LAMPIRAN

PROSIDING SEMINAR NASIONAL SNPTE 2013

UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA

BUCK BOOST CHOPPER SEBAGAI MPPT DENGAN KONTROL DIGITAL BERBASIS Atmega 8535

Matheus Catur Septiantoro[1]dan Leonardus. H. Pratomo[2]
Program Studi Teknik Elektro - Fakultas Teknik Universitas Katolik Soegijapranata
Pawiyatan Luhur IV/1 Bendan Duwur, 50234, Semarang, Indonesia
Email : budi_setiawan41@yahoo.com

Abstrak – Makalah ini memaparkan tentang Buck Boost Chopper yang difungsikan sebagai *Maximum Power Point Tracker* (MPPT) dengan kontrol digital menggunakan Atmega 8535. Sistem kontrol ini berdasarkan pada tegangan input Chopper yang diolah menggunakan *Hysteresis Control* di dalam mikrokontroler. Untuk memferifikasi kinerja MPPT ini suatu implementasi skala laboratorium telah diujicoba. Hasilnya menunjukkan sistem dapat mencapai MPP,kinerja sangat baik dan desain pada sistem menjadi lebih sederhana.

Kata kunci – Buck Boost Chooper, MPPT, Digital Kontrol

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi yang sangat pesat mengakibatkan kebutuhan akan sumber daya Listrik semakin besar pula. Listrik dibutuhkan hampir dalam setiap lini kehidupan masyarakat sekarang. Mulai dari sarana komunikasi,hiburan,pekerjaan bahkan dalam bidang yang vital seperti kesehatan,pendidikan dan militer. Tingkat ketergantungan ini harus diimbangi dengan eksplorasi untuk menemukan sumber daya penghasil listrik. Karena jika tidak, maka akan berakibat pada krisis energi listrik yang mengakibatnya lumpuhnya kegiatan-kegiatan masyarakat. Salah satu hasil penemuan sumber energi listrik baru adalah Panel Surya.

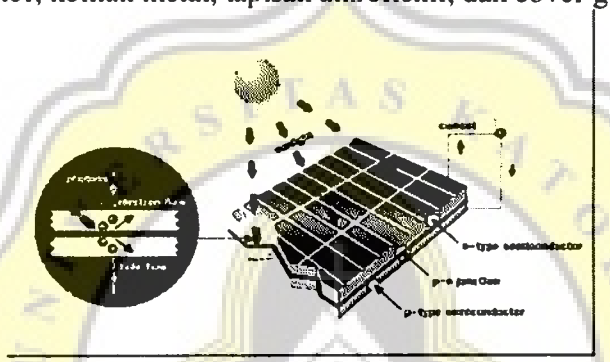
Panel surya adalah perangkat yang mampu untuk mengubah energi pada sinar matahari menjadi energi listrik secara langsung yang berupa tegangan/arus searah (DC). Tingkat perubahan energi pada panel surya bergantung intensitas cahaya matahari dan temperatur. Sehingga diperlukan sebuah perangkat yang mampu membuat panel surya selalu menghasilkan daya maksimal. Perangkat ini dinamakan MPPT atau *Maximum Power Point Tracker*. Implementasi MPPT yang banyak digunakan adalah Chopper atau DC-DC Converter.

Pada makalah ini akan diuraikan penggunaak Buck-Boost Chopper sebagai MPPT yang akan dikendalikan secara digital menggunakan mikrokontrol Atmega 8535. Sistem ini bekerja berdasarkan nilai tegangan input yang akan dibandingkan dengan nilai tegangan referensi. Hasil perbandingan ini akan menghasilkan error yang kemudian akan dicacah menggunakan Hysteresis Control sehingga didapatkan sinyal pensaklaran untuk Buck-Boost Chopper. Sehingga akan selalu menghasilkan MPP dan rangkaian sistem ini menjadi lebih sederhana karena dikontrol secara digital.

