

# OPTIMASI MPPT MENGGUNAKAN PID DENGAN TUNING MODIFIED FIREFLY ALGORITHM (MFA) CONTROLLER

Angga Dwi Atmoko<sup>1</sup>, Ayusta Lukita Wardani<sup>2</sup>

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus SURABAYA

Jl Semolowaru No 45, Menur Pumpungan, Sukolilo, Surabaya 60118

E-mail: [angga.moko@gmail.com](mailto:angga.moko@gmail.com)

## ABSTARK

Dalam usaha pengurangan energi dengan bahan bakar minyak sebagai bahan bakar utama dalam pembangkitan tenaga listrik, maka diperlukannya energi baru dan terbarukan sebagai energi pengganti. Panel surya merupakan salah satu alternatif pembangkit listrik sebagai pengganti pembangkit listrik berbahan bakar minyak. Hal ini semakin diperkuat dengan kondisi alam di Indonesia yang selalu mendapat sinar matahari yang cukup sepanjang tahun, dengan potensi sebesar 207,8 GWp.

Pemanfaatan panel surya sebagai pembangkit listrik tak lepas dari masalah efisiensi dari panel surya itu sendiri, yaitu sebesar 16%. Sehingga diperlukannya pengontrolan untuk meningkatkan efisiensi dari panel surya tersebut, diantara dengan menggunakan perangkat DC-DC konverter juga dikendalikan oleh PWM yang dipengaruhi oleh duty cycle untuk mengatur besar kecilnya konversi terhadap tegangan input. Pengontrolan tersebut dilakukan dengan menggunakan PID dengan penalaan parameter menggunakan algoritma MFA. Pengujian dilakukan pada antara irradiance 250 KWh/m<sup>2</sup> hingga 900 KWh/m<sup>2</sup> hasilnya keluaran panel surya dapat di maksimalkan hingga 90% dengan keluaran daya maksimal hingga 115 Watt.

Kata kunci : Tenaga Surya, PID, Modified Firefly Algorithm, MPPT, EBT

## 1. PENDAHULUAN

Indonesia adalah salah satu negara tropis, yang dimana selalu mendapat paparan sinar matahari hampir sepanjang tahun. Potensi energi matahari yang dapat digunakan di Indonesia 207,8 GWp, sedangkan kapasitas terpasang PLTS sebesar 90,3 MW (Indonesia Energi Outlook 2019). . Namun biaya pembangkitan PLTS masih sangat mahal bila dibandingkan dengan biaya pembangkitan pembangkit listrik konvensional karena belum banyak produsen dalam negeri yang memproduksi serta efisiensi yang cukup rendah.

Untuk meningkatkan efisiensi dari panel surya maka diperlukan MPPT agar keluaran panel surya tetap optimal meskipun irradiance yang diterima terbatas. Dalam penelitian ini mencoba mensimulasikan perangkat DC-DC konverter yaitu *Non-Inverting Buck-Boost Converter* dengan duty cycle dikendalikan oleh PID dimana parameter PID didapat dengan menerapkan algoritma MFA (auto tuning menggunakan *Modified Firefly Algorithm*) sebagai sistem MPPT.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Panel Surya

Panel surya adalah alat yang digunakan untuk mengubah energi matahari atau sinar matahari menjadi tenaga listrik. Panel surya mampu menghasilkan arus listrik karena efek *photovoltaic* yang terjadi pada sebuah bahan semikonduktor. Efek yang didefinisikan sebagai suatu fenomena munculnya tegangan listrik akibat kontak dua

elektroda yang dihubungkan dengan sistem padatan atau cairan saat diexpose dibawah energi cahaya.[1]

### 2.2 Maximum Power Point Tracking(MPPT)

Maximum Power Point Tracking merupakan suatu metode untuk menentukan titik maksimal pada sebuah sumber energi alam (energi matahari, angin, dsb.) agar menghasilkan daya yang maksimum dalam berbagai level iluminasi radiasi matahari yang selalu berubah-ubah.

#### 2.2.1 Perturb and Observe

*Perturb and Observe* juga disebut sebagai *hill climbing method*. Pada algoritma ini titik *Power Point* dicari berdasarkan perhitungan dari output daya. Algoritma ini memperhitungkan *error* yang ada pada input dan mengubahnya menjadi output daya yang diinginkan. Jika *error* yang ada meningkat melebihi titik maksimal *power point* maka tegangan diturunkan

#### 2.2.2 Fuzzy logic control

*Fuzzy logic* adalah salah satu perhitungan dengan logika lebih dari satu. Logika ini mampu menentukan sebuah nilai kebenaran antara 0 dan 1. Berbeda dengan logika *Boolean* yang hanya mengenal 1 dan 0, *fuzzy logic* mampu menentukan nilai logika diantara 0 dan 1 tersebut. *Fuzzy logic* membuktikan bahwa logika ini mampu memberikan nilai kebenaran, dimana *range* nilai kebenarannya diantara salah atau benar[14].

