



Teknik Maximum Power Point Tracking Sederhana Menggunakan Fuzzy-PI untuk Mencapai Daya Output yang Efisien

Endro Wahjono¹, Farid Dwi Murdianto², Bagus Alfaridzi Akbar^{3*}

^{1,2,3} Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, Jl. Umbansari No.1 Pekanbaru 28265, Indonesia

* Corresponding Author: bagusalfaridzi9@gmail.com

Abstrak

Panel surya merupakan salah satu sumber energi listrik terbarukan dan ramah lingkungan. Energi terbarukan pada saat ini sering dibicarakan, karena energi tak terbarukan pada saat ini sudah banyak menyebabkan efek negatif pada bumi. Pada pemanfaatan sumber energi listrik panel surya terbilang susah, karena untuk berada pada performa terbaiknya, panel surya harus berada pada iradiasi dan temperatur tertentu. Tetapi pada kenyataannya iradiasi dan temperatur selalu berubah-ubah sehingga daya yang dihasilkan jadi berubah-ubah sehingga keluaran daya menjadi tidak maksimal. Maka dari itu diperlukan sebuah alat yang mampu mencari titik daya maksimum secara otomatis pada kondisi iradiasi dan temperatur berapa pun, oleh karena itu pada penelitian ini diusulkan Maximum Power Point Tracking (MPPT) menggunakan metode Fuzzy-PI agar keluaran daya yang dihasilkan dapat selalu maksimal. Maximum Power Point Tracking (MPPT) yang diusulkan, diuji melalui perubahan suhu iradiasi dan temperatur yang ekstrim juga dibandingkan dengan nilai P_{max} menghasilkan akurasi Maximum Power Peak (MPP) sebesar 94,69 %. Sistem ini memiliki efisiensi sebesar 26,1% yang didapat dari sistem kontrol PI-Fuzzy dibandingkan dengan sistem tanpa kontrol PI-Fuzzy.

Kata kunci: MPPT, Panel Surya, Fuzzy-PI.

Abstract

Solar panels are one of the renewable and environmentally friendly sources of electrical energy. Renewable energy at this time is often discussed, because non-renewable energy at this time has caused many negative effects on the earth. In the utilization of solar panel electrical energy sources is difficult, because to be at its best performance, solar panels must be at a certain irradiation and temperature. But in reality, irradiation and temperature always change so that the power produced changes so that the power output is not maximized. Therefore, a tool is needed that is able to find the maximum power point automatically in any irradiation and temperature conditions, therefore in this study Maximum Power Point Tracking (MPPT) is proposed using the Fuzzy-PI method so that the resulting power output can always be maximized. The proposed Maximum Power Point Tracking (MPPT), tested through extreme changes in irradiation temperature and temperature and also compared to the P_{max} value resulted in Maximum Power Peak (MPP) accuracy of 94.69%. The system has an efficiency of 26.1% obtained from the PI-Fuzzy control system compared to the system without PI-Fuzzy control.

Keywords: MPPT, Solar Panel, Fuzzy-PI

1. Pendahuluan

Panel surya merupakan komponen terpenting dalam sistem pembangkit listrik tenaga matahari. Panel surya terdiri dari susunan sel-sel surya. Pada umumnya sel surya terbuat dari bahan silikon yang memiliki sifat sebagai penyerap energi radiasi matahari yang sangat baik [1]. Daya keluaran dari panel surya keluaran dari panel surya bersifat nonlinear. Daya yang dihasilkan sangat tergantung dari suhu dan sinar matahari [2][3]. Masalah tersebut mungkin bisa diselesaikan dengan Maximum Power Point Tracking (MPPT).

Saat ini ada beberapa penelitian yang telah digunakan dalam sistem MPPT seperti Maximum Power Point Tracker (MPPT) Berdasarkan Metode Perturb and Observe dengan Sistem Tracking Panel Surya Single Axis [4]. Pada penelitian tersebut didapatkan nilai efisiensi sebesar 86,5 % dalam penelitian ini menggunakan rangkaian mekanis yang dapat mempengaruhi keluaran daya sehingga kurang maksimal jika rangkaian mekanis mengalami gangguan. Selanjutnya Maximum Power Point Tracking (MPPT) dengan Konverter DC-DC Tipe CUK Menggunakan Metode Logika Fuzzy pada Fotovoltaik [5]. Penelitian ini memiliki nilai efisiensi sebesar 78,63 %. Desain Maximum Power Point Tracking (MPPT) Photovoltaic dengan converter DC-DC Tipe Cuk Menggunakan Algoritma Artificial Bee Colony memiliki nilai efisiensi sebesar 91,37 % [6].