SEL SURYA

Sel surya atau juga sering disebut fotovoltaic adalah perangkat yang mampu mengkonversi langsung cahaya matahari menjadi listrik. Energi listrik yang dihasilkan adalah berupa tegangan/arus searah (DC). Satu panel surya terdiri dari beberapa buah sel surya/*solar cell*. Gabungan dari beberapa panel surya disebut modul surya. Tingkat konversi energi dari cahaya matahari menjadi energi listrik dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari serta temperatur.

Sel surya terbuat dari bahan yang bervariasi tergantung pada teknologi yang dipergunakan. Jenis panel surya yang dipergunakan secara umum adalah yang terbuat dari Silikon. Sel surya silikon terdiri dari beberapa lapisan sebagai lapisan substrat, lapisan semikonduktor, kontak metal, lapisan anireflekif, dan cover glass.



Gambar 1 Prinsip kerja panel surya

Gambar di atas menunjukkan prinsip kerja dari sel surya. Sel surya konvensional bekerja menggunakan prinsip p-n junction, yaitu junction antara semikonduktor tipe-p dan tipe-n. Semikonduktor ini terdiri dari ikatan-ikatan atom yang dimana terdapat elektron sebagai penyusun dasar. Semikonduktor tipe-n mempunyai kelebihan elektron (muatan negatif) sedangkan semikonduktor tipe-p mempunyai kelebihan hole (muatan positif) dalam struktur atomnya. Kondisi kelebihan elektron dan hole tersebut bisa terjadi dengan mendoping material dengan atom dopant. Sebagai contoh untuk mendapatkan material silikon tipe-p, silikon didoping oleh atom boron, sedangkan untuk mendapatkan material silikon tipe-n, silikon didoping oleh atom fosfor.

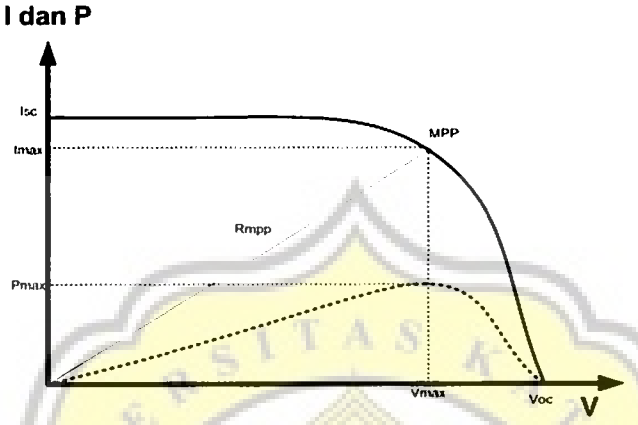
Peran dari p-n junction ini adalah untuk membentuk medan listrik sehingga elektron (dan hole) bisa diekstrak oleh material kontak untuk menghasilkan listrik. Ketika semikonduktor tipe-p dan tipe-n terkontak, maka kelebihan elektron akan bergerak dari semikonduktor tipe-n ke tipe-p sehingga membentuk kutub positif pada semikonduktor tipe-n, dan sebaliknya kutub negatif pada semikonduktor tipe-p. Akibat dari aliran elektron dan hole ini maka terbentuk medan listrik yang mana ketika cahaya matahari mengenai susuna p-n junction ini maka akan mendorong elektron bergerak dari semikonduktor menuju kontak negatif, yang selanjutnya dimanfaatkan sebagai listrik, dan sebaliknya hole bergerak menuju kontak positif menunggu elektron datang.

MPPT

Kinerja serta besaran konversi dari energi sinar matahari menjadi energi listrik pada panel surya dipengaruhi oleh Intensitas cahaya matahari (flux) dan juga temperatur. Karena tidak mungkin mendapakan 2 parameter tersebu secara konstan maka hasilnya arus serta tegangan DC yang dihasilkan panel surya akan berubah-ubah. Hal ini akan membua daya yang dihasilkan panel surya juga berubah-ubah. Sehingga

beban tidak mendapatkan day secara maksimal. Karena itu diperlukan suatu perangkat yang mampu menjaga nominal arus dan tegangan panel surya selalu maksumal agar menghasilkan MPP(*Maximum Power Point*)/daya maksimal.

