensi maksimal sebesar 86.7% pada pengujian dengan beban 4.6 ohm, efisiensi maksimal sebesar 87.6% pada pengujian dengan beban 7.1 ohm, efisiensi maksimal sebesar 95.3% pada pengujian dengan beban 14 ohm.

**Kata kunci:** dc to dc converter, full bridge converter, boost converter.

## Abstract

*Solar cells are one of the renewable energy producers. To provide stable energy, the system requires an accumulator. To optimize the life and efficiency of the accumulator, a good accumulator charging method is required. The output voltage of the solar cell varies according to the environmental conditions especially the sunlight, so in this study designed a DC to DC converter system that combines the work of full bridge and boost converter that can raise and lower the input voltage to produce a stable voltage in accordance with the needs of the voltage charging accumulator 13.8 to 14.7 volts. In the test results with load applying, it was noted that the maximum efficiency of 86.7% in the test with 4.6 ohm of load, the maximum efficiency of 87.6% on the test with 7.1 ohm of load, the maximum efficiency of 95.3% on the 14 ohm of load.*

**Keywords:** dc to dc converter, full bridge converter, boost converter.

## 1. PENDAHULUAN

Listrik adalah salah satu dari permasalahan yang paling penting pada peradaban modern. Di negara industri proses energy menggunakan sistem elektronika daya meningkat secara signifikan dalam penggunaan di industri, komersial dan pengembangan urban [1]. Diestimasikan bahwa antara 15% sampai dengan 20% energi dapat dihemat secara lebih efisien dalam penggunaan kelistrikan dengan bantuan dari sistem elektronika daya. Lebih besar lagi diestimasikan bahwa 65% sampai dengan 70% energy yang dibangkitkan dikonsumsi oleh perangkat converter elektronik untuk kebutuhan mesin mesin listrik. Penghematan energy dalam hal efisiensi dan performa dari transformasi sistem elektronika daya menjadi kebutuhan yang strategis [1]. Sumber energi listrik merupakan sumber yang paling banyak

digunakan oleh manusia saat ini. Hal ini disebabkan karena listrik merupakan kebutuhan yang sangat vital dalam hidup manusia. Listrik sangat berperan dalam seluruh bidang kehidupan, sebagian besar peralatan yang dipakai menggunakan listrik sebagai sarana pengoperasiannya. Sementara itu, isu keterbatasan bahan bakar fosil menjadi perhatian penting bagi pengguna energi. Ditambah juga penggunaan bahan bakar fosil yang tidak ramah terhadap lingkungan akibat hasil penggunaan dan cara pengeksploasiannya. Sampai diusung sebuah gagasan penggunaan sumber energi terbarukan yang cenderung lebih ramah lingkungan daripada bahan bakar fosil. Dalam hal sumber energi terbarukan, permasalahan mengenai bebas polusi dan hemat energi bergantung dari seberapa besar pemahaman tentang elektronika daya dan aplikasinya[2]. Solar cell

adalah salah satu penghasil energi terbaharukan. Untuk memberikan energi yang stabil, sistem memerlukan sebuah accumulator. Agar accumulator dapat berfungsi secara optimal, memerlukan metode pengisian yang efisien. Frekuensi dan waktu pengisian yang berlebihan dapat merusak dan mengurangi umur baterai. Untuk mengoptimalkan umur dan efisiensi accumulator, maka dibutuhkan metode pengisian accumulator yang baik.

Tegangan keluaran dari solar cell mempunyai nilai + 21.5 Volt pada kondisi maksimum tanpa beban, maka perlu dikondisikan untuk proses charging accumulator yang mempunyai 6 sel dan setiap selnya bertegangan 2,30 -2.45 Volt[6]. Maka untuk proses charging accumulator diperlukan pengkondisian tegangan dengan rentang tegangan 13,8 - 14,7 Volt.

