

- POLA KONSUMSI PANGAN BERBAHAN UBI KAYU DI JAWA TENGAH
(Sumardi)
- KESADARAN PEMILAHAN SAMPAH RUMAH TANGGA PADA MASYARAKAT KOTA SEMARANG DAN YOGYAKARTA
(Paulus Hariyono, Sentot Suciarto A., Veronica Kusdiartini, Ety Endang Listiati)
- SISTEM PENGONVERSI DAYA MAKSIMAL MODUL SURYA MELALUI DETEKSI TEGANGAN
(Leonardus. Heru Pratomo)
- PERMODELAN PERGERAKAN TANAH PADA LERENG
(Daniel Hartanto)
- SIGNIFIKANSI PAPAN REKLAME DI PUSAT KOTA SEMARANG
(Yulita Titik Sunarimahingsih, Robert Rianto Widjaja, Yustina Trihoni Nalesti Dewi)
- DESAIN BUCK-BOOST CHOPPER SEBAGAI MPPT BERBASIS MIKROKONTROLER
(Slamet Riyadi, Fl. Budi Setiawan)
- KARAKTERISTIK UKM BATIK PADA KLASER BATIK DI JAWA TENGAH
(Agustine Eva Maria Soekesi)

Seri Kajian Ilmiah
Januari 2013 Vol.15 No.1
ISSN 0853-0707



Tata Usaha:
Barnabas Untung Sudianto

Alamat Redaksi:
LPPM Universitas Katolik Soegijapranata
Jl.Pawiyatan Luhur IV/1 Bendan Duwur Semarang
Fax. (024) 8415429 Email: lppm@unika.ac.id
Telp. (024) 8316142, 8441555 (Hunting)

Penerbit:
Universitas Katolik Soegijapranata

SERI KAJIAN ILMIAH
Seri Penelitian

Vol.15
No.1

ISSN
0853-0707

DAFTAR ISI

1. POLA KONSUMSI PANGAN BERBAHAN UBI KAYU DI JAWA TENGAH
(Sumardi) 1-15
2. KESADARAN PEMILAHAN SAMPAH RUMAH TANGGA PADA MASYARAKAT KOTA SEMARANG DAN YOGYAKARTA
(Paulus Hariyono, Sentot Suciarto A., Veronica Kusdiartini, Etty Endang Listiati) 16-26
3. SISTEM PENGONVERSI DAYA MAKSIMAL MODUL SURYA MELALUI DETEKSI TEGANGAN
(Leonardus. Heru Pratomo) 27-34
4. PERMODELAN PERGERAKAN TANAH PADA LERENG
(Daniel Hartanto) 35-44
5. SIGNIFIKANSI PAPAN REKLAME DI PUSAT KOTA SEMARANG
(Yulita Titik Sunarimahingsih, Robert Rianto Widjaja, Yustina Trihoni Nalesti Dewi) 45-59
6. DESAIN BUCK-BOOST CHOPPER SEBAGAI MPPT BERBASIS MIKROKONTROLER
(Slamet Riyadi, Fl. Budi Setiawan) 60-67
7. KARAKTERISTIK UKM BATIK PADA KLASTER BATIK DI JAWA TENGAH
(Agustine Eva Maria Soekesi) 68-75

DESAIN BUCK-BOOST CHOPPER SEBAGAI MPPT BERBASIS MIKROKONTROLER

Slamet Riyadi, Fl. Budi Setiawan
Teknik Elektro Unika Soegijapranata Semarang

ABSTRAKSI

This paper describes a buck-boost chopper that can be implemented as maximum power point tracker (MPPT). This can be connected to the load which are greater or less than MPP resistance. The control of this device is based on microcontroller so it is very simple and cheap. Analysis is done to give basic theory and finally simulation and laboratory experiment are done to verify. Based on the results, the chopper is able to give gain less or greater than unity.

Keywords : *chopper, MPPT, PV, gain*

PENDAHULUAN

Krisis bahan bakar fosil secara global sangat berdampak bagi penyediaan energi listrik di Indonesia. Pemerintah telah menyerukan upaya penghematan dan pencarian energi alternatif dalam mengantisipasi dampak krisis energi berbasis fosil. Posisi geografis Indonesia memberi nilai tambah dalam pemanfaatan energi dari matahari. Melalui panel surya maka energi matahari dapat diubah secara langsung menjadi energi listrik dalam bentuk tegangan/ arus searah (DC).

