

Kendali Sistem Pengisi Baterai Tenaga Surya Metode Incremental Conductance Berbasis Mikrokontrol

Eric Eko Nurcahyo dan Leonardus. H. Pratomo

Prog.Di Teknik Elektro - Fakultas Teknik

Universitas Katolik Soegijapranata

Jl. Pawiyatan Luhur IV/1 Bendan Dhuwur, Semarang, Indonesia

erlovania@gmail.com

Abstrak – Makalah ini membahas tentang sistem pengisi baterai tenaga surya. Dengan sistem ini, penggunaan energi listrik dapat digantikan dengan energi matahari dan dapat mengatasi masalah krisis energi. Sistem ini di desain menggunakan sebuah DC-DC konverter yaitu Buck Boost Chopper. Konverter ini berfungsi sebagai sarana untuk memaksimalkan nilai kurva daya pada panel surya. Teknik memaksimalkan daya tersebut di kenal dengan nama Maximum Power Point Tracker (MPPT). MPPT pada sistem ini menggunakan metode Incremental Conductance (IC) dengan kendali berbasis duty cycle. Sistem ini telah dimodelkan dan disimulasikan secara analog dan digital. Untuk tahap implementasi akhir, sistem ini diterapkan menggunakan kontrol digital menggunakan mikrokontrol jenis dsPIC30F4012. Penggunaan dsPIC30F4012 bertujuan mempercepat proses pengolahan data untuk kendali MPPT. Pada tahap uji coba ini digunakan tiga buah baterai sebagai beban . Pengujian ini menggunakan tiga sumber panel surya 50 WP yang terhubung seri. Dari tahapan tersebut diperoleh hasil efisiensi konversi energi matahari ke listrik sebesar 60.81 %, efisiensi konverter sebesar 62.01 %.

1. PENDAHULUAN

Seiring berjalannya waktu, kebutuhan manusia semakin meningkat sejalan dengan perkembangan teknologi. Kebutuhan manusia mulai dari makanan, pakaian, rumah, mobil, *gadget* dan berbagai alat elektronik lainnya yang membutuhkan energi. Energi ini sangat berperan penting, baik dalam hal mengolah, merakit, memperoleh, hingga menggunakan. Dengan meningkatnya kebutuhan tersebut, energi sangat diperlukan untuk kelancaran hidup tiap manusia, terutama adalah energi listrik. Dari hal ini dapat diambil kesimpulan bahwa energi listrik juga merupakan salah satu kebutuhan utama dan terpenting sekarang ini.

Kebutuhan terhadap energi listrik yang semakin tinggi memunculkan suatu masalah baru, yang belakangan ini banyak diperbincangkan di berbagai media, dan forum.

diskusi diberbagai negara termasuk Indonesia. Penggunaan energi listrik yang semakin banyak dan tidak didukung dengan pembaruan sumber energi sebagai pembangkit berdampak terjadi krisis energi. Banyak pihak yang mulai mencari sumber energi yang baru

dan dapat terbaharui. Hal ini bertujuan untuk menunjang kebutuhan hidup setiap manusia diberbagai daerah di semua negara.

Di Indonesia, terdapat beberapa sumber energi alternatif yang tersedia dari alam. Salah satu diantaranya adalah energi matahari yang tidak terbatas. Pemanfaatan energi matahari di Indonesia memiliki potensi yang besar untuk dikembangkan berdasarkan kondisi iklim dan posisi geografis Indonesia. Untuk menggunakan energi matahari diperlukan sebuah alat konversi dari energi cahaya matahari menjadi energi listrik. Alat tersebut adalah panel surya. Pada panel surya, ada sebuah karakteristik yang harus dipenuhi agar mencapai konversi yang maksimal [1-6]. Dimana nilai beban mempengaruhi besar nilai konversi.

