

# PELACAKAN TITIK DAYA MAKSIMUM PANEL SEL SURYA PADA SISTEM PANEL SEL SURYA – BATERE- BEBAN

**Imelda Ashar**

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta  
Kampus III. JL. Gajah Mada Gn. Pangilun Padang  
Email : mel\_ashar@yahoo.com

## Abstract

*This paper will be offered maximum power point tracking of solar cell in integrated system are solar cell, battery, chopper and load. Proposed method is measuring output power of solar cell and changing duty cycle of buck konverter using microcontroler AT89C5. Output Power solar cell will becompared with power output solar cell beforehand and duty cycle buck konverter will be changed based on result of comparing that output power solar cell. This proses are repeated until maximum power point reached.*

*Keyword : panel sel surya, MPPT, buck konverter, mikrokontroler*

## **I. PENDAHULUAN**

Permasalahan hasil pembuangan bahan bakar fosil dan masalah-masalah lingkungan yang disebabkan oleh pembangkitan daya konvensional telah banyak menyita perhatian kita semua, sehingga saat ini banyak dikembangkan sumber-sumber energi yang dapat diperbaharui dan ramah lingkungan, diantaranya panel sel surya. Sumber panel sel surya saat ini banyak digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti pengisian baterai, pompa air, penyuplai daya di rumah tangga, sistem daya satelit dan lain-lain.

Panel sel surya ini mempunyai keuntungan dalam pemeliharaan dan bebas polusi, tetapi disamping itu biaya akan instalasinya tinggi dan pada sebagian aplikasi membutuhkan power conditioner (konverter dc/dc atau konverter dc/ac) untuk interface beban. Panel sel surya mempunyai efisiensi konversi relatif rendah, dengan menggunakan conditioner daya efisiensi tinggi dengan penambahan disain untuk melacak daya maksimum dari panel sel surya yaitu MPPT (*maximum power point tracking*) untuk memaksimalkan daya keluaran panel sel surya, biaya sistem keseluruhan dapat ditekan.

Berbagai teknik MPPT telah dikembangkan, diantaranya adalah dengan membandingkan tegangan (arus) panel sel surya dengan sebuah referensi tegangan

(arus) [2]. Hasil perbedaan sinyal (error sinyal) digunakan untuk menjalankan konverter dc/dc. Meskipun implementasi dari metoda ini sangat sederhana, tetapi sangat tidak akurat mengingat efek dari temperatur dan radiasi matahari [1]. Penelitian lain menggunakan metoda conductance tambahan yang diusulkan dalam [3] dan [4], didasarkan pada prinsip turunan daya terhadap tegangan sama dengan nol. Metoda ini mempunyai rangkaian kontrol yang kompleks.

Kemudian teknik MPPT terus berkembang dengan menggunakan microcontroller [1]. Microcontroller digunakan untuk mengukur daya keluaran panel sel surya dan merubah duty cycle dari sinyal kontrol konverter dc/dc. Penelitian selanjutnya, mengembangkan suatu metoda baru yang akhir-akhir ini berkembang pesat dan telah banyak penggunaannya yaitu logika fuzzy di dalam teknik MPPT panel sel surya [4].

Metoda yang diusulkan disini yaitu metoda mengukur daya keluaran panel sel surya dan merubah duty cycle konverter dc/dc untuk daerah linier dari grafik daya terhadap tegangan panel sel surya, pada daerah nonliniernya. Sistem ini didasari pada kenyataan bahwa untuk daerah nonlinier dimana merupakan tempat kedudukan dari daya maksimum, dibutuhkan suatu step langkah pencarian titik daya maksimum panel sel surya yang lebih smooth dan cepat.

Microcontroller AT89C51 digunakan untuk mengukur daya output panel surya dan untuk merubah duty cycle dc/dc converter. Dengan mengukur arus dan tegangan panel surya, daya output dihitung dan dibandingkan ke daya output panel surya sebelumnya. Tergantung pada hasil perbandingan, duty cycle diubah sesuai dengannya dan proses diulang sampai *maximum power point* tercapai.