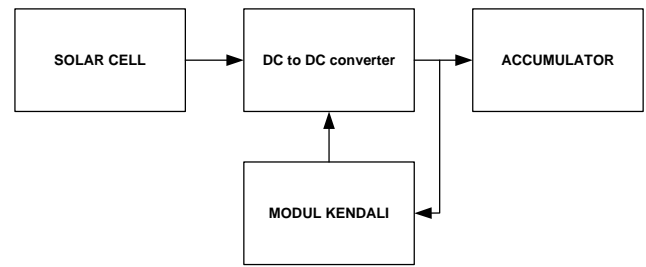
Desain sistem pengisian baterai ini menggabungkan jenis dc to dc converter yaitu full bridge converter dan boost converter. Dalam pengaturan tegangan keluaran dari dc to dc converter, sistem ini menggunakan sebuah sistem minimum board mikrokontroler untuk menghasilkan gelombang PWM dengan nilai duty cycle sesuai dengan umpan balik tegangan keluaran sistem. Dalam keadaan sistem sudah dibebani oleh baterai, apabila tegangan keluaran solar cell lebih tinggi dari pada nilai ambang pengisian baterai, maka sistem ini akan menurunkan tegangan keluaran, apabila tegangan keluaran kurang dari tegangan pengisian, maka sistem akan menaikkan tegangan keluaran.

## 2. METODE

### Bahan dan Alat

Sistem terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak, perangkat keras terdiri sistem minimum board mikrokontroler dan modul DC to DC converter seperti pada Gambar 1. Sistem ini bertujuan untuk mengatur tegangan keluaran untuk mengisi accumulator agar stabil dengan umpan balik tegangan keluaran tersebut. Umpan balik tersebut digunakan oleh modul kendali untuk mengatur duty cycle PWM picuan agar tegangan keluaran stabil. Sistem minimum board mikrokontroler berfungsi untuk menghasilkan gelombang PWM untuk memicu semi konduktor MOSFET . Untuk menghasilkan PWM

dengan nilai duty cycle yang sesuai dengan tegangan pengisian accumulator, diperlukan perangkat lunak sistem pengendalian tegangan keluaran sistem DC to DC converter.



Gambar. 1 Diagram blok sistem

Perangkat keras DC to DC converter yang digunakan mempunyai skematik seperti ditunjukkan pada Gambar 2. 4 buah MOSFET dikonfigurasi sebagai H bridge dan sebuah MOSFET dikonfigurasi sebagai boost converter. Untai H bridge berfungsi untuk menurunkan tegangan dari solar cell. Pada untai tersebut, MOSFET S1,S4 dipicu bergantian MOSFET S2,S3 yang disusun H bridge dengan gelombang kotak PWM dengan duty cycle maksimum sebesar 50% yang diatur oleh perangkat lunak sistem pengendalian tegangan. Keluaran dari H bridge berupa gelombang AC seperti pada Gambar 3, dengan besar amplitude sebesar  $V_{in}$  dengan nilai,

$$V_{RMS} = \left\{ \frac{2}{T} \int_0^t V_{in}^2 dt \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

$$V_{RMS} = V_{in} \sqrt{2D} \quad (2)$$

Keterangan :