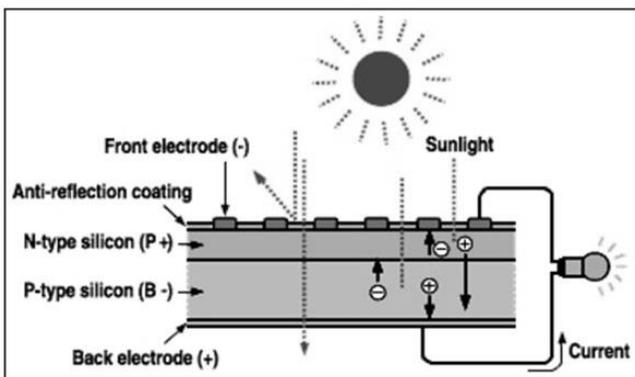
Buck Boost Chopper sebagai konverter berperan penting dalam pengolahan nilai konversi energi untuk mencapai daya maksimal [2]. Teknik memaksimalkan daya dapat dilakukan dengan berbagai metode. Mulai dari metode *fractional open voltage, fractional short current, ripple correlation, fuzzy logic* [3-6]. Metode pengendalian *P&O* sudah banyak diteliti dan menghasilkan nilai konversi yang baik[3,4,6]. Berbeda dengan proses yang ada diatas, pada makalah ini dikembangkan suatu penurunan metode *P&O* kedalam bentuk *incremental conductance* yang akan diturunkan

berbasis kendali *duty cycle*. Suatu analisis diturunkan untuk mendapatkan sistem kendali ini. Setelah analisis didapatkan dilakukan suatu simulasi komputasi. Sebagai tahap akhir diimplementasi prototipe kendali *incremental conductance* berbasis *duty cycle* dengan menggunakan mikrokontrol tipe *dsPIC30F4012*.

1. PANEL SURYA

Panel Surya adalah alat yang mengkonversi energi sinar matahari menjadi energi listrik. Nilai keluaran system pengkonversi ini berupa tegangan dalam arus searah. Panel surya terdiri dari beberapa sel yang saling terhubung seri dan paralel. Pada tiap sel memiliki sambungan bahan semikonduktor jenis P (Positif) dengan semikonduktor jenis N (Negatif).

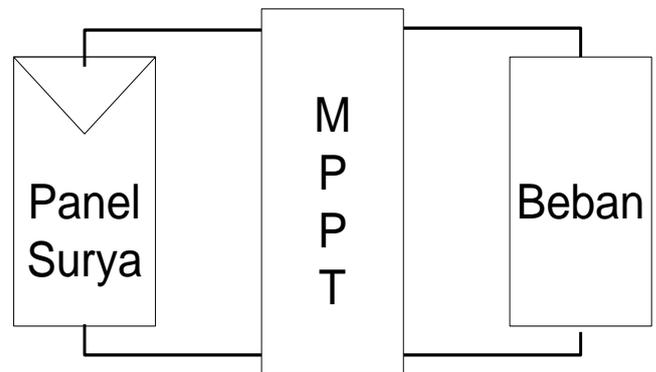
Proses konversi energi sangat berpengaruh terhadap kondisi suhu dan intensitas cahaya [2,6]. Saat terkena sinar matahari terjadi perpindahan elektron sehingga menghasilkan aliran arus listrik. Untuk memaksimalkan proses konversi diperlukan MPPT [1-6]. Proses konversi energi matahari menjadi energi listrik secara sederhana ditunjukkan pada gambar 1 sebagai berikut.