## II. STUDI PUSTAKA

Panel sel surya menghasilkan daya listrik hanya ketika ada radiasi matahari. Sistem panel sel surya sering menggunakan suatu mekanisme penyimpanan energi (batere), sehingga energi listrik dapat digunakan di lain waktu. Selain itu perlu sekali untuk memanfaatkan energi yang dihasilkan oleh panel sel surya seoptimal mungkin untuk melayani beban, dengan mencari kedudukan daya maksimum dari panel sel surya pada setiap kondisi.

Untuk mencegah kondisi overcharge dan over discharged pada batere, dibutuhkan suatu sistem pengontrolan [2].

Selain itu untuk mendapatkan daya maksimum keluaran panel surya dari setiap kondisi, diperlukan suatu pengontrolan MPPT yang menggunakan interface ke beban yaitu sebuah dc/dc konverter tipe buck. dc/dc konverter tipe buck dikontrol oleh microcontroller [1]. Sistem pengaturan MPPT panel surya yang digunakan yaitu program dalam microcontroller.

## III. TEORI PENUNJANG

### 3.1. KARAKTERISTIK PV MODUL

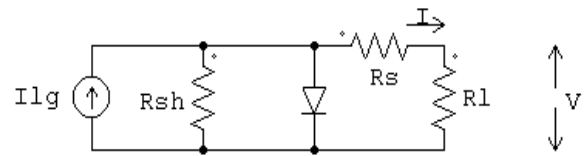
Photovoltaic adalah bahan semikonduktor sejenis dioda yang tersusun atas PN junction yang apabila bahan tersebut terkena sinar matahari akan mengeluarkan tegangan listrik arus searah (dc).

Efisiensi konversi energi dari solar cell komersial secara umum berkisar antara 12% sampai 14 %.

Persamaan yang menggambarkan karakteristik photovoltaic cell.

$$I = I_o \left( e^{\frac{qV}{kT}} - 1 \right)$$

Rangkaian ekivalen PV modul seperti gambar berikut ini :



Gambar 1. Rangkaian ekivalen PV modul

Persamaan karakteristik untuk PV modul secara lengkap diberikan oleh persamaan berikut ini [1]:

$$I = I_{LG} - I_{os} \left\{ \exp \left[ \frac{q}{AkT} (V + IR_s) \right] - 1 \right\} - \frac{V + IR_s}{R_{SH}} \quad (1)$$

dimana

$$I_{os} = I_{or} \left[ \frac{T}{T_r} \right]^3 \exp \left[ \frac{q E_{GO}}{Bk} \left( \frac{1}{T_r} - \frac{1}{T} \right) \right]$$

$$I_{LG} = [I_{SCR} + K_I (T - 25)] \frac{\lambda}{100}$$

dimana :

I dan V : tegangan dan arus keluaran cell

$I_{os}$  : arus saturasi reverse cell

T : temperatur cell dalam °C

K : konstanta Boltzman

Q : muatan elektronik

$K_I = 0,0017 \text{ A/}^\circ\text{C}$  : koefisien temperatur arus short circuit pada  $I_{SCR}$