Di Indonesia, panel surya banyak dimanfaatkan untuk menyediakan energi listrik secara mandiri di daerah yang belum terjangkau oleh kelistrikan PLN. Sedangkan di daerah di mana tersedia energi listrik PLN, panel surya dapat digabungkan melalui *PV-Grid Connected System*. Untuk mengoptimalkan daya yang dihasilkan oleh panel surya maka diperlukan *Maximum Power Point Tracker* (MPPT). Suatu MPPT umumnya berupa *boost chopper* sehingga hanya mampu dioperasikan pada kondisi di mana resistansi beban listrik lebih besar dari resistansi ekuivalen panel surya. Pada pembebanan di lapangan dapat terjadi kondisi di mana resistansi beban listrik lebih

kecil dari resistansi ekuivalen panel surya sehingga MPPT tidak mampu dioperasikan secara optimal.

Energi matahari menjadi fokus pengembangan energi alternatif karena sifatnya yang terbarukan dan ramah lingkungan. Melalui panel surya maka energi matahari dapat diubah menjadi energi listrik secara langsung. Dalam implementasinya, energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya sangat dipengaruhi oleh intensitas sinar matahari dan temperatur sehingga untuk meningkatkan efisiensinya maka dalam pengoperasiannya diperlukan suatu *MPP Tracker*. Berbagai konsep kendali bagi MPPT telah dipaparkan [Esram & Chapman, 2007], [Jiang dkk, 2005].

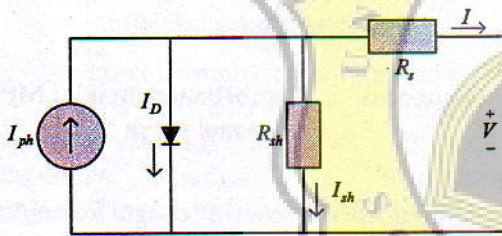
Sebagai implementasi MPPT pada umumnya digunakan *DC-DC converter* jenis *boost* tetapi *converter* jenis *buck* dapat digunakan sebagai MPPT dengan kendali digital berbasis pada komparasi perhitungan pengukuran daya sesaat dan algoritma MPPT [Azab, 2008]. Metoda kendali MPPT lain juga diturunkan untuk meningkatkan unjuk kerja panel surya melalui metoda berbasis *constant voltage control* [Kiranmayi, 2008]. Kendali MPPT di atas umumnya berbasis digital dan diimplementasikan menggunakan

rangkaian *digital signal processor (DSP)* karena algoritmanya yang cukup kompleks. Kelemahan dari sistem digital ini adalah munculnya *delay* dan akan memperlambat responnya serta mahal.

Pada makalah ini diusulkan suatu konverter energi berbasis *buck-boost chopper* yang dioperasikan sebagai MPPT yang fleksibel. Konverter ini mampu dioperasikan bersama panel surya yang dihubungkan beban listrik dengan resistansi sebarang. Kendali yang digunakan berbasis mikrokontroler.

MAXIMUM POWER POINT TRACKER

Suatu sel surya dapat dimodelkan dengan suatu sumber arus yang terhubung paralel dengan dioda dan resistansi shunt R_{sh} serta terhubung seri dengan resistansi R_s , dinyatakan dengan persamaan (1)



Gambar-1 Model dari sel surya

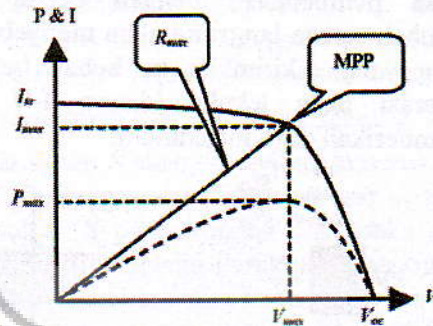
$$I = I_{ph} - I_D - I_{sh} = I_{ph} - I_o \left(\exp \frac{e(V + IR_s)}{m k T_o} - 1 \right) - \frac{V + R_s I}{R_{sh}} \tag{1}$$

di mana

- m = Idealizing factor
- k = Boltzmann gas constant
- R_s = resistansi seri
- R_{sh} = resistansi shunt
- I_{ph} = arus akibat sinar matahari
- e = muatan elektron
- I_D = *normal diode current*

