

Optimasi MPPT Menggunakan PID dengan Tuning *Modified Firefly Algorithm (MFA) Controller*

¹Angga Dwi Atmoko, ²Ayusta Lukita Wardani, ³Aris Heri Andriawan
^{1,2,3}Teknik Elektro, Universitas 17 Agustus 1945, Surabaya
¹angga.moko@gmail.com, ²ayustalukitaw@untag-sby.ac.id

Abstract - Abstracts *In an effort to reduce energy using fuel as an ingredient main fuel in the generation of electricity, the need for new energy and renewable as a substitute energy. Solar panels are an alternative power plants as a substitute for oil-fired power plants. Thing this is further strengthened by the natural conditions in Indonesia which always get light sufficient sun throughout the year, with a potential of 207.8 GWp. Utilization of solar panels as electricity generation is inseparable from problems the efficiency of the solar panel itself, which is 16%. So needed controls to increase the efficiency of the solar panels, among others Using a DC-DC converter device is also controlled by the PWM influenced by the duty cycle to regulate the size of the conversion to input voltage. The control is carried out using PID with parameter tuning using the MFA algorithm. Testing is done between irradiance of 250 KWh / m² to 900 KWh / m² the results are panel output solar can be maximized up to 90% with a maximum power output of up to 115 Watt.*

Keywords — *Solar Energy, PID, Modified Firefly Algorithm, MPPT, EBT*

Abstrak—Abstrak *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/m² hingga 900 KWh/m² 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*

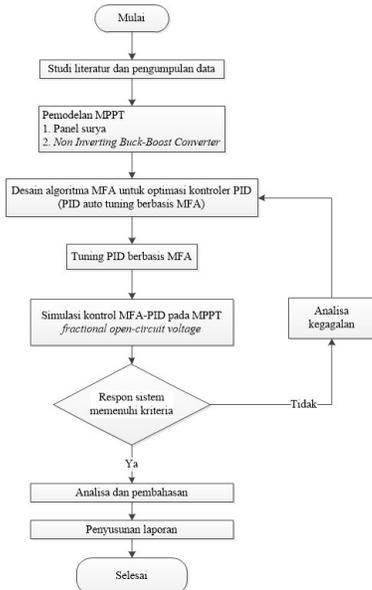
I. PENDAHULUAN

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 [1].

Banyak penelitian terkait panel surya yang membahas peningkatan efisiensi. Pemilihan panel surya dibandingkan antara tipe *Monocrystalline* dan *Polycrystalline* pada saat terhalang dan tidak terhalang untuk mendapatkan panel surya yang cocok dengan tempat pemasangan panel surya [2]. Untuk meningkatkan efisiensi dari panel surya maka diperlukan MPPT agar keluaran panel surya tetap optimal meskipun *irradiance* yang diterima terbatas. Penggunaan algoritma optimasi Fuzzy dalam pengaturan MPPT telah menghasilkan duty cycle antara 10% hingga 99% [3]. Pemakaian algoritma optimasi dapat digunakan untuk membersihkan permukaan dari panel surya, karena efisiensi dari panel surya dipengaruhi oleh keadaan permukaan panel [4]. 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.

II. METODE PENELITIAN

A. Flowchart Penelitian



Gambar 1. Flowchart penelitian

B. Studi Pustaka

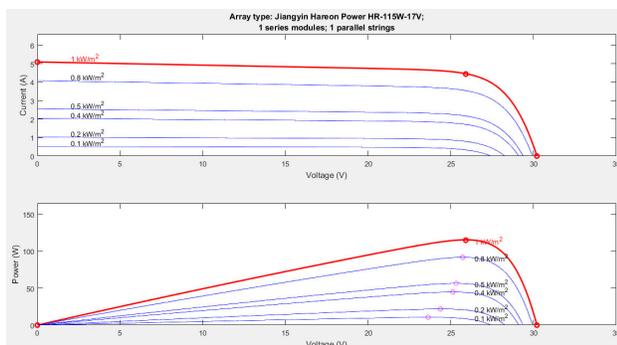
Studi literatur dalam penelitian ini meliputi *review*, jurnal, skripsi, paper atau sumber lain terkait MPPT, *DC-DC converter* (dalam hal ini *Buck-Boost Converter*) dan penggunaan algoritma MFA sebagai penala PID dalam sebuah sistem.