( $\text{W/m}^2$ ) : radiasi matahari

$I_{SCR}$  : arus hubung singkat pada 25°C dan 1000  $\text{W/m}^2$

$I_{LG}$  : arus light-generated

$E_{GO}$  : band-gap untuk silicon

$B=A=1,92$  : faktor idealitas

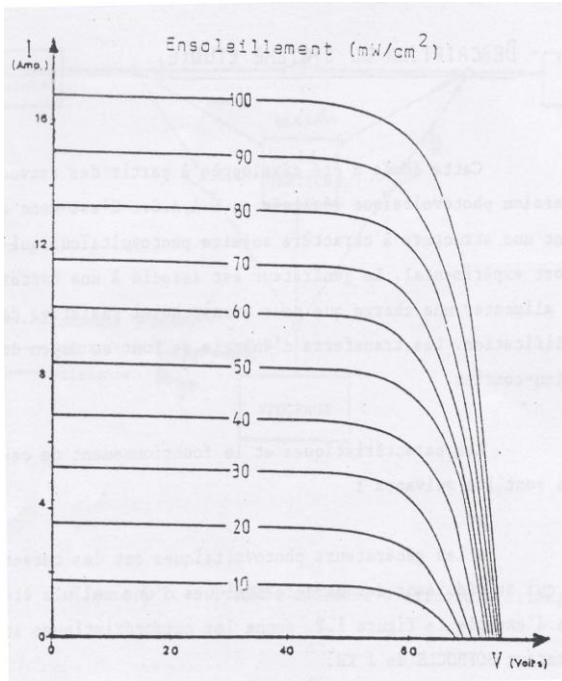
$T_r = 301,18^\circ\text{K}$  : temperatur referensi

$I_{or}$  : arus saturasi cell pada  $T_r$

$R_{sh}$  : resistansi shunt

$R_s$  : resistansi seri

Karakteristik PV modul sebagai fungsi temperatur dan radiasi diperlihatkan pada gambar berikut :

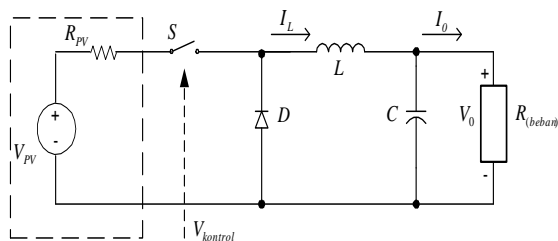


Gambar 2. Karakteristik PV modul

Perubahan temperatur mempengaruhi sebagian besar tegangan keluaran PV, dan perubahan radiasi matahari mempengaruhi sebagian besar arus keluaran PV. Titik potong garis beban dengan karakteristik I-V PV modul merupakan titik operasi. Daya maksimum yang dihasilkan berdasarkan pencocokan garis beban dibawah kondisi atmosfer yang bervariasi.

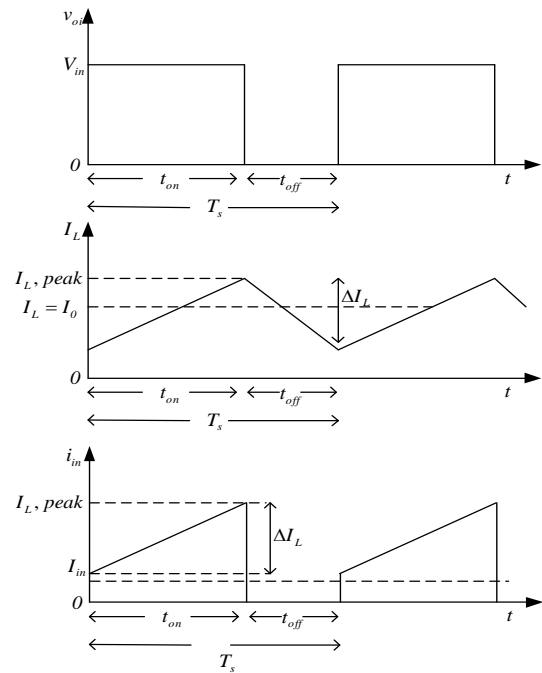
### 3.2. Konverter dc/dc

Konverter dc/dc tipe Buck digunakan untuk interface keluaran PV ke baterai dan untuk mengetrack titik daya maksimum dari PV array.



Gambar 3. Konverter dc/dc tipe buck

Bentuk gelombang buck konverter dalam mode konduksi kontinue dapat dilihat pada gambar berikut ini :



Gambar 4. Bentuk gelombang Buck konverter

Seperti dapat dilihat pada gambar diatas; tergantung pada beban dan parameter rangkaian, arus induktor dapat kontinue [  $I_L(t) < 0$  ] atau diskontinue [  $I_L(t) = 0$  sebelum akhir perioda switching ].