I_o = *dark saturation current*

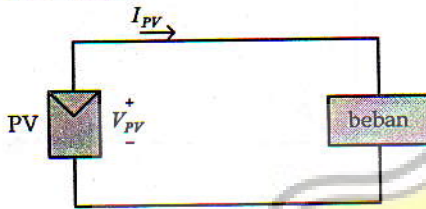
Persamaan (1) menunjukkan hubungan tegangan dan arus dari suatu sel surya tidak linier (Gambar-2).



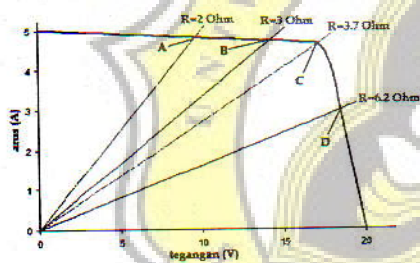
Gambar-2 Karakteristik sel surya

Pada kondisi sel surya terbuka (tidak terhubung ke beban) maka arus sel surya akan sama dengan nol sehingga tegangannya berada pada nilai maksimumnya, yaitu tegangan *open circuit* V_{oc} . Kondisi sebaliknya terjadi jika sel surya terhubung singkat yang mengakibatkan tegangannya sama dengan nol dan arusnya berada pada nilai maksimumnya, yaitu arus hubung singkat I_{sc} . Pada kedua kondisi tersebut maka sel surya tidak akan menghasilkan daya. Daya yang dihasilkan akan dapat dimanfaatkan jika tegangan dan arus sel surya tidak sama dengan nol, sedangkan daya maksimum terjadi jika berada pada lekukan kurva I-V. Titik di mana suatu sel surya mampu menghasilkan daya maksimum sering dinamakan *maximum power point (MPP)*. Pada titik ini akan diperoleh suatu nilai tegangan V_{MPP} dan arus I_{MPP} . Untuk memahami bagaimana kinerja panel surya maka pada Gambar-4 dan Gambar-5 disajikan suatu kurva I-V dan P-V suatu sel surya pada *iradiasi* dan temperatur tertentu.

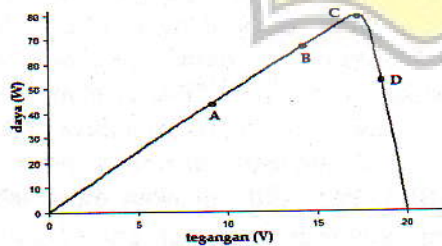
Pemasangan suatu beban listrik secara langsung pada panel surya akan menyebabkan arus mengalir menuju beban listrik tersebut. Mengacu pada model yang kurva I-V-nya disajikan pada Gambar-4 maka pembebanan dengan beban yang berubah secara langsung akan menyebabkan daya yang dikirimkan ke beban berubah. Operasi pada lekukan kurva I-V akan memberikan daya maksimum.



Gambar-3 Pembebanan langsung pada panel surya

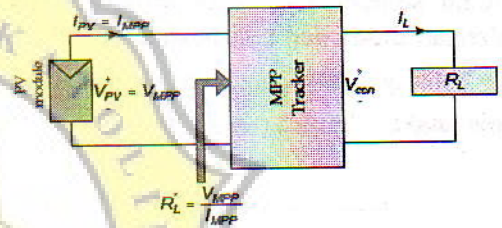


Gambar-4 Kurva I-V suatu sel surya pada iradiasi dan temperatur tertentu terhadap pembebanan



Gambar-5 Kurva P-V suatu sel surya pada iradiasi dan temperatur tertentu terhadap pembebanan