Berikut merupakan kurva karakteristik panel surya,yaitu kurva P danl terhadap V:

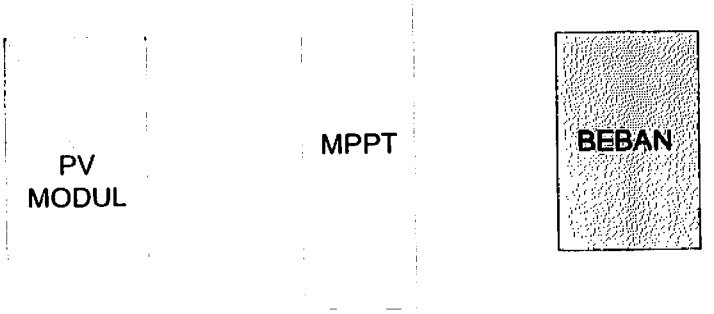


Gambar 2 Kurva P dan I terhadap V

Dari gambar di atas diketahui bahwa ketika panel surya tidak terhubung beban/*open circuit* makan tegangan PV (V_{oc}) akan mencapai titik maksimal, sedangkan arusnya akan sama dengan nol. Begitu pula sebaliknya, ketika PV dihubung singkat/*short circuit* maka nominal arus (I_{sc}) akan mencapai arus maksimal sedangkan tegangan akan bernilai nol. Pada kondisi-kondisi tersebut makan PV tidak akan menghasilkan daya dimana $P_{pv}=I_{pv} \times V_{pv}$. Maka untuk menghasilkan daya maka I dav V pada PV tidak boleh bernilai nol. Sedangkan daya maksimum akan tercapai ketika titik perpotongan I dan V bedara pada titik lengkung curva I-V (*Knee*). Titik ini dinamakan MPP atau *Maximum Power Point.*

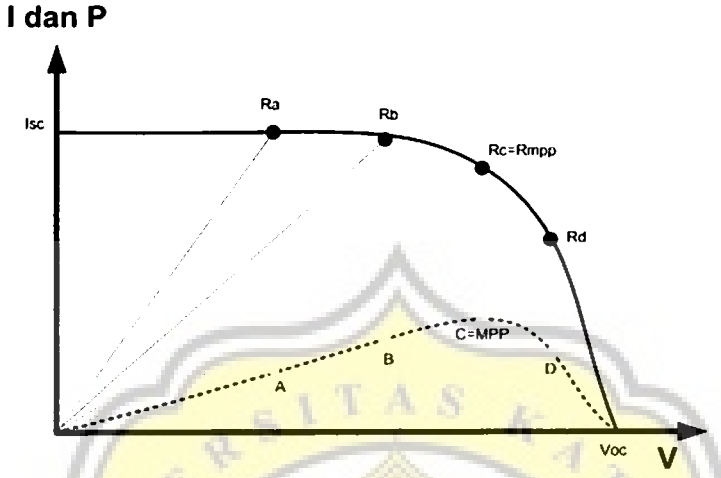
Untuk mencapai titik MPP,maka PV harus diberi beban yang sesuai yang disebut R_{mpp}. Jika beban yang diterima PV lebih kecil dari Rmpp maka nominal arus akan lebih besar dan tegangan akan mengecil. Demikian sebaliknya,jika nominal beban lebih besar dari Rmpp maka arus akan mengecil serta tengangan bertambah. Hal ini akan berimbas pada daya yang dihasilkan.