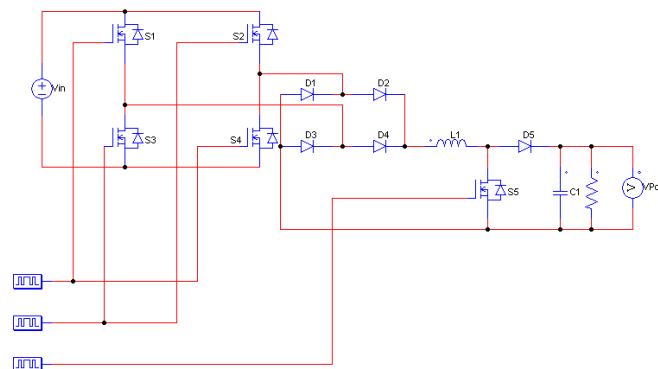
$T$  = Periode PWM picuan

$D$  = duty cycle PWM picuan

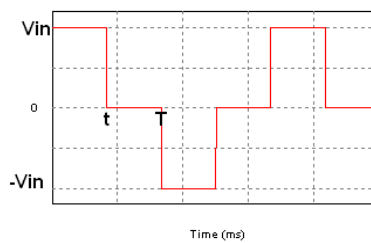
$t$  =  $D(\%) \times T$

$V_{in}$  =  $V$  sumber

Nilai  $t$  dipengaruhi dari nilai prosentase duty cycle PWM picuan MOSFET S1,S4 dan S2,S3. Tegangan keluaran dari H bridge tersebut selanjutnya disearahkan gelombang penuh dengan 4 buah diode (D1,D2,D3,D4) menjadi tegangan DC sebesar  $V_{in} \sqrt{2D}$  dan dihubungkan dengan sebuah untai boost converter.



Gambar. 2 Skematik perangkat keras sistem DC to DC converter



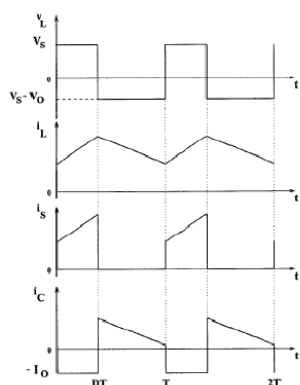
Gambar. 3 Tegangan keluaran H bridge dengan tiap picuan PWM duty cycle 25%

Boost converter digunakan untuk menaikkan tegangan keluaran dari H bridge yang disearahkan secara gelombang penuh. Boost converter terdiri dari komponen induktor (L1), diode (D5), kapasitor (C1) dan MOSFET (S5). Cara kerja boost converter seperti ditunjukkan pada Gambar 4. Agar keseluruhan sistem ini bekerja dengan efisiensi yang tinggi system bekerja pada mode CCM (Continuous Conduction Mode) maka memerlukan induktor (L) dan kapasitor (C) dengan besar nilai sesuai rumus berikut,

$$L_b = \frac{(1-2D)R}{4f} \quad (3)$$

$$C_{min} = \frac{(1-2D)V_{out}}{32V_r L f^2} \quad (4)$$

Untuk bekerja pada mode CCM, maka besar  $L > L_b$  dan  $C > C_{min}$ .



Gambar. 4 Ilustrasi arus tegangan induktor dan kapasitor pada boost converter [5]

### Perangkat Lunak

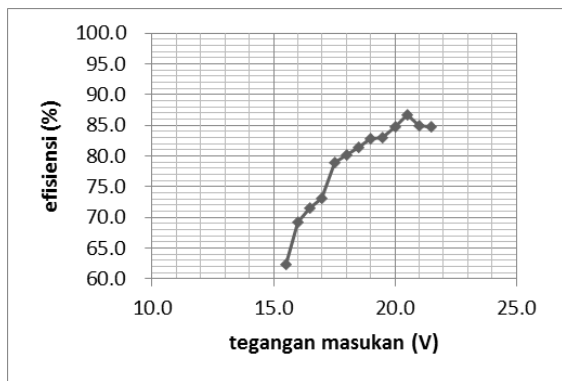
Perangkat lunak pada sistem ini ditanamkan pada mikrokontroler untuk membangkitkan 3 kanal PWM yang digunakan untuk memicu H bridge ( 2 kanal) dan boost converter (1 kanal). Frekuensi PWM dipengaruhi besar frekuensi kristal pada sistem minimum board yang dipakai. Besar frekuensi kristal yang dipakai adalah 16 MHz yang memungkinkan menghasilkan sinyal PWM dengan frekuensi sebesar  $\pm 30$  KHz. 2 kanal picuan H bridge digunakan untuk menurunkan tegangan apabila tegangan keluaran melebihi nilai ambang tegangan pengisian accumulator. 1 kanal picuan boost converter digunakan untuk menaikkan tegangan apabila tegangan keluaran sistem kurang dari nilai ambang tegangan pengisian accumulator.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Pengujian DC to DC converter