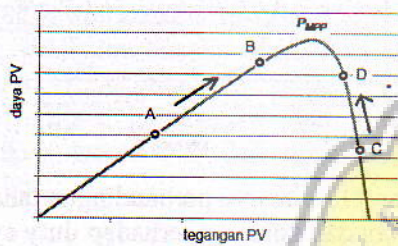
Operasi panel surya seperti di atas untuk aplikasi tertentu kurang disukai karena tidak bekerja pada kondisi optimalnya. Agar dapat bekerja pada kondisi optimalnya maka arus dan tegangan panel surya harus berada pada nilai MPP, yaitu pada nilai tegangan V_{MPP} dan arus I_{MPP} . Kondisi demikian dapat dicapai jika beban tidak dihubungkan secara langsung dengan panel surya melainkan melalui suatu *power conditioner* yang sering dikenal dengan MPPT. Suatu MPPT akan mengatur tegangan/arus ke beban sehingga akan sama dengan daya maksimal suatu panel surya.



Gambar-6 Pembebanan melalui MPPT pada panel surya

Suatu MPPT bekerja sebagai kelengkapan PV agar daya yang dihasilkan oleh PV mencapai nilai maksimum pada kondisi lingkungan tertentu. Dengan mengacu kurva karakteristik P-V dan I-V dari suatu PV maka dapat dilihat bahwa titik operasi yang menghasilkan daya maksimum terletak di puncak kurva P-V atau di posisi lekukan (*knee*) dari kurva I-V. Untuk memahami bagaimana MPPT bekerja maka dapat dilihat Gambar-7 yang menyajikan kurva P-V dari PV. Dimisalkan titik operasi awal di titik A di sebelah kiri titik operasi (titik MPP) dan jauh dari nilai daya maksimum (P_{MPP}) maka titik operasi harus digeser lebih ke kanan. Dengan mengacu pada kurva I-V maka

pergeseran ke kanan dapat dilakukan dengan menaikkan tegangan PV (V_{PV}) atau menurunkan arus PV (I_{PV}). Berbeda jika titik awal operasi berada di sebelah kanan titik MPP (dimisalkan titik C) maka untuk menaikkan daya PV dilakukan dengan menggeser ke kiri titik operasi dari C menuju D. Langkah ini dilakukan dengan menurunkan tegangan PV (V_{PV}) atau menaikkan arus PV (I_{PV}).



Gambar-7 Pergeseran titik operasi menuju nilai daya maksimum

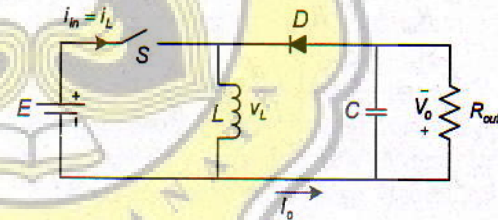
Kedua langkah menaikkan nilai daya PV (dari A ke B atau dari C ke D) dibedakan dengan menaikkan tegangan PV atau menurunkan tegangan PV bergantung apakah titik awal operasi berada di sebelah kiri atau kanan dari titik MPP. Pergeseran titik operasi dari A ke B akan berimplikasi pada perubahan daya P_A (daya di titik A) menuju P_B di mana $P_A < P_B$ selain itu juga terjadi pergeseran nilai tegangan operasi PV dari V_A menuju V_B di mana $V_A < V_B$. Jika kondisi ini yang terjadi, di mana pergeseran ke kanan akan menaikkan nilai daya PV maka langkah selanjutnya yang dilakukan adalah menggeser titik operasi PV makin ke kanan hingga daya PV mencapai P_{MPP} . Dari sini dapat disimpulkan jika $\frac{dP}{dt}$ dan $\frac{dV}{dt}$ bernilai positif maka untuk menuju nilai

P_{MPP} tegangan PV harus ditambah atau arus PV harus diturunkan.

BUCK-BOOST CHOPPER

Pada Gambar-8 disajikan suatu *buck-boost chopper* dengan tegangan DC masukan E dan tegangan keluaran rata-rata sebesar V_o yang terhubung dengan beban sebesar R_{out} . Karena saklar S akan dikendalikan untuk *ON* dan *OFF* dengan *duty cycle* sebesar d . Pada saat saklar S pada kondisi *ON* maka arus akan mengalir melalui induktor L menuju ke tegangan sumber E . Pada kondisi ini tegangan induktor (v_L) akan bernilai E , arus induktor L dapat diturunkan dengan persamaan

$$\begin{aligned} E &= v_L \\ L \frac{\Delta i}{\Delta t} &= E_o \\ L \Delta I &= E \cdot \Delta t = E \cdot t_{ON} \end{aligned} \quad (2)$$