Gambar 1. Prinsip konversi energi pada modul surya.
(<http://jendeladengabei.blogspot.com/2012/11/pembangkit-listrik-tenaga-surya-plts>)

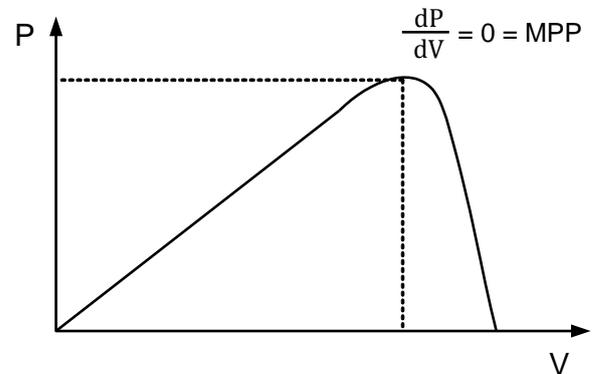
MPPT merupakan metode pengoperasian panel surya untuk memperoleh nilai daya maksimal dengan melihat beban selalu berada pada nilai R_{MPP} [1-6]. Metode ini menggunakan sebuah konverter sebagai penyesuai beban,

dalam implementasi ini menggunakan *buck-boost chopper*.



Gambar 2. Struktur panel surya untuk mendapatkan daya maksimal.

Pada dasarnya panel surya memiliki kurva karakteristik seperti pada gambar 3.



Gambar 3. Kurva karakteristik panel surya daya terhadap tegangan.

Pada gambar 3, daya akan maksimal jika memenuhi persamaan sebagai berikut :

$$\frac{dP}{dV} = 0 \tag{1}$$

Metode ini dikenal dengan nama kendali berbasis *P&O*. Metode ini kemudian diturunkan untuk mendapatkan sistem kendali berbasis *incremental conductance*.

$$\frac{dP}{dV} = \frac{d(I.V)}{dV} \quad (2)$$

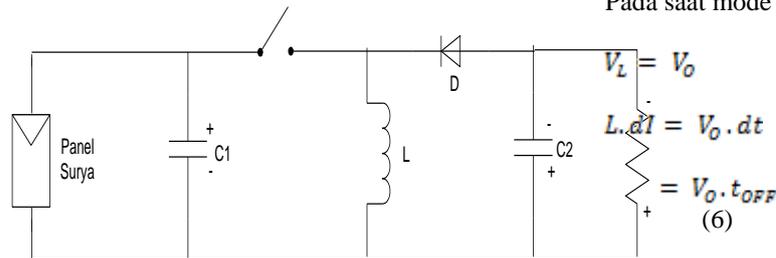
$$0 = V \frac{dI}{dV} + I \frac{dV}{dV} \quad (3)$$

$$0 = V \frac{dI}{dV} + I \quad (4)$$

Dari persamaan (4) dapat dibuat sistem kendali untuk mendapatkan daya maksimal yang dinamakan kendali berbasis *duty cycle*.

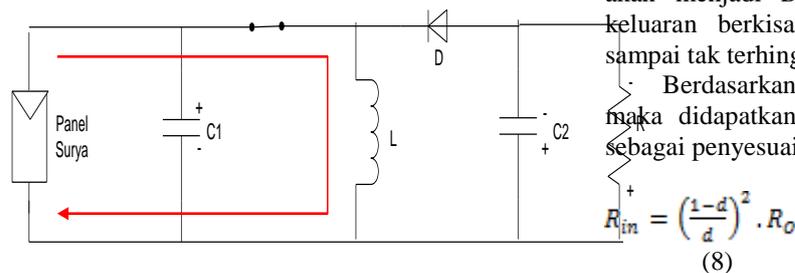
2. BUCK BOOST CHOPPER

Buck Boost Chopper merupakan alat konversi tegangan searah dengan nilai tegangan keluaran yang lebih rendah (*Buck*) atau lebih tinggi (*Boost*) dari tegangan masukannya [2].

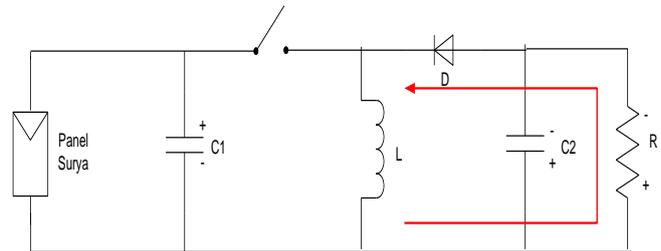


Gambar 4. Skema Rangkaian *Buck Boost Chopper*.