Tegangan keluaran rata-rata :

$$V_o = \frac{1}{T_s} \int_0^{T_s} v_o(t) dt = \frac{1}{T_s} \left( \int_0^{t_{on}} V_d dt + \int_{t_{on}}^{T_s} 0 dt \right) = \frac{t_{on}}{T_s} V_d = D V_d \quad (2)$$

$$V_o = D V_d \quad (3)$$

$$V_o = \frac{V_d}{V_c} V_{kendali} = k V_{kendali}$$

dimana :

$$k = \frac{V_d}{V_c} = \text{konstanta}$$

$V_c$  = amplitudo tegangan gelombang carrier

dan frekuensi switching,

$$f_s = \frac{1}{T_s}$$

dimana  $T_s = t_{on} + t_{off}$

$$\text{dan } D = \frac{t_{on}}{T_s} \quad (4)$$

Beban induktif akan membuat arus beban tidak bisa berubah mendadak. Saat saklar dibuka, energi yang tersimpan di induktor akan memaksa arus tetap mengalir. Dioda freewheel sebagai lintasan saat saklar membuka. Agar filter meredam harmonisa yang dihasilkan konverter maka haruslah frekuensi resonansi filter jauh lebih kecil dari frekuensi switching konverter.

Pengendalian konverter dc/dc ini dengan mengatur sedemikian rupa nilai tegangan keluaran rata-rata sehingga sesuai dengan yang diharapkan walaupun tegangan sumber dan beban berubah.

#### **IV. Metodologi**

Untuk dapat mencapai titik daya maksimum setiap saat dari panel sel surya untuk sistem yang terdiri dari panel sel surya, buck konverter, baterai dan beban ini. Pertama sekali dirancang teknik pengendalian MPPT ini dengan membagi kondisi kerja sistem atas beberapa kondisi yang tergantung kepada keadaan sinar matahari. Pembuatan alat kendali dengan menggunakan mikrokontroler AT89C51 dimulai dahulu dengan membuat logika program, program dan kemudian alat (hardwarenya). Chopper jenis buck konverter dibuat dua buah dengan teknik kendali yang berbeda. Pengujian dilakukan untuk setiap peralatan secara terpisah dan untuk sistem secara keseluruhan.

#### **V. Perancangan pengendalian MPPT Panel surya**

Sistem yang direncanakan disini yaitu panel surya sebagai penyuplai energi, baterai sebagai storage dan beban, sedangkan controller diwakili oleh microcontroller, seperti gambar 5.

Dengan memperhatikan siklus intensitas cahaya matahari, keadaan baterai dan beban, maka sistem ini dapat dibagi kedalam beberapa kondisi kerja sebagai berikut :

Kondisi 1 :

- Daya panel sel surya lebih besar dari 0.
- Baterai dalam keadaan kosong
- Pada kondisi ini daya panel sel surya akan disuplai ke baterai (pengisian baterai).

Kondisi 2 :

- Daya panel sel surya lebih besar dari daya beban.
- Baterai dalam kondisi diisi.
- Pada kondisi ini beban diberi catu daya dari panel sel surya, kelebihan daya panel sel surya digunakan untuk mengisi baterai.

Kondisi 3 :

- Daya panel sel surya lebih besar dari daya beban.
- Baterai penuh.
- Pada kondisi ini beban diberi catu daya dari panel sel surya, dan kelebihan daya panel sel surya tidak digunakan.