Gambar-8 Rangkaian buck-boost chopper

Pada kondisi ini arus induktor akan naik dengan selisih arus dari kondisi awal sebesar ΔI selama interval t_{ON} . Sedangkan saat saklar S membuka maka arus induktor akan terus mengalir menuju sisi beban dan kembali melalui dioda D . persamaan yang dapat diturunkan pada kondisi ini adalah

$$v_L = V_o$$

$$L \frac{\Delta i}{\Delta t} = V_o$$

$$L \Delta i = V_o \Delta t = V_o t_{OFF} \quad (3)$$

Pada kondisi ini arus induktor akan turun dengan selisih arus dari kondisi awal sebesar Δi selama interval t_{OFF} . Dengan menyamakan persamaan (2) dan (3) akan didapat hubungan berikut

$$E t_{ON} = V_o t_{OFF}$$

$$E t_{ON} = V_o (T - t_{ON})$$

$$V_o = \frac{t_{ON}}{T - t_{ON}} E$$

$$V_o = \frac{d}{1-d} E \quad (4)$$

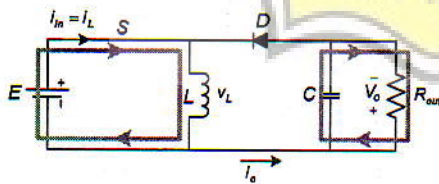
Mengacu pada hukum kekekalan energi maka jika dianggap sistem ideal, daya sisi masukan sama dengan daya sisi keluaran dan akan didapat hubungan

$$E I_{in} = V_o I_o$$

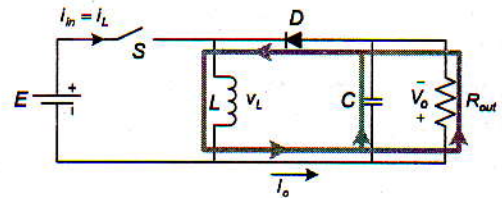
$$E \frac{E}{R_{in}} = V_o \frac{V_o}{R_{out}}$$

$$\frac{E^2}{R_{in}} = \frac{V_o^2}{R_{out}} = \left(\frac{d}{1-d} \right)^2 \frac{E^2}{R_{out}}$$

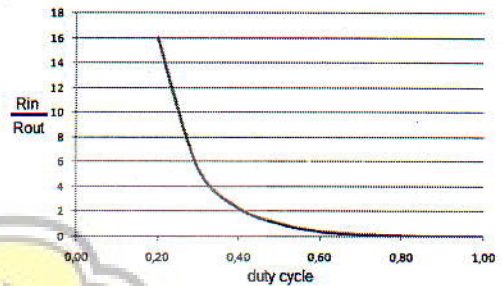
$$R_{in} = \left(\frac{1-d}{d} \right)^2 R_{out} \quad (5)$$



Gambar-9 Rangkaian ekuivalen buck-boost chopper saat saklar S menutup (ON)



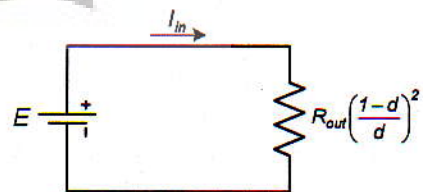
Gambar-10 Rangkaian ekuivalen buck-boost chopper saat saklar S membuka (OFF)



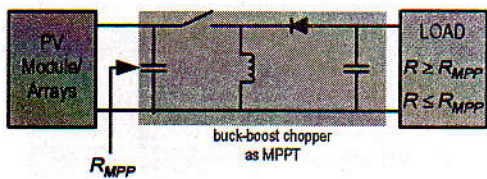
Gambar-11 Kurva perbandingan tahanan masukan dan keluaran terhadap duty cycle pada buck-boost chopper

Sehingga nilai $\frac{R_{in}}{R_{out}} \geq 0$ sehingga suatu

buck-boost chopper akan selalu memandang tahanan beban sebagai tahanan ekuivalen yang lebih besar/kecil nilainya. Dengan demikian jika *buck-boost chopper* diimplementasikan sebagai MPPT maka beban yang terpasang pada PV melalui MPPT dapat lebih besar/kecil dari R_{MPP} .