Saklar daya yang digunakan dalam proses pensaklaran adalah *MOSFET*. Berdasarkan rangkaian daya pada gambar 4, terjadi dua buah kondisi, yaitu ketika saklar daya konduksi, gambar 5 dinamakan mode pertama dan saat saklar daya pada saat tidak konduksi, gambar 6 dinamakan mode kedua.



Gambar 5. Mode pertama.



Gambar 6. Mode kedua.

Pada saat mode pertama memiliki persamaan :

$$V_{in} = V_L$$

$$L \cdot dI = V_{in} \cdot dt$$

$$= V_{in} \cdot t_{ON} \quad (5)$$

Pada saat mode kedua memiliki persamaan :

$$\begin{aligned} V_L &= V_O \\ L \cdot dI &= V_O \cdot dt \\ &= V_O \cdot t_{OFF} \end{aligned} \quad (6)$$

Dari persamaan (5) dan persamaan (6) dapat dibuat suatu hubungan masukan dan keluaran sebagai *duty cycle* (*d*), seperti pada persamaan (7).

$$V_O = \frac{d}{1-d} \cdot V_{in} \quad (7)$$

Jika nilai $d < 0.5$ maka *Chopper* akan menjadi *Buck*, dengan nilai tegangan keluaran berkisar antara 0 sampai sama dengan tegangan masukan. Dan jika nilai $d > 0.5$ maka *Chopper* akan menjadi *Boost* dengan nilai tegangan keluaran berkisar antara tegangan masukan sampai tak terhingga.

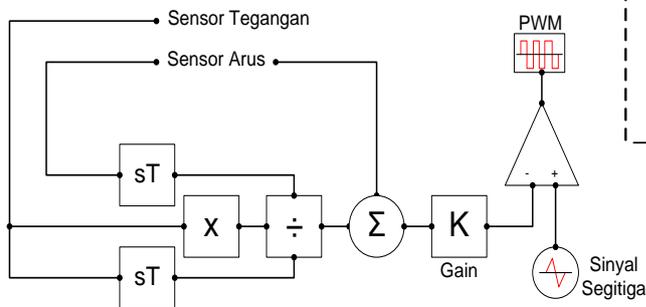
Berdasarkan hukum kesetaraan daya, maka didapatkan suatu hubungan *duty cycle* sebagai penyesuai beban, sebagai berikut :

$$R_{in} = \left(\frac{1-d}{d}\right)^2 \cdot R_O \quad (8)$$

Dari persamaan (8), membuktikan dengan mengatur *duty cycle* membuat *buck boost chopper* dapat menyesuaikan nilai beban (R_o) menjadi sama dengan nilai tahanan dalam sumber atau lebih besar dan lebih kecil dari nilai tahanan dalam sumber.

3. ALGORITMA PEMROGRAMAN

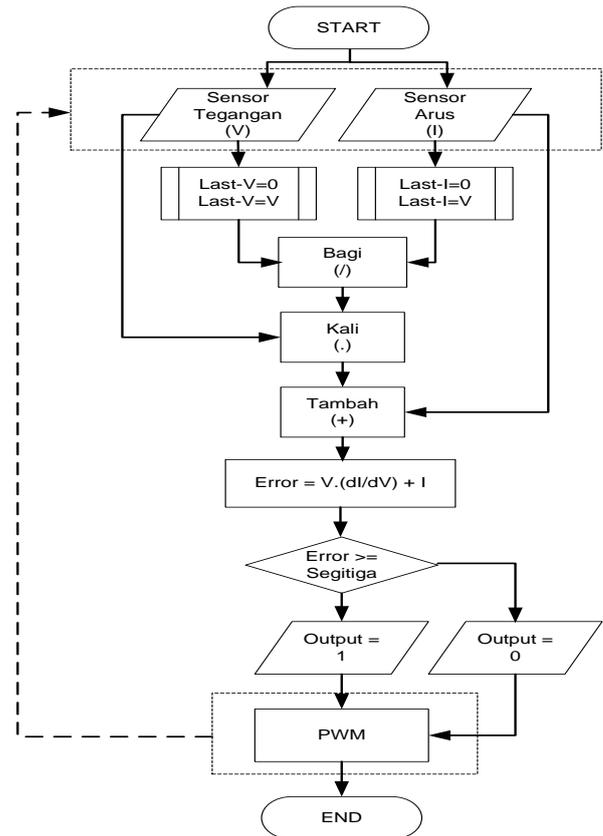
Metode ini telah disimulasikan secara analog dan kemudian dilakukan konversi ke sistem digital agar dapat diolah dengan mikrokontroler *dsPIC30F4012*. Berikut diagram blok kendali kontrol analog, gambar 7 dan *flowchart* alogaritma kendali digital, gambar 8.