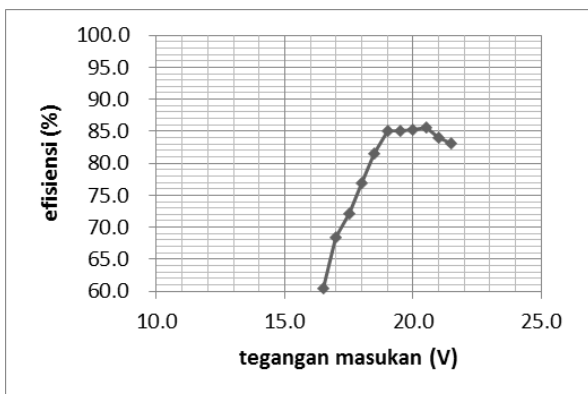
Pengujian dilakukan dengan cara simulasi, yaitu dengan memberikan masukan tegangan ke sistem DC to DC converter sesuai dengan nilai keluaran solar cell berangsur angsur menurun dengan pemberian beban sebesar 4.6 ohm, 7.1 ohm dan 14 ohm. Pemberian berbagai besaran beban tersebut dimaksudkan untuk simulasi kebutuhan arus pengisian accumulator, dimana kebutuhan arus accumulator berubah tergantung dari keadaan suplay energi yang tersimpan pada accumulator. Dari pengujian tercatat besaran nilai tegangan keluaran, arus masuk dan arus keluar sehingga dapat dihitung nilai efisiensi dari sistem tersebut untuk setiap besaran beban. Dari data tersebut dapat dilihat kemampuan DC to DC converter dalam mengkonversi besaran tegangan agar sesuai dengan range tegangan yang dibutuhkan dalam

pengisian accumulator yaitu 13.8 – 14.7 Volt. Berikut adalah grafik pengujian pada beban 4.6 ohm.



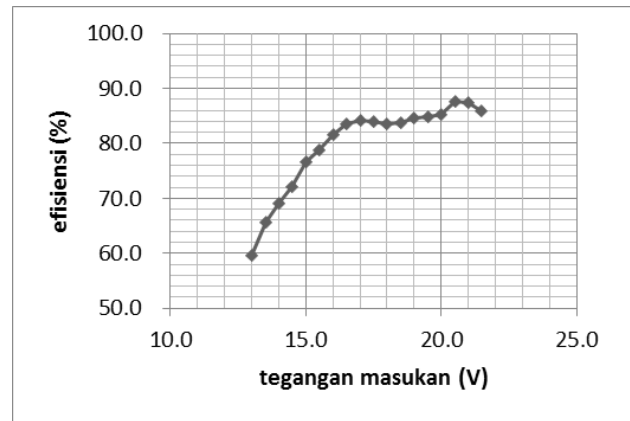
Gambar. 5 Grafik hubungan efisiensi DC to DC converter terhadap tegangan masukan pada beban 4.6 ohm dan tegangan keluaran 13.8 V

Dari data pada Gambar 5, tegangan masukan sistem DC to DC converter terendah yang dapat menghasilkan keluaran sebesar 13.8 Volt adalah 15.5 Volt dengan efisiensi sebesar 62.3% . Dibawah level tegangan tersebut boost converter tidak mampu lagi untuk mengkonversi tegangan keluaran secara stabil. Efisiensi terbesar mencapai sebesar 86.7% ada tegangan masukan sebesar 20.5 Volt.



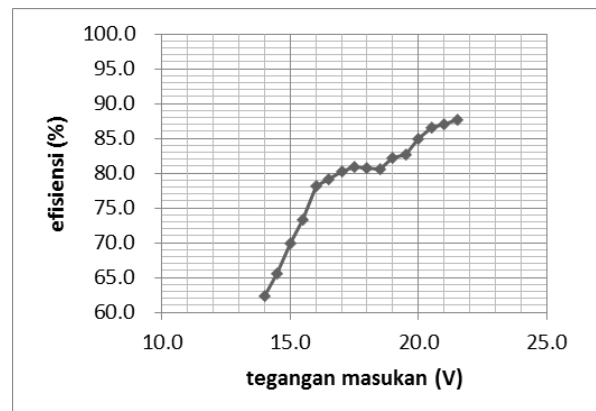
Gambar. 6 Grafik hubungan efisiensi DC to DC converter terhadap tegangan masukan pada beban 4.6 ohm dan tegangan keluaran 14.7 V

Dari Gambar 6, tegangan masukan sistem terendah yang dapat menghasilkan tegangan keluaran sebesar 14.7 Volt adalah sebesar 16.5 Volt dengan efisiensi sebesar 60.4 % . Efisiensi terbesar adalah 85.6% pada tegangan masukan sebesar 20.5 Volt.