Pada aplikasinya beban yang digunakan adalah tetap sehingga dengan segala interfensi dari kinerja PV akan sangat sulit untuk mencapai MPPT. Maka sebagai solusinya beban yang dipasang tidak dapat terhubung langsung dengan PV dan harus melalui MPPT. Berikut adalah skemanya:



Gambar 3 Skema koneksi PV,MPPT dan Beban

MPPT akan berupaya agar beban yang dipasang selalu dilihat oleh PV sebagai Rmpp ketika kondisi PV berfluktuatis. Sehingga daya yang didapatkan selalu MPP. Berikut merupakan ilustrasinya:



Gambar 4 Kurva P,I dan V terhadap R

Pada grafik di atas terlihat berbagai macam beban yang diterapkan (Ra,Rb,Rc dan Rd) menghasilkan titik daya(titik operasi). Jika kondisi awal pembebanan pada titik operasi A yang jauh dari nominal MPP, maka MPPT harus menggeser titik operasi kearah kanan sehingga mendekati titik operasi C(MPP). Hal ini dapat dilakukan dengan menurunkan nominal arus atau menaikkan nominal tegangan. Sedangkan jika kondisi awal PV berada pada titik operasi D, maka tiik operasi harus digeser ke kiri mendekati titik operasi MPP dengan cara menaikkan arus PV atau menurunkan tegangan PV.

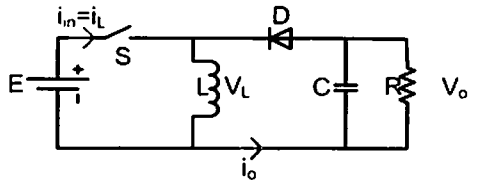
Dari pemahaman diatas didapatkan korelasi antara daya dan tegangan yaitu:

1. $\frac{dP}{dt}$ dan $\frac{dV}{dt}$ bernilai positif maka agar tercapai MPP tegangan harus dinaikkan atau arus diturunkan.
2. $\frac{dP}{dt}$ dan $\frac{dV}{dt}$ bernilai negatif maka tegangan harus diturunkan atau arus diperbesar.

Sehingga syarat atau indikasi bahwa PV sudah mencapai MPP adalah ketika $\frac{dP}{dt} = 0$ dan $\frac{dV}{dt} = 0$.

BUCK BOOST CHOPPER

Pada project ini MPPT yang dipergunakan adalah buck-boost chooper. Buck-boost chopper merupakan DC-DC converter yang mampu menghasilkan tegangan output lebih rendah (buck) atau lebih tinggi (boost) dari tegangan input. Besar kecilnya tegangan output dipengaruhi oleh duty cycle (d) pada saklar. Ketika saklar ON maka tegangan di L akan sama dengan tegangan pada sumber E. Sehingga didapatkan $L\Delta I = E.t_{on}$. Dan ketika saklar OFF energi yang tersimpan pada L berupa arus akan mengalir ke beban dan kembali ke L melalui dioda. Didapatkan $L\Delta I = V_o.t_{off}$.



Gambar 5 Skema Rangkaian Buck Boost Chopper

Jika kedua persamaan ini digabungkan menghasilkan persamaan:

$$E.t_{on} = V_o.t_{off}$$

$$E.t_{on} = V_o.(T - t_{on})$$

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

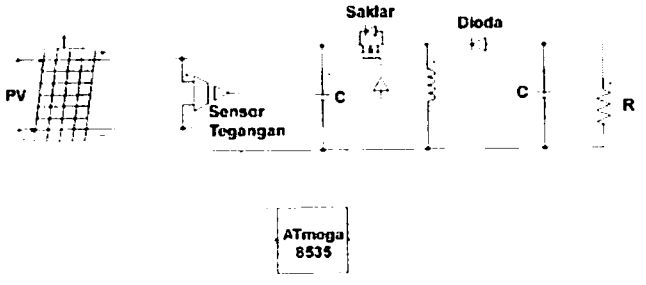
$$V_o = \frac{d}{1-d} E$$

Maka nominal tegangan output sangat bergantung pada duty cycle yang diberikan pada saklar. Jika d<0.5 maka chopper akan menjadi buck yang tegangan outputnya akan berkisar antara 0-E. Sedangkan jika d>0.5 maka tegangan keluaran akan bernilai antara E- tak hingga. Dengan begini jika Buck-Boost Chopper input Chopper dihubungkan PV dan sisi keluaran chopper dihubungkan dengan beban PV, maka beban PV akan dapat selalu terbaca sebagai Rmpp oleh PV sehingga tercapai MPP.