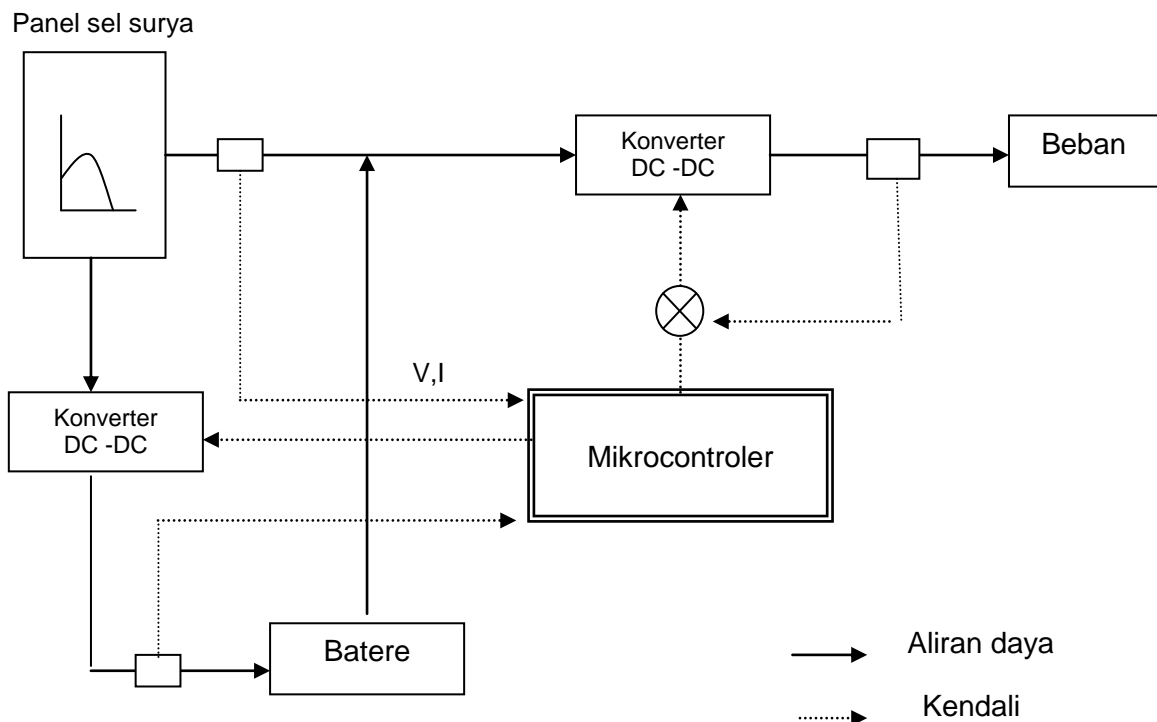
Kondisi 4 :

- Daya panel sel surya lebih kecil dari pada kebutuhan beban.
- Baterai melepaskan muatan.
- Pada kondisi ini, beban diberi catu daya dari panel sel surya, dan kekurangannya dibantu oleh baterai.

Kondisi 5 :

- Panel sel surya tidak menghasilkan daya (malam hari).
- Baterai melepaskan muatan.

Pada kondisi ini, panel sel surya tidak menghasilkan daya yaitu pada saat malam hari, karena itu hanya baterai yang memberikan catu daya ke beban



Gambar 5. Model Sistem

Tabel 1. Kondisi kerja sistem

	Kondisi	Batere	Beban diberi catu daya	C1	C2	MPPT
1	PV menyuplai batere	Charging	-	-	✓	✓
2	PV menyuplai batere & beban	Charging	✓	✓	✓	✓
3	PV menyuplai beban	Penuh	✓	✓	-	-
4	PV dan Batere menyuplai beban	Discharge	✓	✓	-	-
5	Batere menyuplai beban	Discharge	✓	✓	-	-

Kelima kondisi kerja diatas dapat dirangkum ke dalam tabel 1. Maximum Power Point (MPP) hanya terjadi pada kondisi kerja 1,2. Pada kondisi kerja 3, daya yang diberikan panel sel surya ke beban melalui konverter DC-DC C1, hanya tergantung kepada kebutuhan daya dari beban, sehingga tidak perlu dilakukan MPPT. Pada kondisi kerja 5, daya panel surya tidak ada, sehingga beban hanya dicatu dayanya dari batere.