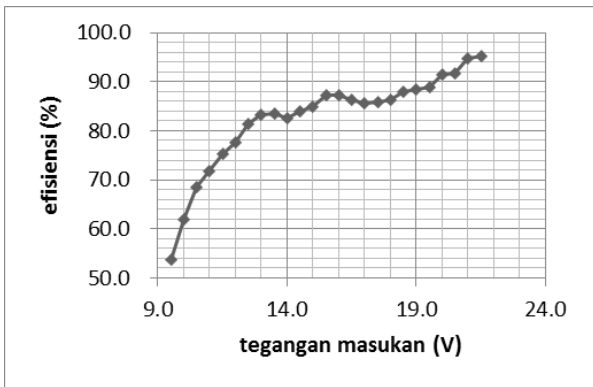
Gambar. 7 Grafik hubungan efisiensi DC to DC converter terhadap tegangan masukan pada beban 7.1 ohm dan tegangan keluaran 13.8 V

Dari data pada Gambar 7, tentang pengujian pada beban sebesar 7.1 ohm, tegangan masukan sistem DC to DC converter terendah yang dapat menghasilkan keluaran sebesar 13.8 Volt adalah 13 Volt dengan efisiensi sebesar 59.7% . Dibawah level tegangan tersebut boost converter tidak mampu lagi untuk mengkonversi tegangan keluaran secara stabil. Efisiensi terbesar mencapai sebesar 87.6% pada tegangan masukan sebesar 20.5 Volt.



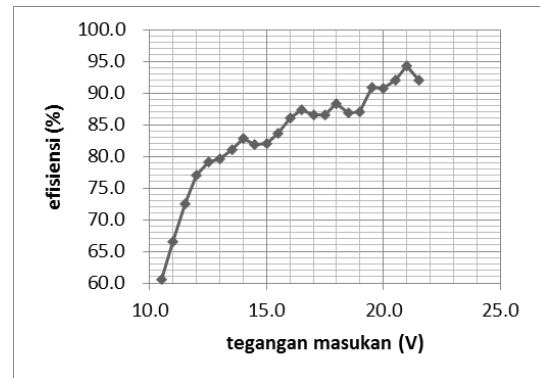
Gambar. 8 Grafik hubungan efisiensi DC to DC converter terhadap tegangan masukan pada beban 7.1 ohm dan tegangan keluaran 14.7 V

Dari data pada Gambar 8, tegangan masukan sistem DC to DC converter terendah yang dapat menghasilkan keluaran sebesar 14.7 Volt adalah 14 Volt dengan efisiensi sebesar 62.4% . Dibawah level tegangan tersebut boost converter tidak mampu lagi untuk mengkonversi tegangan keluaran secara stabil. Efisiensi terbesar mencapai sebesar 87.6% ada tegangan masukan maksimal sebesar 21.5 Volt.



Gbr. 9. Grafik hubungan efisiensi DC to DC converter terhadap tegangan masukan pada beban 14 ohm dan tegangan keluaran 13.8 V

Dari data pada Gambar 9, tentang pengujian pada beban sebesar 14 ohm, tegangan masukan sistem DC to DC converter terendah yang dapat menghasilkan keluaran sebesar 13.8 Volt adalah 9.5 Volt dengan efisiensi sebesar 53.7% . Dibawah level tegangan tersebut boost converter tidak mampu lagi untuk mengkonversi tegangan keluaran secara stabil. Efisiensi terbesar mencapai sebesar 95.3% pada tegangan masukan sebesar 21.5 Volt.