Jika beban kurang dari Rmpp maka Chopper akan menjadi Boost untuk menaikkan tegangan agar titik operasi PV mendekati MPP. Jika beban lebih besar dari Rmpp maka Chopper akan menjadi Buck agar titik operasi bergeser ke kiri. Sehingga akan tercapai MPP ketika $\frac{dP}{dt} = 0$ dan $\frac{dV}{dt} = 0$.

DESAIN HARDWARE

Desain hardware yang akan dipergunakan pada implementasi adalah sebagai berikut:

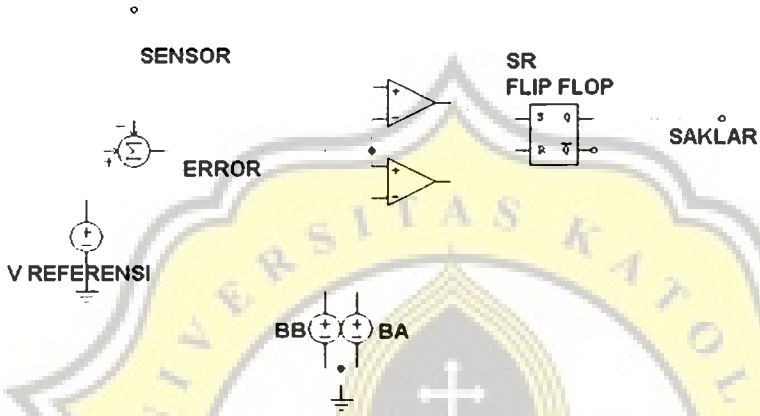


Gambar 6 Skema Hardware Buck Boost Chopper

Tegangan input PV akan disensor hasil sensor ini akan dimasukkan kedalam Atmega 8535 melalui ADC(Analog to Digital Converter) nominal pembacaan ini akan diolah didalam mikrokontrol. Hasil pengolahan ini akan menghasilkan sinyal pensaklaran yang sesuai dengan pembacaan sesor tegangan. Sehingga tegangan input diharapkan akan selalu mencapai tegangan terbaik yang membuat MPP.

DESAIN KONTROL DIGITAL

Kontrol yang dipergunakan pada sistem ini merupakan hysteresis kontrol. Berikut merupakan ilustrasinya:

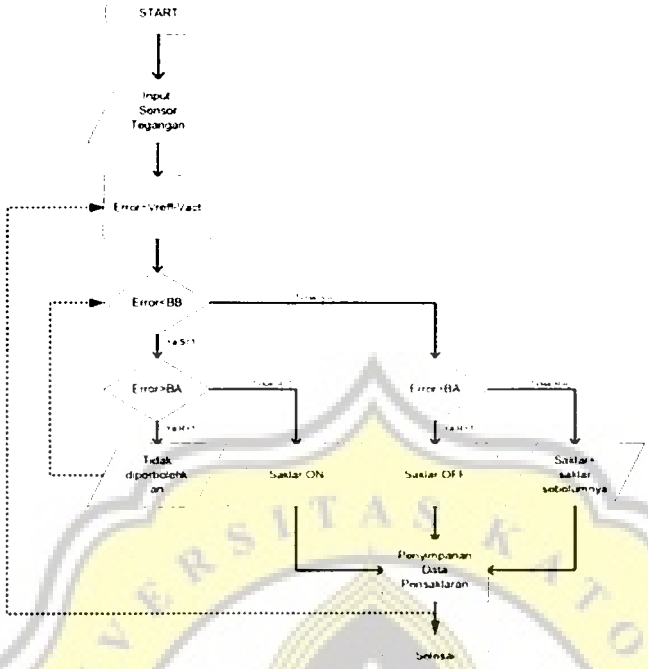


Gambar 7 Skema Kontrol Buck Boost Chopper

Sinyal pembacaan sensor tegangan (Vact) akan dibandingkan dengan tegangan referensi (Vreff) dan akan menghasilkan Error atau penyimpangan/selisih antara tegangan actual dan referensi. Jika error bernilai positif maka tegangan actual lebih rendah dari referensi dan jika error bernilai negatif maka tegangan actual lebih tinggi daripada tegangan referensi.