### 2.2.3 DC-DC Converter

*Buck-Boost Converter* adalah rangkaian elektronika power yang berfungsi sebagai penurun dan peningkat tegangan atau dapat disebut dengan *DC-DC Converter*. Sistem kerja *Buck-Boost Converter* memanfaatkan mosfet sebagai *switching* elektronik yang bekerja berdasarkan besar kecilnya *duty cycle* (D).

### 2.3 PID (Proportional, Integral, Derivative)

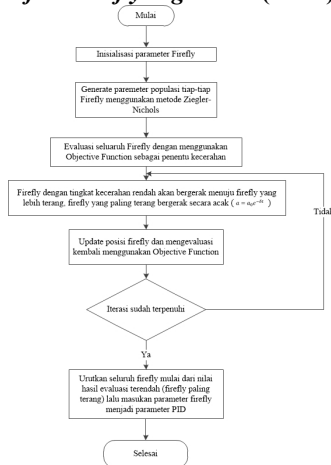
PID merupakan salah satu system pengontrolan yang mampu mengendalikan berbagai macam variabel proses. Hal ini menjadikan PID sebagai pengontrolan yang memiliki tingkat keberhasilan yang tinggi. Output control dari PID dapat dituliskan kedalam persamaan berikut:

$$CO(t) = K_p e(t) + K_I \int_0^t e(\tau) d\tau + K_D \frac{de(t)}{dt} \quad (1)$$

Dimana :

- $CO(t)$  : output kontroler
- $e(t)$  : selisih antara *set point* dengan nilai output proses (proses dianggap sebagai kontrol *direct*  $e(t) = SP - PV$ )
- $K_p$  : gain proposional
- $K_I$  : gain integral ( $K_p/T_I$ )
- $K_D$  : gain derivative ( $K_p T_D$ )

### 2.4 Modified Firefly Algorithm (MFA)



Gambar 1. Diagram Alir MFA

Algoritma ini terinspirasi dari pola perilaku kunang-kunang terhadap cahaya kunang-kunang lain yang lebih terang pada malam hari. Terdapat 3 aturan dasar dalam algoritma ini, yang pertama karena kunang-kunang tidak memiliki jenis kelamin yang berarti kunang-kunang dapat tertarik dengan kunang-kunang lain yang memiliki cahaya lebih terang. Kedua tingkat kecerahan kunang-kunang ditentukan oleh *Objective Function*. Yang terakhir ketertarikan kunang-kunang dengan kunang-kunang lain berbanding lurus dengan tingkat kecerahan dan berbanding terbalik dengan jarak, dan kunang-

kunang akan bergerak menuju kunang-kunang lain yang lebih cerah. Pergerakan dari tiap-tiap kunang-kunang dirumuskan kedalam persamaan berikut:

$$x_i(t+1) = x_i(t) + \beta_0^{-\gamma r^{m_i}} (x_j - x_i) + \alpha_0 e^{-\delta t} \quad (2)$$

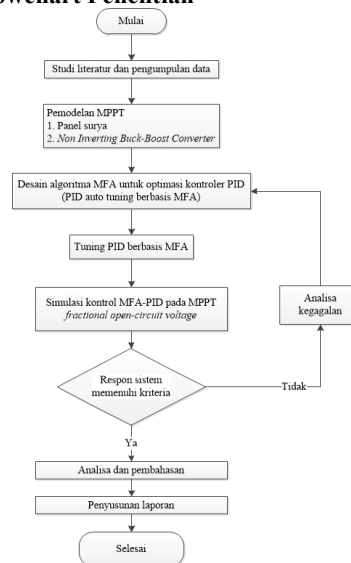
Dimana  $x_i$  merupakan posisi awal kunang-kunang,  $\beta_0$  adalah tingkat kecerahan kunang-kunang, dan dipengaruhi  $\gamma$  yang merupakan kondisi cuaca serta pergerakan dari kunang-kunang dibatasi oleh  $\alpha_0$ .