### 5.1. Maksimum Power Point Tracking (MPPT)

Daya maksimum sel surya selalu berubah sebagai fungsi intensitas cahaya matahari, temperatur, dan keadaan cuaca. Karena itu sistem harus bekerja pada titik

daya maksimum sehingga daya sel surya yang tersedia setiap saat dapat dimanfaatkan seoptimal mungkin. Proses untuk mencari daya maksimum tersebut disebut Maximum Power Point Tracking (MPPT).

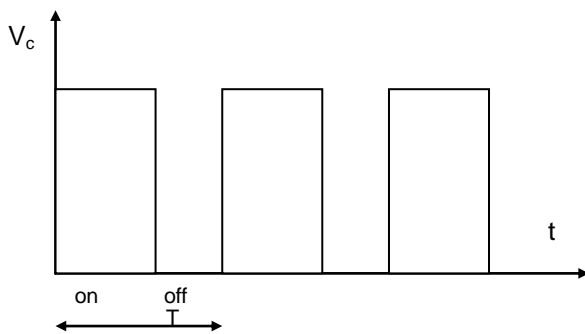
Pertama sekali dilakukan sampling tegangan dan arus panel sel surya sehingga daya panel sel surya dapat dihitung. Kemudian dibandingkan daya aktual dengan daya sebelumnya. Jika lebih besar, di periksa lagi tegangan aktual dengan tegangan sebelumnya. Jika tegangan aktual lebih besar dari tegangan sebelumnya, maka  $V_{ref}$  dinaikkan.

### 5.2. Sistem Kendali Konverter

Pada sistem dari gbr.5, kerja dari setiap konverter DC-DC harus diatur sebaik

mungkin sehingga transfer energi dari panel sel surya ke beban/batere dapat optimal mungkin. Pengendalian konverter dc-dc dilakukan dengan logika terprogram (*programmable logic*) berbasis *microcontroller*.

Pada konverter DC-DC, tegangan keluaran merupakan fungsi waktu konduksi ( $T_{on}$ ) dan waktu tidak konduksi ( $T_{off}$ ) dari transistor saklar. Untuk menghasilkan sinyal kendali  $T_{on}$  dan  $T_{off}$  ini diperlukan suatu modulator lebar pulsa (PWM). Disini digunakan PWM numerik yang menghasilkan sinyal kendali seperti berikut :



Gambar 6. Periode on-off buck konverter

Sinyal kendali konverter DC-Dc tersebut dalam sistem akan mengatur besarnya tegangan keluaran.

Pada kondisi kerja 1, panel sel surya mentransfer energi melalui konverter dc-dc C1 ke batere. Karena tegangan keluar relatif konstan, maka kendali konverter dc-dc C1 dengan loop arus.

Sedangkan pada kondisi kerja panel sel surya menyuplai daya hanya kepada beban, maka kendali konverter dc-dc dengan loop kendali tegangan.

### 5.3. Pembangkitan Gelombang Sinyal PWM

Untuk mendapatkan pulsa pwm seperti flowchart diatas, maka dibuat PWM numerik dengan program bahasa assembler untuk mikrocontroler AT89C51.

Waktu untuk satu siklus mesin, dengan pencacah dari microcontroller 1,0592 MHz, adalah :

$$\frac{12}{11,0592} = 1,085 \mu s$$

Prosedur membangkitkan pulsa, berisi instruksi mencari alamat data pulsa pada EPROM sesuai dengan hasil perhitungan daya dan logika MPPT yang telah dijelaskan didepan.

Sinyal PWM yang dibangkitkan ini menggunakan fasilitas Timer/Counter 0 16 bit yang diatur dalam program. Pemilihan mode ini dilakukan dengan memberikan nilai 01H pada register TMODE dan bit TR0 pada register Tcon diset.

