

PENGOPTIMALAN DAYA MENGGUNAKAN METODE SECANT PHOTOVOLTAIC STATIS

Riny Sulistyowati¹, Joko Ramatulloh²

^{1,2}Jurusan Teknik Elektro, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya
Jalan Arief Rahman Hakim 100 Surabaya 60117, Telp/Fax +62-31-594-5043
Email: riny.971073@itats.ac.id

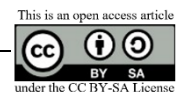
Info Artikel

Histori Artikel:
Diterima Agu 23, 2022
Direvisi Sep 15, 2022
Disetujui Okt 30, 2022

ABSTRACT

A solar panel is a series of photovoltaic cells that converts sunlight into electrical energy. The solar panel can work optimally during daytime because the output power depends on the light intensity, temperature and load contained in the solar panel. Therefore an algorithm of Maximum Power Point Tracker (MPPT) is required as a storage control in order to obtain the maximum output power using secant method. This method is one of the methods used to find the root value of an equation, i.e. by taking sampling of an equation that will be used to assess the equation root by applying the slope estimate differentiation. The result of this method was used to set up the duty cycle utilizing DC-DC buck converter. Duty cycle was set at 50% with a duration of 0.25 seconds, functioned to regulate the output voltage of the solar panel in order to be in maximum position which does not exceed 14 V. At the peak position the tracking was slightly constrained by reading output voltage from the solar panel to calculate the new value. Thus, the output of the solar panel would follow the output of solar panel in order to be at the maximum point.

Keywords: Solar Panel, MPPT, Secant Method, Buck Converter



ABSTRAK

Panel surya merupakan serangkaian sel fotovoltaik yang mengkonversi sinar matahari menjadi energi listrik. Panel surya dapat bekerja maksimal pada saat siang hari sehingga besarnya daya keluaran bergantung dari intensitas cahaya, temperatur dan beban yang terdapat dalam panel surya. Oleh karena itu dibutuhkan sebuah algoritma maximum power point tracker (MPPT) sebagai kontrol penyimpanan agar mendapatkan daya keluaran yang maksimum menggunakan metode secant. Metode secant merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mencari nilai akar dari suatu persamaan. Yakni dengan mengambil sampling dari suatu persamaan yang akan digunakan berikutnya untuk menaksir akar persamaan dengan menggunakan diferensi memperkirakan kemiringan. Hasil dari metode tersebut untuk mengatur duty cycle menggunakan converter DC-DC buck. Duty cycle diatur sebesar 50% dengan lama setiap periode sebesar 0.25 detik berfungsi untuk mengatur tegangan keluaran dari panel surya agar berada pada posisi maksimal yakni tidak melebihi 14 V. Dalam posisi puncak penjejukan sedikit terkendala oleh membaca tegangan keluaran dari panel surya untuk menghitung nilai baru. Dengan demikian hasil keluaran dari panel surya akan tetap mengikuti keluaran dari panel surya agar berada pada titik maksimal.

Kata Kunci: Panel Surya, MPPT, Metode Secant, Konverter Buck

Penulis Korespondensi:

Riny Sulistyowati,
Teknik Elektro dan Fakultas Teknik Elektro dan Teknologi Informasi,
Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya,
Jl Wiguna Selatan XV/ Surabaya.
riny.971073@itats.ac.id



1. PENDAHULUAN

Kebutuhan akan energi listrik di Indonesia sangat besar seiring bertambahnya penduduk dan industri yang banyak. Sementara jumlah pembangkit yang terbatas dan sumber energi fosil yang semakin berkurang. *Non renewable* ini jika digunakan secara terus menerus akan habis nantinya, memerlukan waktu pembentukan sampai ratusan juta tahun. Dampak yang diakibatkan dari penggunaan energi ini juga tidak baik bagi lingkungan serta mempunyai resiko bahaya radiasi yang mematikan pada pengolahan energi nuklir. Sehingga saat ini banyak digunakan energi alternatif seperti biomassa, tenaga angin, energi surya dan lainnya untuk menjawab masalah *Non renewable* serta untuk membantu dalam hal pemerataan energi listrik di seluruh Indonesia dan sebagai ketahanan energi nantinya.