### 2.5 Matlab

MATLAB (*Matrix Laboratory*) merupakan program platform aplikasi desain yang dikhususkan untuk teknisi dan ilmuwan. Bahasa dasar MATLAB menggunakan *Matrix Based Language* yang mengubah pola-pola alam dijadikan matriks sehingga memungkinkan untuk mengolah data tersebut secara matematis. Dengan MATLAB, analisa data, pengembangan berbagai jenis algoritma serta pemodelan dapat dilakukan dengan lebih mudah. Bahasa, aplikasi dan fungsi umum yang ada memungkinkan untuk mengetahui lebih banyak pendekatan secara matematis agar mencapai solusi yang diinginkan

## 3. METODE PENELITIAN

### 3.1 Flowchart Penelitian



Gambar 2. Flowchart penelitian

### 3.2 Studi Pustaka

Studi literatur dalam penelitian ini meliputi *review*, jurnal, skripsi, paper atau sumber lain terkait MPPT, *DC-DC converter* (dalam hal ini *Buck-Boost Converter*) dan penggunaan algoritma MFA sebagai penala PID dalam sebuah sistem.

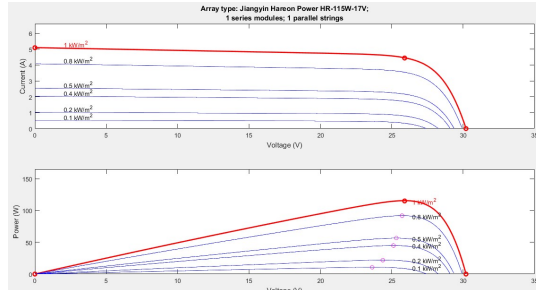
### 3.3 Pemodelan

Sebuah sistem simulasi perlu dilakukan pemodelan sistem yang dilakukan dengan

pendekatan secara teori dan fungsi, yang selanjutnya akan dikalkulasi kedalam Matlab dan Simulink.

### 3.3.1 Pemodelan Panel Surya

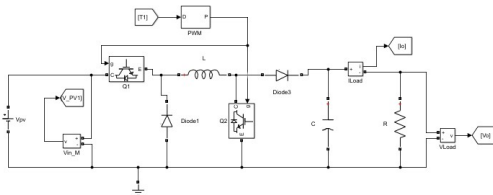
Untuk menentukan *Maximum Power Point* pada panel surya tersebut akan digunakan kurva karakteristik I-V



Gambar 3. Kurva I-V dan P-V panel surya

### 3.3.2 Pemodelan *Non Inverting Buck-Boost Converter*

Dalam sebuah sistem MMPT terdapat *DC-DC converter* yang difungsikan sebagai pengatur tegangan, agar tegangan yang akan digunakan selalu pada posisi *maximum power point*. *Non-Inverting Buck-Boost Converter* dipilih sebagai *DC-DC converter* karena memiliki *range* kerja yang panjang.



Gambar 4. Pemodelan *DC-DC Converter*

Untuk menentukan nilai komponen-komponen pada *converter* tersebut harus diketahui seberapa besar kapasitas daya yang diperlukan. Sehingga dapat dibuat spesifikasi *Non-Inverting Buck-Boost Converter* sebagai berikut:

Tabel 1. Spesifikasi *DC-DC Converter*

Parameter	Nilai
Daya(P)	115 W
Vin	10 V
Vout	26 V
Frekuensi Switching	40 Khz
Ripple Arus	17,82 A

Dari Spesifikasi pada tabel 1 dan kurva karakteristik pada gambar 3 maka dapat dicari nilai komponen untuk *converter* tersebut, yaitu:

- Menentukan *duty cycle*  

$$\frac{V_o}{V_{in}} = \frac{D}{1-D}$$

$$D = \frac{V_o}{V_{in} - V_o} = \frac{26}{10 + 26} = 0,7222$$
- Menentukan nilai resistor

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

$$= \frac{26}{4,5} = 5,778 \Omega$$

- Menentukan nilai induktor

$$L_{min} = \left(\frac{1}{f}\right) \times (V_o + 0.7) \times \left(\frac{V_{in}}{V_{in} + V_o + 0.7}\right) \times \left(\frac{1}{\Delta I_L}\right)$$

$$= \left(\frac{1}{40000}\right) \times (26 + 0.7) \times \left(\frac{10}{10 + 26 + 0.7}\right) \times \left(\frac{1}{3,2400}\right)$$

$$L_{min} = 5,6136 \times 10^{-5} H$$

- Menentukan nilai kapasitor

$$C = \frac{V_o \times D}{R \times \Delta V_o \times f}$$

$$= \frac{26 \times 0,7222}{5,778 \times 0,026 \times 40000} = 3,1250 \times 10^{-3} F$$

### 3.4 Perancangan Sistem Kontrol MFA-PID

Tenaga listrik yang dihasilkan oleh panel surya bergantung pada *irradiance* yang diterima. Sehingga daya keluaran panel surya cenderung tidak pada titik optimalnya. Dalam penelitian ini akan mensimulasikan sistem *buck-boost converter* yang oleh kontrol PID dengan auto tuning menggunakan MFA untuk menentukan parameternya dengan nilai performansi ITAE sebagai *objective function*.