Dari referensi dari penelitian yang telah dilakukan maka sebagai pembeda diusulkan penelitian dengan metode kontrol Fuzzy-PI dengan converter Buck Konverter diterapkan dalam konsep MPPT. Penelitian ini mengatasi keterbatasan algoritma kontrol PI untuk MPPT, karena kontrol PI hanya bisa diatur dengan satu nilai sehingga tidak memungkinkan untuk menyesuaikan perubahan beban, iradiasi dan suhu PV. Maka dari itu, Kontrol algoritma PI digabungkan dengan kontrol Fuzzy sehingga menjadi kontrol Fuzzy-PI seperti pada pengujian yang berjudul The MPPT Control of Photovoltaic System using Fuzzy-PI Controller [7]. Pada penelitian tersebut difokuskan kepada kecepatan pelepasan daya maksimum dari sistem, maka dari itu pada pembahasan penelitian ini difokuskan untuk meningkatkan efisiensi dan akurasi sistem.

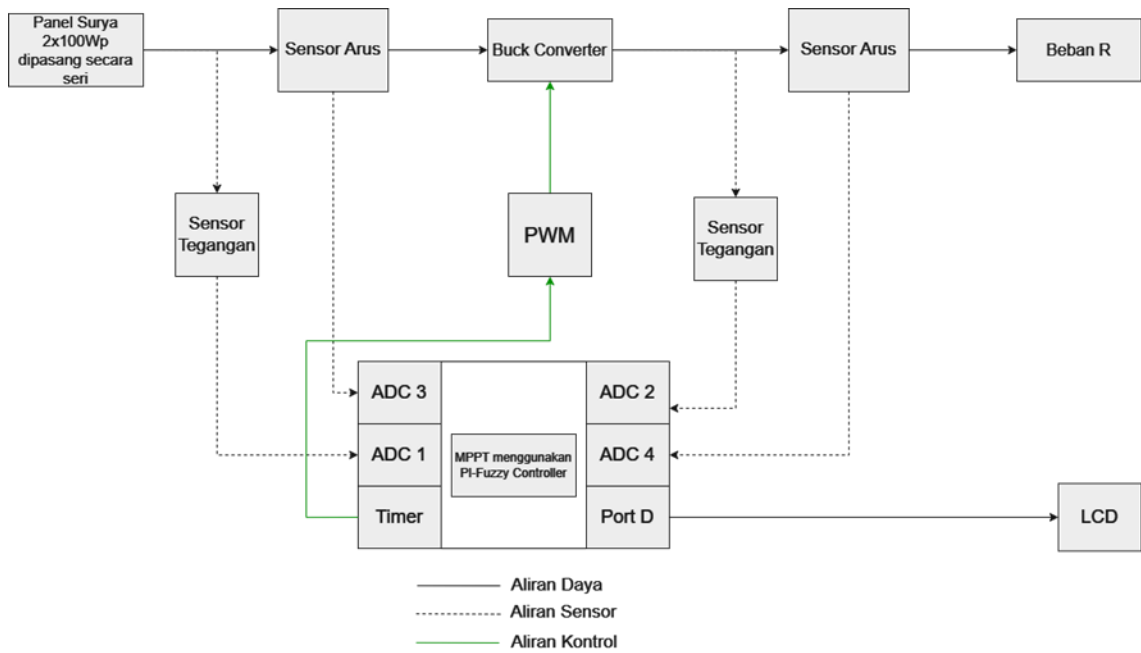
2. Metode Penelitian

Sistem dalam makalah ini terdiri dari sumber DC, pengontrol, konverter DC-DC, impedansi beban, tegangan, dan sensor arus. Pengontrol dan konverter DC-DC yang digunakan dalam makalah ini adalah mikrokontroler STM32F4 dan konverter Buck. Pengontrol Fuzzy-PI adalah kontrol yang digunakan dalam algoritma Buck Converter. Skema pengaturan eksperimental dijelaskan pada Gambar 1. PV menggerakkan konverter Buck dan kemudian dimaksimalkan dengan Pelacakan Titik Daya Maksimum (MPPT).