Dalam pengaplikasiannya, keluaran dari panel surya tidak tetap atau *nonlinier* serta mempunyai beberapa kendala. Karena keluaran dari panel surya *nonlinier* maka di butuhkan cara untuk pengoptimalan yang di sebut *maximum Power Point Tracker (MPPT)* sebagai algoritma untuk mengetahui titik maksimum output dari panel surya dengan menggunakan metode numerik persamaan nonlinier. Pendekatan metode tersebut menggunakan gradien [1,2]. Kelemahan dari metode ini ketika titik pendekatannya berada pada titik ekstrim atau titik puncak maka titik selanjutnya akan berada di tak berhingga. Metode ini menjadi sulit atau lama mendapatkan penyelesaian ketika titik pendekatannya berada di antara dua titik stasioner. Maka metode secant menjadi jawaban atas permasalahan yang dihadapi oleh metode Newton-Raphson.

Penelitian dengan judul “Rancang Bangun *Maximum Power Point Tracker (MPPT)* pada Panel Surya dengan menggunakan Metode Fuzzy”, di dapatkan hasil efisiensi daya output yang di hasilkan *Photovoltaic* rendah karena karakteristik tegangan terhadap arus tidak linier terhadap pembebanan [3,5,6]. Hal tersebut di karenakan faktor intensitas cahaya, suhu dari PV. Yang menyebabkan terdapat titik unik pada kurva V-I atau V-P yang dinamakan *Maximum Power Point (MPP)*. Dengan menggunakan konverter DC-DC buck dengan kontrol metode *Fuzzy* hasilnya lebih maksimal. Penambahan membership pada parameter input sesuai dengan karakteristik yang ada pada PV. Namun hasil dari sistem ini kurang maksimal ketika di gunakan *Buck Converter* tidak dapat menaikkan tegangan,

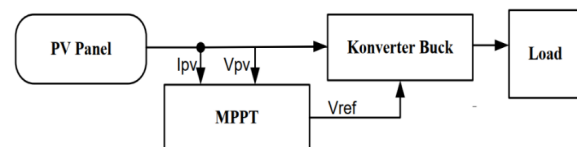
sehingga apabila tegangan input MPPT kurang dari tegangan 10V, tidak dapat dipacu menuju titik MPP [7,8,9].

Pada penelitian yang lain membahas menggunakan switch pada konverter untuk mengatur duty cycle saat beroperasi pada tegangan saat titik daya maksimum. Karena MPPT membutuhkan *ripple* tegangan dan arus *input* yang kecil dari luaran PV agar didapatkan dayanya optimal. Sehingga daya keluaran dapat disalurkan pada beban atau baterai agar dapat meningkatkan efisiensi kerja dari PV [10,11,12]. Setiap beban hanya mencapai nilai efisiensi load factor yang tinggi hanya pada level iluminasi matahari tertentu, karena nilai beban mendekati nilai resistansi internal panel surya. Dibandingkan dengan sistem dengan metode MPPT PID nilai efisiensi load dengan beban yang berbeda-beda semuanya mendekati maksimum.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Desain Sistem

Desain pada penelitian yang mengangkat algoritma MPPT dengan metode Secant dengan menggunakan konverter DC-DC buck, berikut adalah blok diagram sistem:



Gambar 1. Blok Diagram Desain Sistem

Sistem terdiri dari modul panel surya dan konverter buck. Panel surya membangkitkan tegangan dan arus listrik yang dipengaruhi oleh iradiasi sinar matahari dan temperature pada permukaan panel surya, sehingga daya yang dibangkitkan oleh panel surya tidaklah dapat bekerja secara maksimal.

2.2 Parameter Panel Surya

Dalam pemodelan panel surya dibutuhkan beberapa parameter dari panel surya yang digunakan untuk pemodelan ini yang kemudian dapat digunakan untuk menentukan karakteristik kurva I-V pada panel surya yang digunakan.