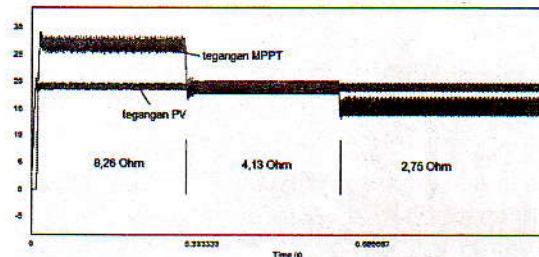


Gambar-12 Rangkaian ekuivalen sisi masukan buck-boost chopper



Gambar-13 Implementasi buck-boost chopper sebagai MPPT untuk beban dengan tahanan lebih besar/kecil dari R_{MPP}

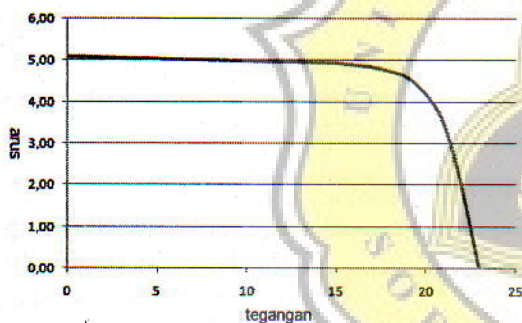
Gambar-15 Skema PV dan MPPT be beban resistif untuk simulasi



Gambar-16 Hasil simulasi nilai tegangan PV dan tegangan MPPT jenis buck-boost chopper sebagai MPPT untuk daya PV dengan beban 8,26 Ohm, beban 4,13 Ohm dan beban 2,75 Ohm

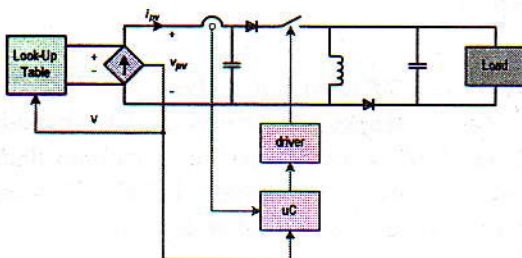
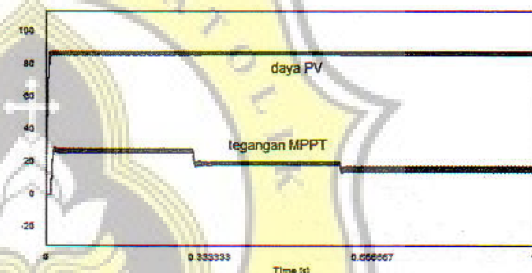
HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk melakukan verifikasi atas analisis yang dilakukan maka dilakukan simulasi dengan menggunakan perangkat lunak PSIM. Pada Gambar-14 dan Gambar-15 disajikan kurva PV dan rangkaian untuk simulasi.

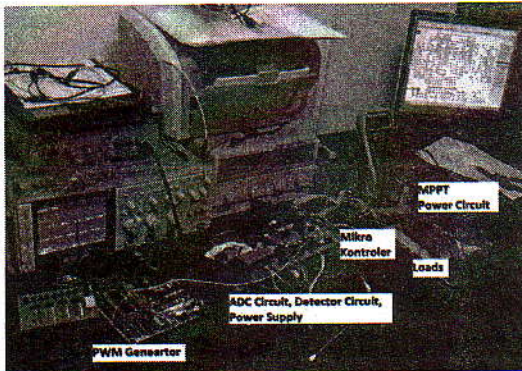


Gambar-14 Kurva V-I dari photovoltaic sebagai model simulasi

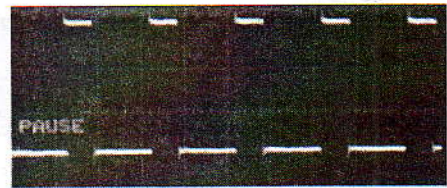
Gambar-17 Hasil simulasi nilai daya PV dan tegangan MPPT jenis buck-boost chopper sebagai MPPT untuk daya PV dengan beban 8,26 Ohm, beban 4,13 Ohm, beban 2,75 Ohm