Gambar 7. Diagram blok kendali analog.

Pada sistem kendali analog, tegangan dan arus di sensor. Setelah di sensor arus tersebut differensialkan. Hasil dari turunannya dibagi dengan turunan nilai tegangan (tegangan yang telah didiferensialkan). Kemudian nilai hasil pembagian dikalikan dengan tegangan dan ditambah dengan arus. Sehingga hasil akhir sesuai dengan persamaan *Incremental Conductance* dengan kendali berbasis *duty cycle*, persamaan (4).

Setelah proses aritmatika kendali ini dilakukan, maka dilakukan proses modulasi dengan membandingkan nilai tersebut dan sistem pewaktu dalam mikrokontroler. Keluaran dari proses ini adalah suatu modulasi lebar pulsa untuk mengendalikan saklar daya. Berikut ini adalah alogaritma pemrograman yang dilakukan dalam mikrokontroler, pada gambar 8.



Gambar 8. Flowchart algoritma pemrograman.

Pada gambar 8, algoritma pemrograman dimulai dengan memasukkan nilai hasil pembacaan sensor tegangan dan sensor arus. Nilai itu dibawa ke dalam variabel I sebagai arus dan V sebagai tegangan. Untuk mendapatkan nilai penurunan, dibuatlah sebuah variabel *last-V* dan *last-I*. Setelah didapatkan hasil penurunan (*diferensial*), semua masukkan dari sensor diolah dan diproses secara matematik dalam dengan hasil akhir pada variabel bernama *Error*. Nilai dari *Error* digunakan sebagai pembanding dengan nilai pewaktu internal untuk mendapatkan hasil PWM untuk pensaklaran pada rangkaian daya. Nilai dan bentuk sinyal PWM mengikuti perubahan nilai pada pembacaan sensor arus dan tegangan.

Berikut ini adalah metode untuk mendapatkan sinyal segitiga dengan mengolah sistem pewaktu internal pada *dsPIC30F4012*, gambar 9.

```

IPC0 = IPC0 | 0x1000; // Interrupt priority level = 1
TIIF_bit = 0; // Clear TIIF
TIIE_bit = 1; // Enable Timer1 interrupts
TICON = 0x8000; // Timer1 ON, internal clock FCY, prescaler
PR1 = 6000; // Periode Timer1
    
```

5	41.22	2.214	38.18	1.48	91.261	56.506
6	41.2	2.211	38.16	1.483	91.093	56.591
7	41.19	2.212	38.16	1.482	91.112	56.553
8	41.17	2.215	38.15	1.483	91.191	56.576
9	41.2	2.21	38.14	1.481	91.052	56.485
10	41.18	2.218	38.12	1.484	91.337	56.570

Gambar 9. Pembentukan sinyal segitiga.