Nilai P_{maks} didapat dari perhitungan:

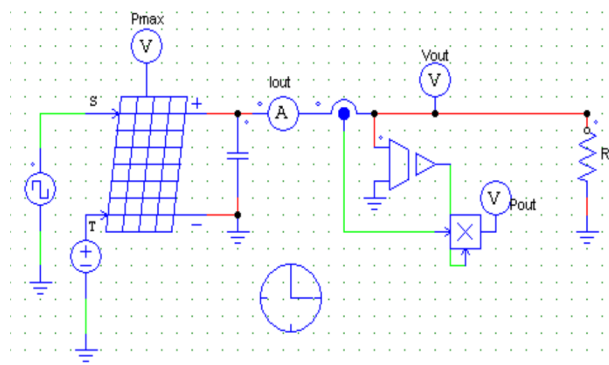
$$\begin{aligned}
 P_{maks} &= I_{maks} \times V_{maks} \\
 &= 3,5 \text{ A} \times 17,1 \text{ V} \\
 &= 59,85 \text{ W}
 \end{aligned}$$

Tabel 1. Parameter Panel Surya pada Iradiasi 1000 W/m² dan Temperatur 25°C

Parameter	Nilai
Maximum Power Point (P_{maks})	60 W
Voltage at P_{maks}	17,1 V
Current at P_{maks}	3,5 A
Open-Circuit Voltage (V_{oc})	21,1 V
Short-Circuit Current (I_{sc})	3,8 A

2.3 Perancangan Panel Surya tanpa Menggunakan MPPT

Komponen-komponen mempunyai fungsi masing-masing dalam simulasi ini. Sumber tegangan kotak dan DC memberi tegangan pada rangkaian, penggunaan tegangan kotak bertujuan agar dapat dengan mudah melihat keluaran dari panel surya dengan gelombang kotak. Sensor tegangan dan sensor arus bertujuan untuk melihat daya yang dibangkitkan dari panel surya dengan menggunakan komponen *multiplier* untuk mengalikan keduanya.



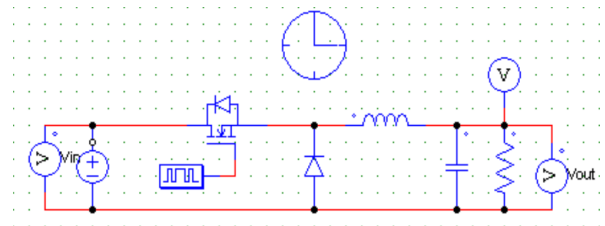
Gambar 2. Panel Surya tanpa Menggunakan MPPT

Dalam perancangan ini nilai yang dihasilkan dari panel surya P_{out} merupakan hasil kali antara V_{out} dan I_{out} sehingga jika yang dihasilkan:

$$\begin{aligned}
 V_{out} &= 9,18 \text{ V} \\
 I_{out} &= 1,31 \text{ A} \\
 P_{out} &= 9,18 \text{ V} \times 1,31 \text{ A} \\
 &= 12,02 \text{ W}
 \end{aligned}$$

2.4 Perancangan Konverter DC-DC Buck

Dalam perancangan MPPT ini dibutuhkan sebuah konverter untuk mendapatkan titik puncak pada panel surya ini. Dan pada perancangan ini konverter buck dipilih untuk mendapatkan nilai maksimal dari panel surya.



Gambar 3. Rangkaian Buck Converter

Dalam perancangan dibutuhkan parameter dan nilai rancangan dari konverter buck yang akan digunakan.

Tabel 2. Parameter dan Nilai *Buck Converter*

Parameter	Nilai
Input Voltage (V_{in})	21 V
Output Voltage (V_{out})	14 V
Output Current (I_{out})	2 A

Sehingga dapat mencari nilai dari Kapasitor dan Induktor pada *Buck Converter*

$$\begin{aligned}
 D &= \frac{V_{out}}{V_{in}} & ripple &= \frac{\Delta V_o}{V_o} \\
 &= \frac{14}{21} & &= \frac{1-D}{8LCf^2} \\
 &= 0,667 & &= 4 \%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta V_o &= r V_o \\
 &= 0,04 \times 14 \\
 &= 0,56
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L &= \frac{1}{f} \frac{(V_{in}-V_o) \cdot V_o}{V_d \cdot \Delta V_o} \\
 &= \frac{1}{40k} \frac{(21-14) \cdot 14}{21 \cdot (0,56)} \\
 &= 0,000025 \times 7 \times 0,667 \times 1,786 \\
 &= 208,47 \mu H
 \end{aligned}$$