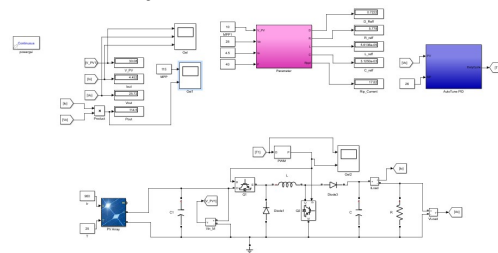
### 3.5 Kesimpulan

Setelah dilakukan simulasi terhadap setiap model pada simulink maka dapat disimpulkan bahwa penalaan PID dengan MFA merupakan salah satu usaha pengontrolan yang mampu mengoptimalkan keluaran daya dari panel surya.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Model Simulink Sistem

Sistem kontrol MPPT panel surya dengan *Non-Inverting Buck-Boost Converter* beserta komponen yang telah dihitung, serta sistem PID kontroler dan penalaan menggunakan MFA. Seluruh pemodelan tersebut akan dijadikan satu model dalam Simulink.



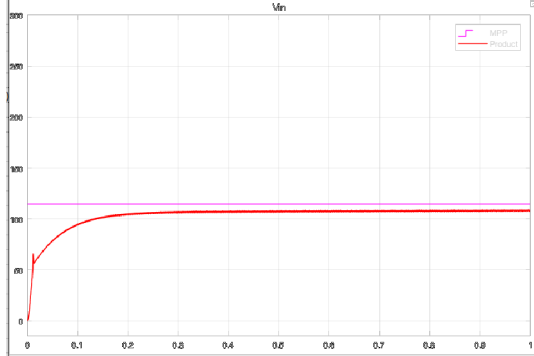
Gambar 5. Pemodelan Sistem

### 4.2 Model Simulink Uji Respon

Agar dapat mengetahui respon pada sebuah sistem, dilakukan beberapa uji respon. Uji respon yang akan dilakukan uji respon sistem terhadap perubahan *irradiance*, serta temperature matahari, uji respon terhadap sistem MPPT dengan kontrol MFA-PID. Gambar berikut merupakan pemodelan pada Simulink untuk masing-masing uji respon.

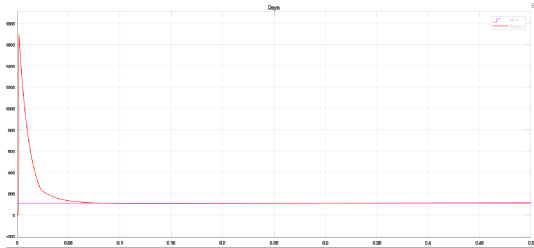
### 4.3 Uji Respon MPPT

Pada kontrol MPPT menggunakan PID dengan penalaan secara manual menggunakan perhitungan dengan metode Ziegler-Nichols diperoleh nilai performansi sebesar 0,0082 dalam kondisi *Irradiance* sebesar 900 Wh/m<sup>2</sup>, temperature pada panel surya 25 °C dan tegangan keluaran panel surya sebesar 23,84V. Sedangkan pada kondisi yang sama untuk MPPT menggunakan kontrol PID dengan penalaan parameter MFA nilai performansi dari sistem sebesar 0,00216



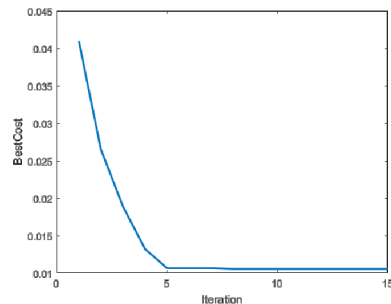
Gambar 6. Uji Respon PID

Hasil pengujian sistem MPPT menggunakan kontrol PID dengan penala parameter algoritma MFA menunjukkan nilai performansi sebesar 0,0106, sedangkan untuk *rise time* selama 0.00294 s dan memiliki *maximum overshoot* sebesar 1703 W serta *settling time* 0,1 s. Untuk *error* pada kondisi *steady state* pada kontroler MPPT ini sebesar 0,6 W pada kondisi panel surya mendapat *Irradiance* sebesar 900 Wh/m<sup>2</sup> dan temperatur pada panel surya sebesar 25 °C



Gambar 7. Uji Respon MFA-PID

Uji respon tersebut didapat dari penalaan menggunakan algoritma *modified firefly* setelah iterasi kedelapan.