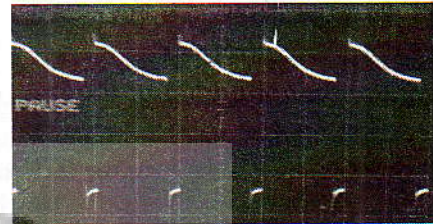
Pada Gambar-18 ditunjukkan prototip MPPT jenis buck-boost chopper yang dirancang untuk pengujian laboratorium. Dengan menggunakan prototip yang dirancang diperoleh hasil pengujian *chopper* jenis *buck-boost* seperti ditunjukkan pada Tabel-1. Dari hasil tersebut tampak bahwa *chopper* mampu melakukan fungsi *buck* dan *boost*. Sedangkan gelombang tegangan pada induktor yang dipakai *chopper* disajikan pada Gambar-19 dan Gambar-20.



Gambar-18 Prototip untuk pengujian laboratorium



Gambar-19a Tegangan pada induktor dengan $d=3,14\%$



Gambar-19b Tegangan pada induktor dengan $d=86,3\%$

Tabel-1 Pengujian chopper

d(%)	Vin (Volt)	Vout (Volt)	Gain
7,8	10,19	0,55	0,05
15,7	10,19	1,43	0,14
23,5	10,19	2,70	0,26
31,4	10,19	4,09	0,40
39,2	10,19	5,63	0,55
47,1	10,19	7,20	0,71
54,9	10,19	8,74	0,86
62,7	10,19	9,87	0,97
70,6	10,17	10,31	1,01
78,4	9,77	10,84	1,11
86,3	6,8	10,80	1,59
94,1	4,8	10,91	2,27

Dari pengamatan dapat ditunjukkan bahwa *chopper* mampu melakukan fungsi *buck* dan *boost* dengan baik. Hal ini dapat dibuktikan dengan nilai *Gain* yang dapat lebih kecil atau lebih besar dari 1.

KESIMPULAN

Suatu *chopper* jenis *buck-boost* mampu menghasilkan tegangan keluaran yang lebih kecil/besar dibanding tegangan masukan. Dengan demikian implementasi sebagai MPPT akan mampu dibebani dengan tahanan sebarang. Tetapi yang perlu diperhatikan adalah nilai penguatan terbesar hanya 2,27 sehingga tahanan maksimum yang dapat dipasang pada MPPT adalah 2,27 kali R_{MPP} .

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami sangat berterima kasih kepada Dirjen DIKTI Kemdiknas atas bantuan dana pada Program Penelitian Hibah Besaing sehingga makalah ini dapat disusun.

DAFTAR PUSTAKA

Azab M. 2008. *A New Maximum Power Point Tracking for Photovoltaic Systems*, Proceedings of World Academy of Science, Engineering and Technology Vol. 34, Oct 2008

Esrab T., and Chapman P. L. 2007. *Comparison of Photovoltaic Array Maximum Power Point Tracking Techniques*, IEEE Transc. On Energy Conversion, Vol. 22, No. 2, pp. 439-449

Jiang J. A, Huang T. L, Hsiao Y. T, and Chen C. H. 2005. *Maximum Power Tracking for Photovoltaic Power Systems*, Tamkang Journal of Science and Engineering, Vol. 8, No 2, pp. 147-153

Kiranmayi R., Reddy V. K., and Kumar M. V., 2008. *Modeling and a MPPT for Solar Cell*, Journal of Engineering and Applied Science 3(1), pp. 128-133

Riyadi ,S., 2010. *Controlled Current Source sebagai Interface PV-Grid Connected System*, Prosiding EECCIS (Electrical Power, Electronics, Communications, Controls and Informatics), Malang 2010, hal. A25.1-A25.5

Riyadi ,S., 2010. *Koneksi Photovoltaic melalui VSI berbasis Kendali Arus untuk Pembagian Beban*, JITEE (The Journal of Information Technology and Electrical Engineering), Vol. 2, April 2010 hal. 32-37, UGM Yogyakarta