Dipilih Induktor sebesar 200 μH yang tersedia di pasaran

$$\begin{aligned}
 C &= \frac{V_o(1-D)}{8L \Delta V_o f^2} \\
 &= \frac{14(1-0,667)}{8(208,47\mu)(0,56)(40k)^2} \\
 &= \frac{4,662}{37357,824} \\
 &= 12,4793 \mu F
 \end{aligned}$$

Dipilih komponen kapasitor 10 μF dan dua buah 1 μF yang disusun secara rangkaian paralel agar mendapat mendekati yang diharapkan yakni 12,4793 μF

$$R = \frac{V_o}{I_o}$$

$$= \frac{14}{2}$$

$$= 7 \Omega$$

Nilai dari masing-masing komponen dalam konverter diketahui

$$L = 208.47 \mu H$$

$$C = 12,4793 \mu F$$

$$R = 7 \Omega$$

2.5 Metode Secant Pada Converter

Metode Scant adalah suatu metode pendekatan fungsi turunan atau $f(x)$. Untuk menentukan nilai turunan fungsi yaitu dengan cara menentukan kemiringan dua titik yang dinyatakan secara diskrit, dengan mengambil bentuk garis lurus yang melalui satu titik. Metode ini berfungsi untuk menaksir berdasarkan akar dari persamaan deferensial.

Langkah pertama dalam diagram ini adalah:

1. Mengambil sampling 3 titik daya untuk menentukan fungsi $f(x)$, pengambilan sampling ini terjadi saat sistem berjalan jadi ketika saat tegangan dan arus baru mulai diambil sebagai sampling
2. Fungsi $f(x)$ ditentukan berdasarkan persamaan kuadrat yang grafiknya melalui 3 titik

$$y = ax^2 + bx + c \text{ dengan titik daya } (v_1, i_1), (v_2, i_2) \text{ dan } (v_3, i_3)$$

Dimana

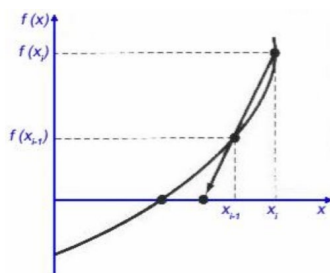
v_1 = Tegangan sampling pertama

v_3 = Tegangan sampling ketiga

i_1 = Arus sampling pertama

i_2 = Arus sampling kedua

i_3 = Arus sampling ketiga



Gambar 4. Kurva Mencari 3 Titik

Karena $f(x) = y$ berbentuk parabola (garis hitam) maka persamaan kuadrat yang grafiknya melalui 3 titik digunakan untuk menentukan fungsi dari $f(x)$, mengingat tidak ada data yang dapat digunakan sebagai acuan. Sehingga fungsi $f(x)$ tiap kali percobaan akan berbeda dikarenakan 3 titik daya saat sampling di awal akan selalu memiliki nilai yang berbeda.

Persamaan garis dari Kurva pada Gambar 4 adalah sebagai berikut:

$$\frac{x - x_1}{x_0 - x_1} = \frac{y - f(x_1)}{f(x_0) - f(x_1)}$$

Dikarenakan $x = x_2$ dan $y = 0$, maka diperoleh:

$$\frac{x_2 - x_1}{x_0 - x_1} = \frac{0 - f(x_1)}{f(x_0) - f(x_1)}$$

$$x_2 - x_1 = - \frac{f(x_1)(x_0 - x_1)}{f(x_0) - f(x_1)}$$

$$x_2 = x_1 - \frac{f(x_1)(x_0 - x_1)}{f(x_0) - f(x_1)}$$

Sehingga persamaan garis dari kurva di atas secara umum ditulis sebagai berikut:

$$x_{i+1} = x_i - \frac{f(x_i)(x_i - x_{i-1})}{f(x_i) - f(x_{i-1})}$$

Jika perhitungan di atas terus dilakukan maka pada akhirnya akan didapat nilai x yang paling mendekati dengan jumlah eror dan iterasi yang dapat ditentukan.