Setelah didapatkan nominal error, maka error akan dibandingkan dengan nominal tegangan Batas Atas dan Batas Bawah Histeresis. Batas-batas inilah yang akan membatasi agar tegangan aktual akan berfluktuasi disekitar tegangan referensi dengan besar toleransi sebesar batas-batas tersebut. Hasil perbandingan ini akan menghasilkan sinyal inputan untuk SR flip-flop yang akan menghasilkan sinyal pensaklaran.

Seluruh kontrol tersebut akan diringkas dalam bentuk program pada Atmega 8535. Berikut adalah flow chartnya:



Gambar 8 Flow Chart Digital Control MPPT

IMPLEMENTASI

Penulis menggunakan program Code Vision AVR untuk membuat program. Program ini menggunakan bahas pemrograman C. Sensor tegangan yang dipergunakan adalah sensor tegangan sederhana dari rangkaian resistor yang dihubungkan seri. Sensor dirancang dengan gain 1/20. Hal ini dikarenakan sistem diuji menggunakan 4 buah PV dengan enstimasi tegangan maksimal mencapai 100Volt DC. Pembacaan sensor oleh mikrokontrol dilakukan melalui fitur analog to digital converter dengan tegangan maksimal 5V maka sensor dirancang dengan Gain 1/20.

Pengolahan data pada mikrokontrol ada secara digital,maka semua besaran nilai analog juga harus didigitalkan. Rumus mengubah besaran analog tersebut adalah sebagai berikut: (data maksimal adalah 1024)

$$Nilai_{digital} = \frac{Nilai_{analog}}{Tegangan\ referensi} x\ Gain\ Sensor\ x1024$$

$$Nilai_{digital} = \frac{Nilai_{analog}}{5} x\ \frac{1}{20}\ x1024$$

Dan hasil dari digitalisasinya adalah sebagai berikut:

Tabel 1 Digitalisasi Parameter

NAMA	NILAI	DIGITAL
V AKTUAL	60	614,4
BATAS ATAS	0.5	5,12
BATAS BAWAH	-0,5	-5,12

Dengan demikian untuk menemukan error dipergunakan persamaan:

```
Error=Vreff-Vact
Error=612,4-read_adc(0)
```

Perintah read_adc(0) adalah perintah untuk memanggil pembacaan adc pada chanel/pin 0. Setelah didapatkan nilai error,kemudian dilanjutkan proses mencari besaran S(Set) dan R(Reset),berikut adalah listingnya:

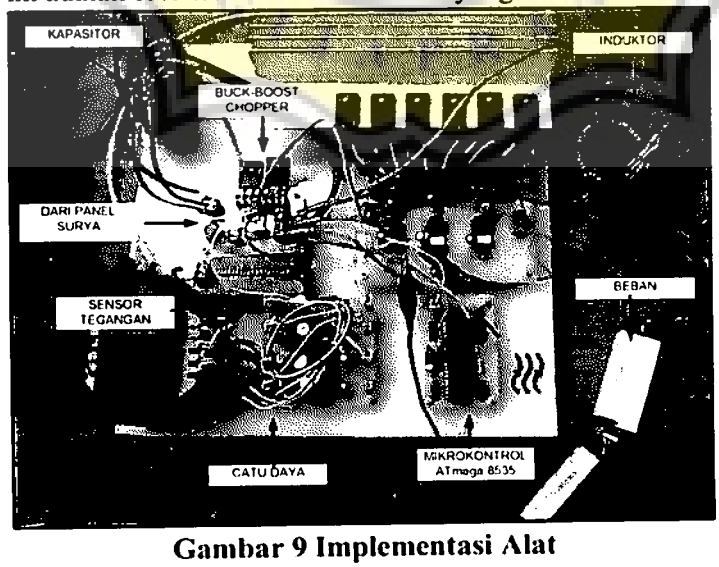
```
if(Error>=BA)
            {  R=1;}

if(Error<BA)
            {  R=0;}

if(Error<=BB)
            {  S=1;}

if(Error>BB)
            {  S=0;}
```