Apabila timer/counter diaktifkan pada pada frekuensi kerja microcontroller 12 MHz, timer/counter akan melakukan perhitungan waktu sekali setiap 1  $\mu s$  secara independen, tidak tergantung pada pelaksanaan suatu instruksi. Satu siklus pencacahan waktu berpadanan dengan satu siklus pelaksanaan instruksi, sedangkan satu siklus diselenggarakan dalam waktu 1  $\mu s$ . Apabila periode waktu tertentu telah dilampaui, timer/counter segera menginterupsi microcontroller untuk memberitahukan bahwa perhitungan periode waktu telah selesai dilaksanakan.

Periode waktu timer/counter 16 bit adalah :

$$T = (65535 - TH_x TL_x) \times 1,085 \mu s$$

THx dan TLx adalah masing-masing adalah register 8 bit dimana THx untuk 8 bit byte atas dan TLx untuk 8 bit byte bawah untuk timer 16 bit.

Register THx dan TLx ini berisi data pulsa dalam heksadesimal yang disimpan dalam EPROM.

## VI. Data dan hasil

Dengan menggunakan data panel sel surya berikut :

Tabel 2. Data panel sel surya

Tipe	: M 75
Performance (at 1000 mW/cm <sup>2</sup> )	
Max Power 25°C	49 Watts
I @ max Power	3,06 Ampere
V @ Max Power	16,0 Volt
Short Circuit current	3,27 Ampere

Tabel 3. Hasil Pengujian MPPT panel sel surya

No	Tegangan Panel Sel Surya (V)	Arus Panel Sel Surya (A)	Daya Panel Sel Surya (W)
1	28.96	0.66	19.1136
2	29.44	0.68	20.0192
3	28.80	0.82	23.6160
4	31.84	1.50	47.7600
5	38.72	1.50	58.0800
6	31.68	1.50	47.5200
7	38.72	1.50	58.08.00
8	38.40	1.50	57.6000
9	39.04	1.46	56.9984
10	40.00	1.46	58.4000