2.6 Perancangan Panel Surya menggunakan MPPT

Dalam perancangan ini, panel surya dihubungkan dengan MPPT, jadi keluaran dari PV yang arus dan tegangan diolah dengan menggunakan metode *secant*, yang nantinya dari metode itu akan terus berjalan sampai daya yang dihasilkan berada pada daya puncak yang diharapkan.

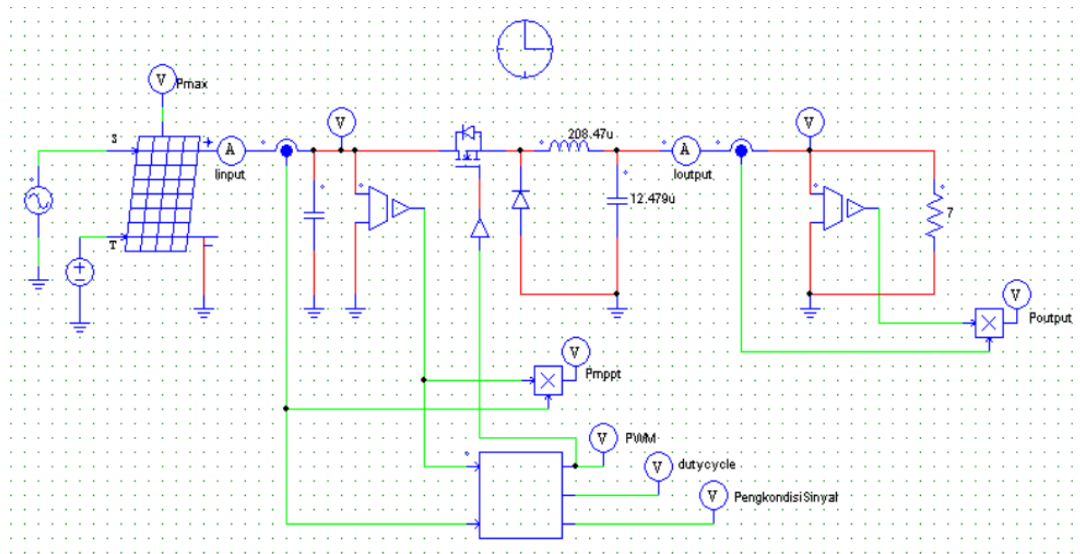
PV pada rangkaian merupakan panel yang sesuai dengan parameter yang telah dibahas. Rangkaian ini hampir sama dengan rangkaian panel surya tanpa menggunakan algoritma MPPT, namun perbedaan pada rangkaian ini hanya terletak pada penambahan rangkaian konverter buck dan penggunaan komponen *simplified block*.

Untuk konverter buck yang mana berfungsi sebagai penurun tegangan dari panel surya dan komponen-komponen yang dipakai pada rangkaian ini diatur mengikuti parameter yang ada di panel surya dan beban yang dipakai pada rangkaian ini merupakan perhitungan pada konverter buck yang dibahas pada sub bab perancangan konverter DC-DC buck.

Komponen *simplified c block* disini berfungsi sama seperti sebuah sistem mikrokontroler, jadi *simplified c block* digunakan sebagai perangkat lunak pengendali keluaran dari rangkaian panel surya menuju ke beban menggunakan algoritma MPPT, dengan metode yang digunakan adalah Metode *Secant*.

Panel surya tersebut dihubungkan menuju ke rangkaian konverter buk dan *simplified c block*. Jadi keluaran dari panel surya yang berupa tegangan dan arus yang dikalikan untuk menghitung daya keluaran dari panel surya di

gambar tersebut terdapat pada P_{MPPT} yang akan dijadikan masukan bagi komponen *simplified c block* guna melihat apakah sesuai dengan parameter yang sudah diatur sebelumnya. Jika sudah bersesuaian dengan parameter yang sudah diatur sebelumnya yakni tidak melebihi toleransi yang telah diatur dalam metode *secant* maka daya keluaran dari panel surya akan langsung disalurkan ke beban sedangkan jika tidak maka program yang terdapat dalam *simplified* akan bekerja.