Setelah sinyal segitiga terbentuk, untuk mendapatkan sinyal PWM, sinyal segitiga akan dikomparasikan dengan nilai *Error* pada gambar 10.

```

if (error >= TMR1)
RDO_bit = 1; // Port D.0 sebagai output sinyal kontrol bernilai "1"
else
RDO_bit = 0; // Port D.0 sebagai output sinyal kontrol bernilai "0"
    
```

Dari tabel percobaan 2, dapat dihitung efisiensi konversi energi matahari ke listrik menggunakan rumus :

$$\text{efisiensi konversi energi} = \frac{P_{\text{input}}}{P_{\text{mpp}}} \cdot 100\% \tag{9}$$

Dan untuk menghitung efisiensi konverter menggunakan rumus :

$$\text{efisiensi konverter} = \frac{P_{\text{output}}}{P_{\text{input}}} \cdot 100\% \tag{10}$$

Gambar 10. Komparasi sinyal segitiga dengan Error

Perbandingan nilai keluaran dengan sistem pewaktu internal akan menghasilkan sinyal kontrol dengan nilai “1” dan “0”

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut ini adalah parameter ujicoba yang dilakukan skala laboratorium.

Tabel 1. Parameter ujicoba

Nama	Parameter	Rating
Panel Surya	WP	50 WP
	Maks V	17.2 V
	Maks I	2.91 A
Induktor	Induktansi	2 mH
Kapasitor	Kapasitansi	220uF/ 160V
		470uF/ 250V
Baterai	Beban	12V/ 7A

Dari hasil ujicoba dilaboratorium didapatkan data, seperti pada tabel 2.

Tabel 2. Data Percobaan

No	V _{in}	I _{in}	V _{out}	I _{out}	P _{in}	P _{out}
1	41.22	2.216	38.24	1.482	91.343	56.671
2	41.19	2.213	38.21	1.481	91.153	56.589
3	41.18	2.219	38.21	1.482	91.378	56.627
4	41.21	2.214	38.19	1.479	91.238	56.483

Pada tabel 2, konverter bekerja sebagai *buck* dan diperoleh hasil konversi energi keseluruhan sebesar 60.81 % dan efisiensi konverter keseluruhan sebesar 62.01 %.

5. KESIMPULAN

Setelah dilakukan implementasi alat dan pengujian, sistem ini dapat berjalan baik dan memiliki hasil konversi energi keseluruhan sebesar 60.81 % dan efisiensi konverter keseluruhan sebesar 62.01 %.

UCAPAN TERIMA KASIH :

Kami ucapkan terima kasih kepada Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan Nasional, karena telah membiayai penelitian dalam skema penelitian hibah bersaing 2013/2014.

DAFTAR PUSTAKA :

[1] Rinovi. A. D, Pratomo, H. L dan Tejo. Y, 2010, "Maximum Power Point Tracker pada Photovoltaic Module dengan menggunakan Fuzzy Logic Controller", CITEE-UGM Yogyakarta.

[2] Riyadi. S, 2012, "Desain Konverter Energy Berbasis Buck Boost Chopper Untuk Panel Surya", Penelitian Hibah Bersaing 2012.

[3] Challa, R. T. J dan Raghavendar, I, 2012, "Implementation of Incremental

- Conductance MPPT with Direct Control Method Using Buck Converter*", IJMER, Vol.2, Issue 6, pp.4491-4496, 2012.
- [4] Septiantoro Catur. M dan Pratomo, H. L, 2013, "*Buck Boost Chopper Sebagai MPP dengan Kontrol Digital Berbasis Atmega 8535*", SNPTE-UNY Yogyakarta.
- [5] Bakti. H. Satya. L dan Pratomo, H. L , 2013, "*Desain dan Implementasi Maximum Power Point Tracker sebagai Pengisi Baterai Berbasis Deteksi Daya dan Tegangan pada Modul Surya*", SNPTE-UNY Yogyakarta.
- [6] Pratomo, H. L dan Christianti, F. R, 2012, "*Menginterkoneksi Beberapa Pembangkit Listrik Tenaga Surya ke Sistem Jaringan Listrik Satu Fasa*", Penelitian Hibah Bersaing 2012.