Setelah S dan R didapatkan maka proses akan dilanjutkan ke pengolahan flip-flop SR,berikut merupakan listingnya:

```
if((R==1)&&(S==0))
                {Saklar=0;}
if((R==0)&&(S==1))
                {Saklar=1;}
if((R==0)&&(S==0))
                {Saklar=LastSaklar;}
LastSaklar=Saklar;
```

HASIL DAN ANALISA

Berikut ini adalah foto hardware dari sistem yang dibuat:



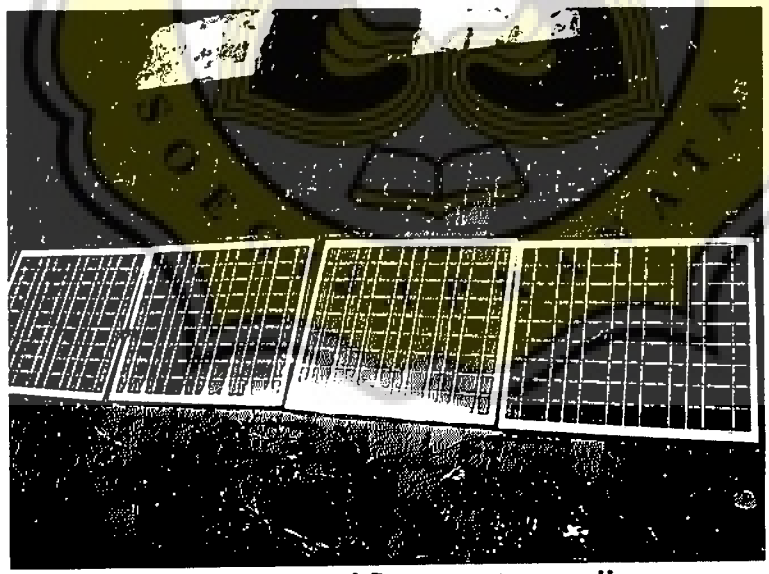
Gambar 9 Implementasi Alat

Rating Komponen dan parameer yang dipakai adalah sebagai berikut:

Tabel 2 Rating Komponen

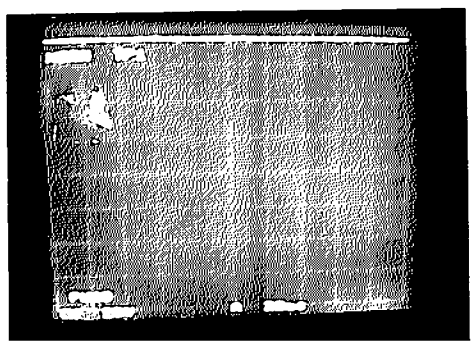
NAMA	PARAMETER	RATING	JUMLAH
PANEL SURYA	WP	50WP	4
	Max V	17,2V	
	Max I	2,91A	
Induktor	Induktansi	2m	1
Capasitor	Capasitansi	220u/200v	1
		470u/200v	1
Beban	Tahanan	10 Ohm	1
Vreferensi		60V	

Pengujian dilakukan pada siang hari pukul 12.00 ketika matahri bersinar sangat terik



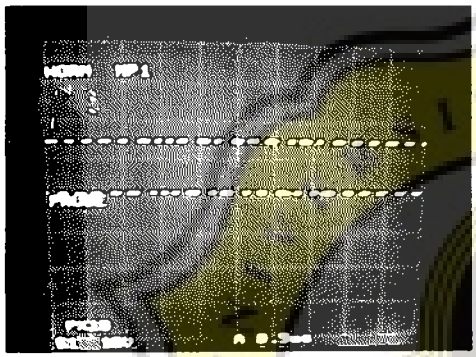
Gambar 10 Panel Surya saat pengujian

Pada sistem hasil yang didapat adalah sebagai berikut:



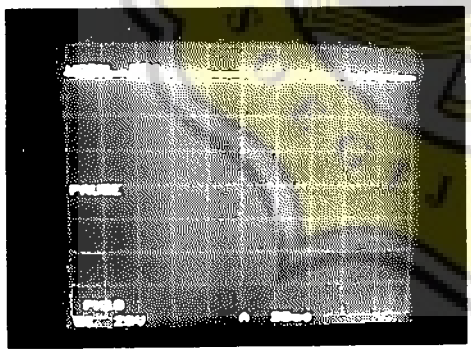
Gambar di samping merupakan tegangan open cicuit dari ke empat PV yang dihubung seri. Nominal menunjukkan bahwa tegangan open circuit sebesar:73.6Volt. (skala Horisontal 1:20volt).

Gambar 11 Tegangan PV oper circuit



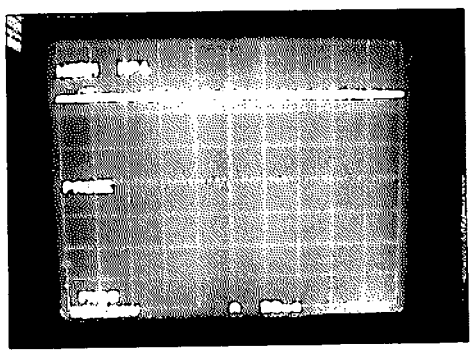
Gambar di samping merupakan sinyal pensaklaran pada buck-boost chopper. Terlhat bahwa sinyal pensaklaran berubah-ubah mengikuti perubahan kondisi panel surya. Sehingga sinyal pensaklaran selalu berubah-ubah duty cycle-nya.

Gambar 12 Pensaklaran pada mosfet



Ketika sistem sudah dijalankan maka tegangan input akan menuju nominal 62,3Volt, sedangkan arusnya sebesar 1,778 A. Sesuai dengan referensi yang diberikan. Hal ini menunjukkan sistem berjalan dengan baik.

Gambar 13 Tegangan Input(PV) saat sistem ON



Gambar di samping menunjukkan tegangan pada output MPPT atau pada beban R. Hasilnya adalah tegangan pada R

sebesar 49,4Volt dan arusnya sebesar 1,607 A.

Gambar 14 Tegangan pada beban R

KESIMPULAN

Dari hasil uji laboratorium didapatkan bahwa sistem berjalan dengan baik. Chopper dapat bekerja dengan respon yang cepat. Kontrol sangan efektif. Sehigga tegangan yang aktual dapat mendekati nominal referensi. Sehingga beban mendapat suplay tegangan secara maksimal. Perubahan duty cycle pada sinyal pensaklaran menunjukkan bahwa kontrol sellu berupaya untuk membuat tegangan input bisa sama dengan tegangan referensi. Ini menunjukkan sistem akan selalu mencapai MPPT.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih kami haturkan kepada seluruh pihak yang membantunya tercapainya implementasi sistem MPPT ini mulai dari awal perancangan hingga pegujian dan berhasil dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

[1]Ardi Winoto. *Mikrokontroller AVR Atmega8/32/16/8535 dan Pemrogramannya dengan bahasa C pada WinAVR.*

[2]Ned Mohan, Tore M. Underland, William P. Robbins, "*Power Electronics, Converters, Applications and Designs*, " Second Edition, Jhon Wiley & Son, Incm New York, 1995

[3]Rashid,Muhammad H. "*Power Electronics, Circuit Devices,and Applications*".2004. Prentice Hall

[4]lkeeunand.blogspot.com. *Jenis-Jenis Sel Surya.* http://lkeeunand.blogspot.com/2011/10/jenis-jenis-sel-surya.html (diunduh pada 25 agustus 2013)

[5] Engin,Mustafa. *Circuit-Based simulation Model for Photovoltaic Panel*.2012

[6] Trigno, Steven Nimmala,Satya Rao,Romeen . "*Buck-Boost Converter Analysis*". 2010.

[7] Durgadevi, A. "*Study and implementation of Maximum Power Point Tracking (MPPT) algorithm for Photovoltaic systems*".2011.