Fungsi sistem ini diilustrasikan pada Gambar 1, di mana fotovoltaik ditunjukkan sebagai sumber energi listrik yang digunakan untuk menyediakan sumber beban. Untuk menambah dan mengurangi tegangan diperlukan konverter buck. Sebagian besar sistem kontrol MPPT bekerja berdasarkan konsep memproduksi Duty Cycle (D) yang diatur untuk konverter DC-DC, yang membantu sistem PV beroperasi pada Maximum Power Point (MPP), meningkatkan efisiensi melalui kecepatan pelacakan dan fluktuasi tinggi. keluaran sensor berfungsi sebagai input untuk data dan tolak ukur untuk output daya Fotovoltaik ketika siklus tugas diatur menggunakan kontrol Fuzzy-PI.

Daya fotovoltaik adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan kapasitas Photovoltaics yang diatur untuk menghasilkan arus yang mengalir melalui beban dan tegangan melintasi beban. Sambil mengoptimalkan jumlah daya yang dihasilkannya saat cahaya mengenai perangkat. Kurva tegangan arus menggambarkan kemampuan ini (I-V). Ide dasarnya adalah untuk mengatur aliran arus antara titik tegangan terbuka dan posisi hubung singkat di belakang menghasilkan kurva I-V

PV. Dalam makalah ini, dua unit fotovoltaik dengan daya 100Watt digunakan, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

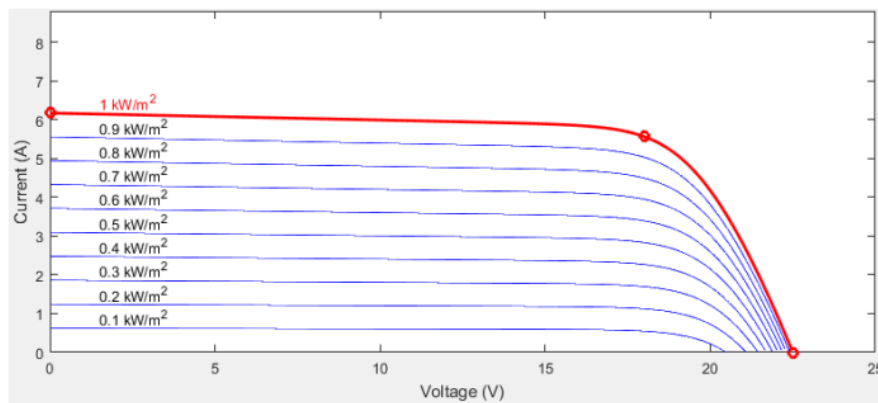


Gambar 1. Blok Diagram Sistem

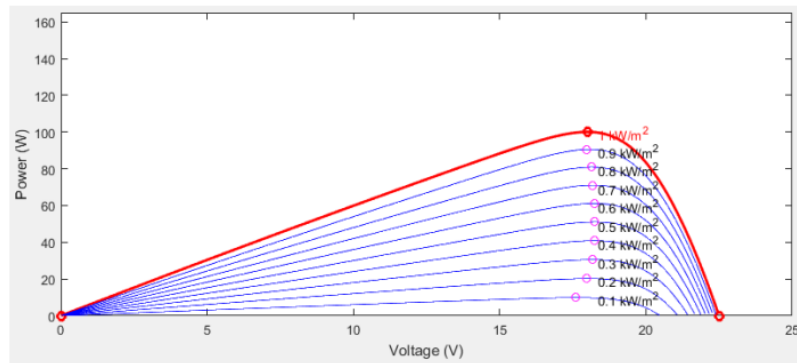
Output fotovoltaik non-linier dipengaruhi oleh suhu dan iradiasi. Kurva karakteristik PV I-V ditunjukkan pada Gambar 2, sedangkan kurva Karakteristik P-V ditunjukkan pada Gambar 3 dengan perbedaan penyinaran [8].

Tabel 1 Spesifikasi PV

Photovoltaic Parameters	
Maximum Power (Pm)	100Wp
Open Circuit Voltage (Voc)	22.1 V
Short Circuit Current (Isc)	6 A
Maximum Power Voltage (Vmp)	18.3V
Maximum Power Current (Imp)	5,49 A
Tolerance	±3%



Gambar 1. Kurva Karakteristik I-V



Gambar 2. Kurva Karakteristik P-V

2.1 Buck Converter

Dari tegangan input yang nilai outputnya berfluktuasi naik turun, diperlukan konverter Dc-Dc. Dalam penelitian ini, konverter yang digunakan.