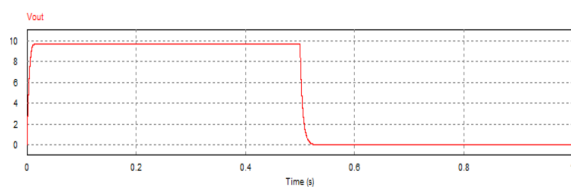


Gambar 5. Panel Surya menggunakan MPPT

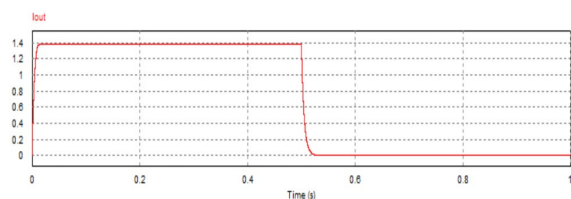
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengujian Panel Surya Tanpa Menggunakan MPPT

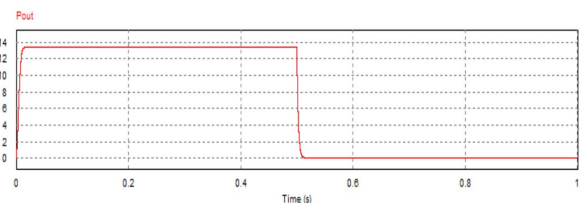
Data tegangan dan arus diuji cobakan pada intensitas cahaya matahari sebesar 1000 W/m² dan temperature sebesar 25°C dengan beban resistif yang sama yakni sebesar 7 Ω.



Gambar 6. Hasil Pengukuran V_{out}



Gambar 7. Hasil Pengukuran I_{out}



Gambar 8. Hasil Pengukuran P_{out}

Dalam pengukurannya, untuk mendapatkan nilai penting dilakukan beberapa kali *zoom in*.

Tabel 3. Data Panel Surya Tanpa MPPT dengan Intensitas Cahaya yang Diubah-ubah

Standar Intensitas Cahaya pada Panel Surya (W/m ²)	Daya	Tegangan	Arus
600	16.27 W	10.67 V	1.52 A
800	14.94 W	10.22 V	1.46 A
1000	13.39 W	9,68 V	1.38 A

$$P = I^2 R$$

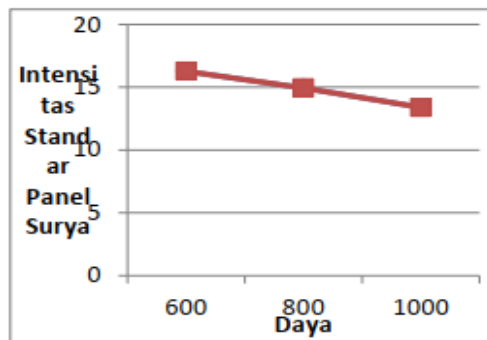
$$16,27 = I^2 \times 7$$

$$I^2 = \frac{16,27}{7} = 1,52 A$$

$$P = V I$$

$$16,27 = V \times 1,52$$

$$V = \frac{16,27}{1,52} = 10,7 V$$



Gambar 9. Grafik Daya Panel Surya Tanpa MPPT

3.2 Pengujian Konverter DC-DC Buck

Pengujian pada konverter buck berikut menggunakan komponen-komponen dengan besar nilai yang telah dihitung, yakni dengan nilai masing-masing adalah

$$L = 208.47 \mu H$$

$$C = 12,4793 \mu F$$

$$R = 7 \Omega$$

Disesuaikan dengan sistem yang akan dipakai pada rangkaian panel surya menggunakan MPPT nantinya. Dan parameter yang dipakai adalah parameter sebagaimana yang terdapat pada pengujian konverter buck.