C. Pemodelan

Sebuah sistem simulasi perlu dilakukan pemodelan sistem yang dilakukan dengan pendekatan secara teori dan fungsi, yang selanjutnya akan dikalkulasi kedalam Matlab dan Simulink.

1) Pemodelan Panel Surya

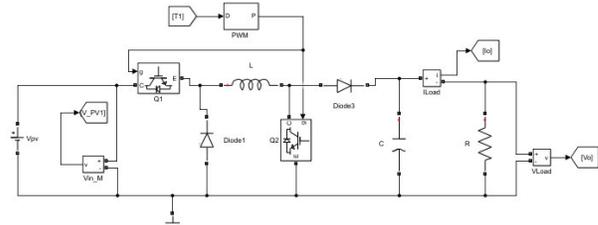
Untuk menentukan *Maximum Power Point* pada panel surya tersebut akan digunakan kurva karakteristik I-V [5]



Gambar 2. Kurva I-V dan P-V panel surya

2) Pemodelan Non Inverting Buck-Boost Converter

Dalam sebuah sistem MPPT 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.[6]



Gambar 3. 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*

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

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

- Menentukan nilai resistor

$$R = \frac{V_o}{I_o} = \frac{26}{4,5} = 5,778 \Omega \quad (2)$$

- Menentukan nilai induktor

$$L_{min} = \left(\frac{1}{F}\right) \times (V_o + 0,7) \times \left(\frac{V_{in}}{V_{in} + V_o + 0,7}\right) \times \left(\frac{1}{\Delta I_o}\right) \quad (3)$$

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

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

- Menentukan nilai kapasitor

$$C = \frac{V_o \times D}{R \times \Delta V_o \times f} \quad (4)$$

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

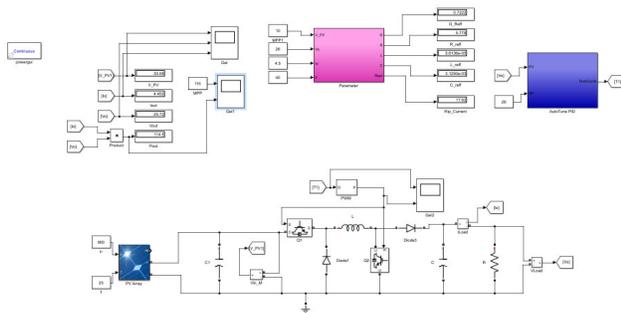
D. Perancangan Sistem Kontrol MFA-PID

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 [7] untuk menentukan parameternya dengan nilai performansi ITAE sebagai *objective function*. [8]

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. 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 4. Pemodelan Sistem

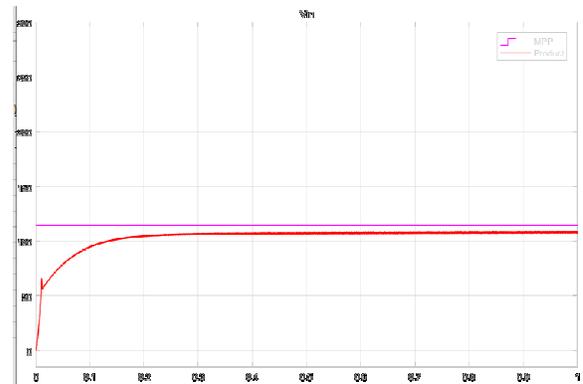
B. Model Simulink Uji Respon

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.

C. Uji Respon MPPT

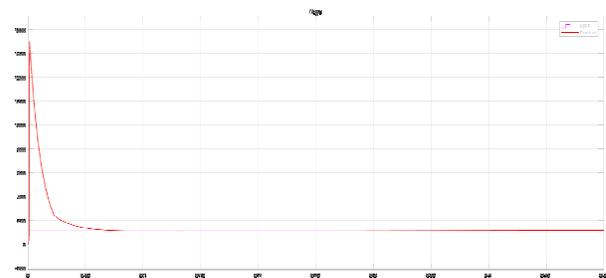
Pada kontrol MPPT menggunakan PID dengan penalaan secara manual menggunakan perhitungan dengan metode Ziegler-Nichols diperoleh nilai performansi sebesar 0,0082 dalam kondisi *Irradiance* sebesar 900 Wh/m², temperature pada panel surya 25 °C dan tegangan keluaran panel surya sebesar 23,84V. Sedangkan pada kondisi yang sama untuk