Tabel 2 Parameter Buck Converter

Parameter Buck Converter	
Input Voltage (V_{in})	44,2 V
Input Current (I_{in})	6 A
Output Voltage (V_o)	41,3 A
Output Current (I_o)	5,49 A
Frequency	100kHz
Δi_L	20%
ΔV_o	0,1%

Dalam merancang konverter buck pada Tabel 2, tegangan input diambil dari V_{oc} panel surya, Tegangan keluaran diambil dari pengujian karakteristik panel surya dan tegangan tertinggi diambil. Parameter dari Tabel 2 ditentukan menggunakan Persamaan berikut.

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

$$R = \frac{V_o}{I_o} \quad (2)$$

$$L = \frac{V_{out} \times (1-D)}{\Delta I_L \times f} \quad (3)$$

$$I_{L(max)} = I_L + \frac{\Delta I_L}{2} \quad (4)$$

$$I_{L(min)} = I_L - \frac{\Delta I_L}{2} \quad (5)$$

$$\Delta V_o = 0.1\% \times V_o \quad (6)$$

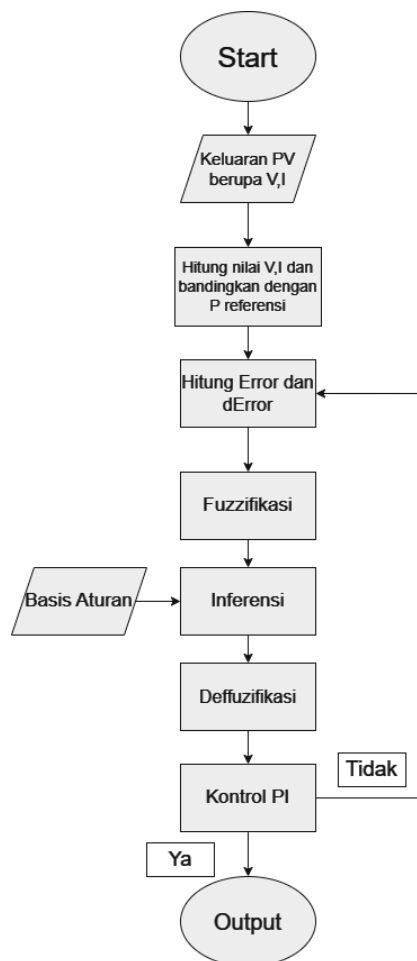
$$C = \frac{(1-D) \times V_o}{8 \times L \times \Delta V_o \times f^2} \quad (7)$$

2.2 Perancangan Hardware

Penelitian ini mengusulkan metode kontrol yang memiliki kinerja kontrol MPPT yang sangat baik tentang berbagai kondisi operasi. Kontrol Fuzzy memiliki kemampuan yang baik, yang dapat menangani sistem nonlinear, tetapi memiliki kelemahan yang dihasilkankesalahan kumulatif karena kalkulus intrgral kontinu. Kontrol PI banyak digunakan dalam bidang industri karena keterkaitanya antara kontrol dan respon PI jelas. Namun, jika kondisi operasi berubah, kinerja dari kontrol PI menjadi tidak baik. Oleh karena itu, makalah ini mengusulkan Fuzzy-PI yang dikompensasikan secara kumulatif kesalahan kontrol Fuzzy oleh kontrol PI dan masalah kontrol PI yang dilemahkan oleh kondisi operasi perubahan komplementer oleh kontrol Fuzzy melalui koneksi seri kontrol Fuzzy dan PI. Gambar 4 mewakili Flowchart struktur kontrol MPPT berbasis Fuzzy-PI, yang dibuat menggunakan program desain MATLAB/Simulink. Input dari kontrol Fuzzy-PI merupakan error (E) dan chaging error (dE).