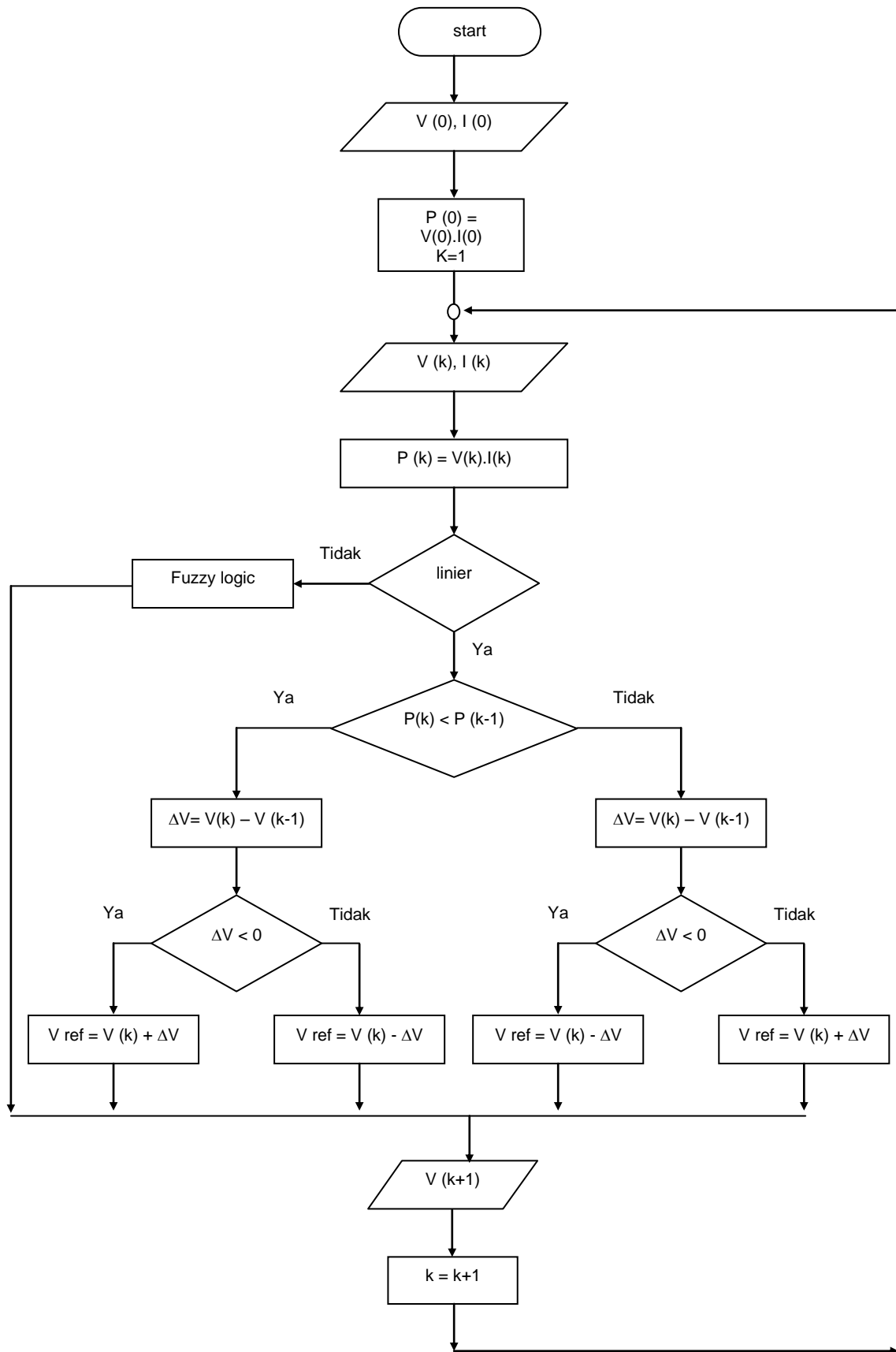
## VII. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis, maka dapat disimpulkan :

1. Didalam sistem yang terdiri dari panel sel surya, beban dan batere, dapat digunakan hanya dua buah konverter dc-dc penurun tegangan. Dengan adanya dioda, maka akan memblok arus balik ke panel sel surya sehingga konverter pertama dapat digunakan untuk dua konsisi kerja, sehingga sistem lebih sederhana.
2. Proses pelacakan titik daya maksimum dilakukan setiap selang waktu 2 detik. Dengan pertimbangan bahwa time konstan (waktu perubahan) intensitas matahari tidaklah terlalu cepat.
3. Dari hasil percobaan dapat dibuktikan bahwa sistem selalu bekerja disekitar titik daya maksimumnya, berarti proses MPPT dapat berjalan dengan baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Koutroulis, E., Kalaitzakis, K. and C Voulgaris, Nicholas., Development of Microcontroller-Based Photovoltaic Maximum Power Point Tracking Control System., IEEE Transaction on Power Electronics Vol 16 No 1 Th 2001.
- [2] A Green, Martina., Solar Cells, Operating Principles Technology and System Applications, Prentice Hall Series, 1982.
- [3] Messenger, Roger and Ventre, Jerry., Photovoltaic Systems Engineering., CRC Press., 2000.
- [4] Mohan, Ned, etc., Power Electronics; Converter, Applications, and Design., John Wiley & Sons Inc, 1995.
- [5] J. Ross, Timothy, Fuzzy Logic with Engineering Applications, McGRAW-Hill International Editions, 1997.
- [6] Thorborg, Kjeld, Power Electronics, Prentice-Hall International (UK) Ltd, 1988.
- [7] Jang, J S Roger, etc, Neuro-Fuzzy and Soft Computing, A Computational Approach to Learning and Machine Intelligence, Prentice-Hall International, Inc, 1997.



Gambar 7. Flowchart MPPT panel sel surya