Gambar. 10 Grafik hubungan efisiensi DC to DC converter terhadap tegangan masukan pada beban 14 ohm dan tegangan keluaran 14.7 V

Dari data pada Gambar 10, tegangan masukan sistem DC to DC converter terendah yang dapat menghasilkan keluaran sebesar 14.7 Volt adalah 10.5 Volt dengan efisiensi sebesar 60.5% . Dibawah level tegangan tersebut boost converter tidak mampu lagi untuk mengkonversi tegangan keluaran secara stabil. Efisiensi terbesar mencapai sebesar 95.3% pada tegangan masukan sebesar 21.5 Volt.

Tabel 1. Data pengujian pada tegangan keluaran 13.8 Volt pada beban 14 ohm

Vin (Volt)	full bridge PWM (%)	boost conv PWM (%)	V out (Volt)	Iin (Amp)	Iout (Amp)	Eff (%)
21.5	36.3	0	13.8	0.66	0.98	95.3
21.0	37.3	0	13.8	0.68	0.98	94.7
20.5	38.2	0	13.8	0.72	0.98	91.6
20.0	39.0	0	13.8	0.74	0.98	91.4
19.5	40.2	0	13.8	0.78	0.98	88.9
19.0	41.6	0	13.8	0.83	0.98	88.5
18.5	42.4	0	13.8	0.83	0.98	88.1
18.0	43.3	0	13.8	0.87	0.98	86.4
17.5	44.7	0	13.8	0.90	0.98	85.9
17.0	46.3	0	13.8	0.93	0.98	85.5
16.5	47.8	0	13.8	0.95	0.98	86.3
16.0	49.2	0	13.8	0.97	0.98	87.1
15.5	50.0	12.5	13.8	1.00	0.98	87.3
15.0	50.0	16.1	13.8	1.10	0.98	85.0
14.5	50.0	19.6	13.8	1.11	0.98	84.0
14.0	50.0	23.9	13.8	1.17	0.98	82.6
13.5	50.0	27.5	13.8	1.20	0.98	83.5
13.0	50.0	32.2	13.8	1.25	0.98	83.2
12.5	50.0	35.3	13.8	1.33	0.98	81.3
12.0	50.0	41.2	13.8	1.45	0.98	77.7
11.5	50.0	46.3	13.8	1.56	0.98	75.4
11.0	50.0	51.0	13.8	1.71	0.98	71.9
10.5	50.0	55.7	13.8	1.88	0.98	68.5
10.0	50.0	62.7	13.8	2.18	0.98	62.0
9.5	50.0	69.8	13.8	2.65	0.98	53.7

Pada Tabel 1 berisi data tentang pengujian dengan beban 14 ohm pada tegangan keluaran sebesar 13.8 Volt . Pada rentang 16 sampai dengan 21.5 Volt sistem menggunakan fungsi full bridge converter untuk menurunkan tegangan agar tercapai tegangan

keluaran sebesar 13.8 Volt. Hal ini dapat dilihat pada nilai duty cycle PWM full bridge converter yang bernilai kurang dari 50% dan nilai PWM boost converter sebesar 0% menandakan boost converter belum perlu untuk difungsikan. Pada rentang 9.5

sampai dengan 16 Volt sistem menggunakan boost converter menaikkan tegangan agar tercapai tegangan keluaran sebesar 13.8 Volt. Hal ini dapat dibuktikan

nilai duty cycle PWM boost converter yang bernilai lebih dari 0%.