Gambar 8. Konvergensi Kunang-Kunang

### 4.4 Uji Respon *Input Step Irradiance*

Sistem juga disimulasikan untuk beberapa tingkat *irradiance* atau pada tingkat pencahayaan yang berbeda. Hasil uji respon sistem untuk tingkat *irradiance* yang berbeda dapat dilihat pada tabel berikut

Tabel 2 Simulasi dengan *Input Step Irradiance*

Ir	Parameter PID			Performansi Sistem				
	Kp	Ki	Kd	tr(s)	tp(s)	mo	ts(s)	ITAE
600	9.252	9.76370	0.0610	0.0115	0.0195	1150	0.39	0.007
750	7.3142	9.2637	0.0610	0.0118	0.02	1424	0.4	0.009
900	7.6979	9.8270	0.0743	0.003	0.005	1703	0.1	0.0081

Tabel 3 Keluaran daya MPPT

Ir	Parameter PID			Pin (Watt)	Pout (Watt)
	Kp	Ki	Kd		
600	9.252	9.76370	0.0610	47.5	115.4
750	7.3142	9.2637	0.0610	72	114.9
900	7.6979	9.8270	0.0743	100	115.6

## 5. KESIMPULAN

1. Pada penelitian ini, pemodelan untuk panel surya, MPPT dan kontrol PID-MFA menggunakan Simulink dan juga editor program yang terdapat pada matlab R2017a. Komponen *DC-DC Converter* ditentukan dengan menggunakan perhitungan dan diperoleh  $R = 5,778 \Omega$ ;  $L = 5,6136 \times 10^{-5} H$ ; dan  $C = 3,1250 \times 10^{-3} F$ . Dengan demikian pendekatan yang dilakukan akan mendekati dengan kondisi sebenarnya.
2. Kontrol PID dengan penalaan menggunakan algoritma MFA pada sistem MPPT menggunakan *DC-DC converter* dapat disimpulkan bahwa hasil dari penalaan parameter PID untuk *DC-DC converter* dengan model *Non-Inverting Buck-Boost Converter* adalah  $K_p = 7,6979$ ;  $K_i = 9,8270$ ;  $K_d = 0,0743$  yang diperoleh diperoleh dalam 11 iterasi dengan nilai  $ITAE = 0,008$ .
3. Dengan performansi yang ditunjukkan oleh kontrol PID dengan penalaan parameter menggunakan algoritma MFA dapat disimpulkan pula bahwa sistem pengontrolan ini dapat digunakan untuk memaksimalkan keluaran daya dari panel surya. Daya yang dihasilkan oleh *DC-DC converter* sesuai dengan kurva karakteristik P-V sebesar 115W serta nilai arus dan tegangan sebesar 5A dan 26V. Daya pada titik MPP ini diperoleh pada iterasi ke-8, dan respon pada *buck-boost converter* selama 0,35 detik. Keluaran daya dari panel surya dimaksimalkan dengan menjaga tegangan keluaran panel surya tetap pada titik maksimalnya yaitu 26 V

## DAFTAR PUSTAKA

- a. Goetzberger and V. U. Hoffmann, "Photovoltaic solar energy generation - BackMatter," *Cytogenet. Genome Res.*, 2005, doi: 10.1159/000348293.
- A. M. Shiddiq Yunus & Muh. Ruswandi Djalal, *Pemodelan Untuk Rangkaian Listrik*. Yogyakarta: Deepublish, 2019
- A. Nigam and A. K. Gupta, "Performance and simulation between conventional and improved perturb & observe MPPT algorithm for solar PVcell using MATLAB/Simulink," *ICCCCM 2016 - 2nd IEEE Int. Conf. Control Comput. Commun. Mater.*, no. Icccm, pp. 0-3, 2017, doi: 10.1109/ICCCCM.2016.7918220.
- D. P. Quoc *et al.*, "The new combined maximum power point tracking algorithm using fractional estimation in photovoltaic systems," 2011, doi: 10.1109/PEDS.2011.6147363.
- Iwan Setiawan, *Kontrol PID untuk Proses Industri*. Semarang: PT Elex Media Komputindo, 2008.
- Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral, *Indonesia Energy Outlook 2019*. Jakarta, 2019
- M. Griebel, *Programming for Computations – MATLAB/Octave*. 2016
- S. K. Sarangi, R. Panda, S. Priyadarshini, and A. Sarangi, "A new modified firefly algorithm for function optimization," 2016, doi: 10.1109/ICEEOT.2016.7755239