4. KESIMPULAN

Hasil simulasi yang telah dilakukan maka bahwa *converter buck* dapat dirancang dengan mengetahui tegangan keluaran dari panel surya sebesar 21 V serta tegangan keluaran sebesar 14 V dan arus keluaran sebesar 2 A yang diharapkan dari konverter buck. Tentu dengan menghitung nilai komponen-komponen yang akan dipakai agar tegangan tidak melebihi dari 14 V. Pengujian konverter ini diuji mulai tegangan masukan 16 V yang dapat menurunkan tegangan menjadi 8.25 V sampai dengan penurunan tegangan menjadi 10.89 V. dan untuk mempertahankan tegangan tidak melebihi 14 V digunakan metode secant dalam algoritma MPPT dengan mengatur *duty cycle* dalam setiap periode sehingga pada posisi puncak tegangan dalam penjejukan mengalami sedikit kendala karena harus membaca tegangan keluaran

dari panel surya untuk menghitung nilai baru dari keluaran panel surya dimana lama dalam setiap periode yakni sebesar 0.25 detik dan *duty cycle* diatur sebesar 50% agar keluaran dari panel surya berada pada titik maksimum.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Priananda, Ciptian Wieried dan Riny Sulistyowati. “Analisa Dan Simulasi Metode Hill Climbing Untuk Maximum Power Point Tracker Pada Photovoltaic Statis”. Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan III. Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya. 2015.
- [2] HA Sujono, Riny Sulistyowati, A Safi’i, CW Priananda, Photovoltaic farm with maximum power point tracker using hill Climbing algorithm ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences 1, 2018.
- [3] Machmud Effendy, Nur Alif M., Khusnul Hidayat, Implementasi Teknologi Maksimum Power Point Traking (MPPT) Pada Solar Sel Berbasis Fuzzy Logic Controller. Seminar Nasional Teknologi dan Rekayasa (SENTRA) 2016.
- [4] Puji Slamet, Subekti Yuliananda, Santoso Santoso, Simulasi Desain Kontrol MPPT Sistem Photovoltaic, IEEE, 2019.
- [5] Stošović, Dimitrijević1, Litovski2, 'MPPT Controller Design for a Standalone PV System', TELSIKS, IEEE serbia, pp 51-54, 2013
- [6] VasantharajS, Vinodhkumar, G, Sasikumar.M, " Development of a Fuzzy Logic based, Photovoltaic Maximum Power Point tracking control system using boost converter". IET Chennai 3rd International conference on Sustainable Energy and Intelligent Systems. December 2012, pp. I-6.
- [7] B.P.J. Putra, A.S. Aisjah, S. Arifin, “Photovoltaic Berbasis Logika Fuzzy di Buoy Weather Station,” Jurnal Teknik Pomits, Vol. 2, No. 2, 2013.
- [8] M. Effendy, N.A. Mardiyah, K. Hidayat, “Implementasi Maximum Power Point Tracking pada Photovoltaic Berbasis P&O-Fuzzy,” JNTETI, Vol. 6, No. 1, pp. 2–7, 2017.
- [9] Adhi Kusmantoro, Margono Margono Peningkatan Kinerja MPPT Menggunakan Kontrol PWM Fuzzy dengan Tuning PID, 2020.
- [10] P. Jaiswal and A.Mahor, “Review on MPPT Techniques in Solar Photovoltaic System,” International Journal of Advanced Technology in Engineering and Science, Vol. 02, No. 07, pp. 245- 252, July 2014.

- [11] A.U. Azmy, Sumardi, M.A. Riyadi, "Sistem Tracking Panel Surya Untuk Pengoptimalan Daya Menggunakan Metode Kontrol Self-Tuning PID,A.U. Azmy, Sumardi, M.A. Riyadi, "Sistem Tracking Panel Surya Untuk Pengoptimalan Daya Menggunakan Metode Kontrol Self-Tuning PID Dengan JST Jenis Perceptron," Transmisi, Vol.1, pp.35-41, 2015.
- [12] A.N. Hidayanti, P.Handayani, I. Chandra, "Pemanfaatan Metode Single Axis Tracker dan Maximum Power Point Tracker (MPPT) PID untuk Mengoptimalkan Daya Keluaran Panel Surya," 10th Industrial Research Workshop And National Seminar, 2018, pp.149-155.