Tabel 2 Data pengujian pada tegangan keluaran 14.7 Volt pada beban 14 ohm

Vin (Volt)	full bridge PWM (%)	boost conv PWM (%)	V out (Volt)	Iin (Amp)	Iout (Amp)	Eff (%)
21.5	38.6	0	14.7	0.78	1.05	92.0
21.0	39.6	0	14.7	0.78	1.05	94.2
20.5	40.8	0	14.7	0.85	1.05	92.0
20.0	41.6	0	14.7	0.85	1.05	90.8
19.5	42.5	0	14.7	0.87	1.05	91.0
19.0	43.9	0	14.7	0.94	1.05	87.0
18.5	45.1	0	14.7	0.96	1.05	86.9
18.0	46.3	0	14.7	0.97	1.05	88.4
17.5	47.5	0	14.7	1.02	1.05	86.5
17.0	49.2	0	14.7	1.05	1.05	86.5
16.5	50.0	12.9	14.7	1.07	1.05	87.4
16.0	50.0	17.6	14.7	1.12	1.05	86.1
15.5	50.0	18.8	14.7	1.19	1.05	83.7
15.0	50.0	22.7	14.7	1.29	1.05	82.0
14.5	50.0	25.9	14.7	1.30	1.05	81.9
14.0	50.0	29.8	14.7	1.33	1.05	82.9
13.5	50.0	33.3	14.7	1.41	1.05	81.1
13.0	50.0	37.6	14.7	1.49	1.05	79.7
12.5	50.0	41.2	14.7	1.56	1.05	79.2
12.0	50.0	45.9	14.7	1.67	1.05	77.0
11.5	50.0	51.8	14.7	1.85	1.05	72.5
11.0	50.0	58.0	14.7	2.11	1.05	66.5
10.5	50.0	64.3	14.7	2.43	1.05	60.5

Pada Tabel 2 berisi data tentang pengujian dengan beban 14 ohm pada tegangan keluaran sebesar 14.7 Volt. Pada rentang 17 sampai dengan 21.5 Volt sistem menggunakan fungsi full bridge converter untuk menurunkan tegangan agar tercapai tegangan keluaran sebesar 14.7 Volt. Hal ini dapat dilihat pada nilai duty cycle PWM full bridge converter yang bernilai kurang dari 50% dan nilai PWM boost converter sebesar 0% menandakan boost converter belum perlu untuk difungsikan. Pada rentang 10.5 sampai dengan 17 Volt sistem menggunakan boost converter menaikkan tegangan agar tercapai tegangan keluaran sebesar 14.7 Volt. Hal ini dibuktikan dengan nilai duty cycle PWM boost converter yang bernilai lebih dari 0%.

#### 4. SIMPULAN

Efisiensi dc to dc converter cenderung turun berbanding lurus dengan turunnya tegangan masukan sistem. Semakin kecil arus beban maka efisiensi sistem dc to dc converter meningkat. tercatat pada beban 4.6 ohm , efisiensi maksimal sistem sebesar 86.7%, pada beban 7.1 ohm, efisiensi maksimal sistem sebesar 87.6%, pada beban 14 ohm, efisiensi ,maksimal sebesar 95.3%. Sistem ini mampu menggabungkan kerja full bridge dan boost converter. pada saat arus beban sebesar 1.05 ampere dan tegangan keluaran

sebesar 14.7 volt, full bridge converter bekerja pada rentang tegangan masukan 17 sampai dengan 21.5 volt. boost converter bekerja pada rentang tegangan masukan 10.5 sampai dengan 17 volt.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- B. K. Bose, *Power Electronic and Motion Control-Technology Status and Recent Trends*, *IEEE Trans, Industry Appl.*, 29(5)(1993),902-909.
- K. H. Solangi, M. R. Islam, R Saidur, N.A. Rahim and H. Fayaz, A review on global solar energy policy, *Renewable Sustainable energy Rev.*, 15(2011), 2149-216.
- Yau, H.T., C.J. Lin, Q.C. Liang, *PSO Based PI Controler Design for a Solar Charger System*, Hindawi Publishing Cooperation The Scientific World Journal, Volume 2013.
- Rashid M.H.,*Power Electronics Handbook*, San Diego :Academic Press,2001.
- Bolton,W., *Sistem Instrumentasi dan Sistem Kontrol*, Jakarta : Erlangga,2006.
- Battery University, Charging Lead Acid [online], [http://batteryuniversity.com/learn/article/charging\\_the\\_lead\\_acid\\_battery](http://batteryuniversity.com/learn/article/charging_the_lead_acid_battery), diakses tanggal : 1 September 2015.