MPPT menggunakan kontrol PID dengan penalaan parameter MFA nilai performansi dari sistem sebesar 0,00216



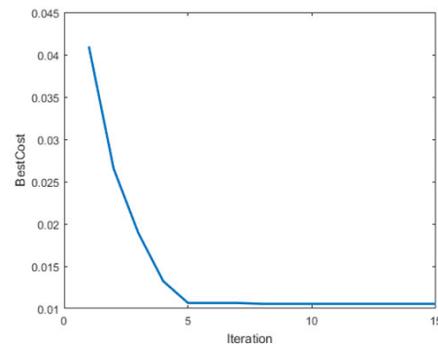
Gambar 5. Uji Respon PID

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/m² dan temperatur pada panel surya sebesar 25 °C



Gambar 6. Uji Respon MFA-PID

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



Gambar 7. Konvergensi Kunang-kunang

D. 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

IV. 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 $C = 3,1250 \times 10^{-8} F$. 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 penlaan 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 tahanan keluaran panel surya tetap pada titik maksimalnya yaitu 26 V.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. W. Ang, *Indonesia: Energy Outlook*. Energy Research Group, Department of Physics, Cavendish Laboratory ..., 1982.
- [2] A. L. Wardani, "Perbandingan Antara Solar Cell Tipe Monocrystalline Dan Polycrystalline Pada Keadaan Terhalang Untuk Pertimbangan Pemilihan Pembangkit Tenaga Surya," *ReTII*, pp. 251-256, 2019.
- [3] P. Slamet, S. Yuliananda, and S. Santoso, "Simulasi Desain Kontrol MPPT Sistem Photovoltaic (MPPT Control Design Simulation Photovoltaic Systems)," *JEEE-U (Journal of Electrical and Electronic Engineering-UMSIDA)*, vol. 3, no. 1, pp. 40-56, 2019.
- [4] A. Ridho'i, "The Application of Artificial Intelligence for Cleaning Surfaces of the Solar Cells to Improve the Voltage Output," in *Advanced Materials: Springer*, 2017, pp. 577-589.
- [5] A. Goetzberger and V. U. Hoffmann, *Photovoltaic solar energy generation*. Springer Science & Business Media, 2005.
- [6] R. D. Muhammad, "Pemodelan Untuk Rangkaian Listrik," ed: Deepublish, 2019.
- [7] S. K. Sarangi, R. Panda, S. Priyadarshini, and A. Sarangi, "A new modified firefly algorithm for function optimization," 2016: IEEE, pp. 2944-2949.
- [8] R. Aisuwarya and Y. Hidayati, "Implementation of Ziegler-Nichols PID Tuning Method on Stabilizing Temperature of Hot-water Dispenser," 2019: IEEE, pp. 1-5.
- [9] P. Slamet, "PENGARUH PEMBEBANAN LANGSUNG PADA BATERAI TERHADAP ARUS PENGISIAN SOLARCELL PADA JAM OPTIMAL," *JHP17: Jurnal Hasil Penelitian*, vol. 4, no. 01, 2019.
- [10] E. Y. K. Adi, M. Fahmi, and P. Slamet, "RANCANG BANGUN ATAP OTOMATIS BERBASIS PLC DENGAN MENGGUNAKAN SOLAR CELL (STUDI KASUS PENJEMURAN KRUPUK)," 2018.
- [11] P. Slamet, "Tegangan Keluaran Solar Cell Type Monocrystalline Sebagai Dasar Pertimbangan Pembangkit Tenaga Surya," *JHP17: Jurnal Hasil Penelitian*, vol. 2, no. 01, 2017.
- [12] A. Ridho'i, B. Hariadi, and K. Setyadjit, "Penerapan Ligth Dependent Resistor (LDR) sebagai Referensi Keluaran Solar Sell," *SinarFe7*, vol. 2, no. 1, pp. 231-236, 2019.