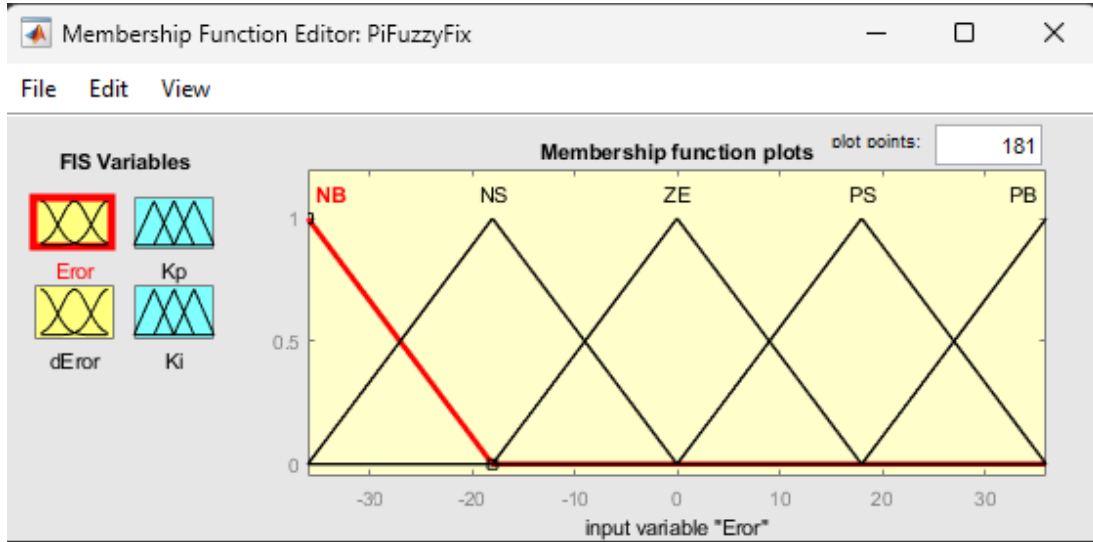
$$E(k) = \frac{P(k) - P(k-1)}{V(k) - V(k-1)} \quad (8)$$

$$CE(k) = E(k) - E(k-1) \quad (9)$$



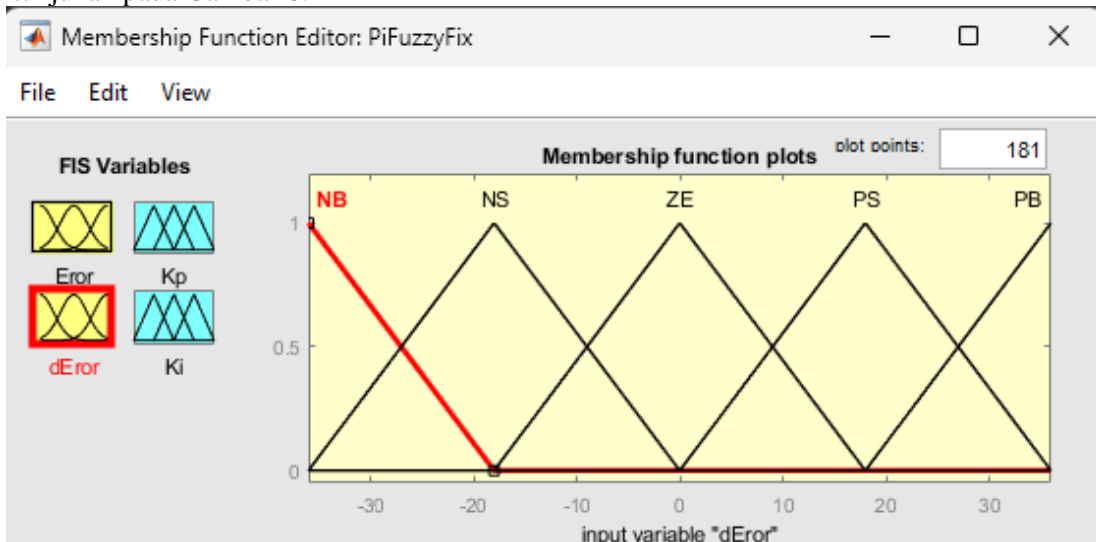
Gambar 3. Flowchart Sistem

Pada penelitian Maximum Power Point Tracking menggunakan MATLAB/Simulink, Basis pengontrolan dari kontrol fuzzy dirancang dengan masukan nilai error dan nilai perubahan error. Masukan kontrol fuzzy yang berupa nilai error dibuat dalam bentuk fungsi keanggotaan fuzzy. Batas dari nilai masukan dirancang dari -36 sampai 36 dengan variable lima linguistic. Lima variable linguistic yang digunakan yaitu Negative Big (NB), Negative Small (NS), Zero (ZE), Positif Small (PS), dan Positif Big (PB). Keanggotaan nilai error ditunjukkan pada Gambar 5.



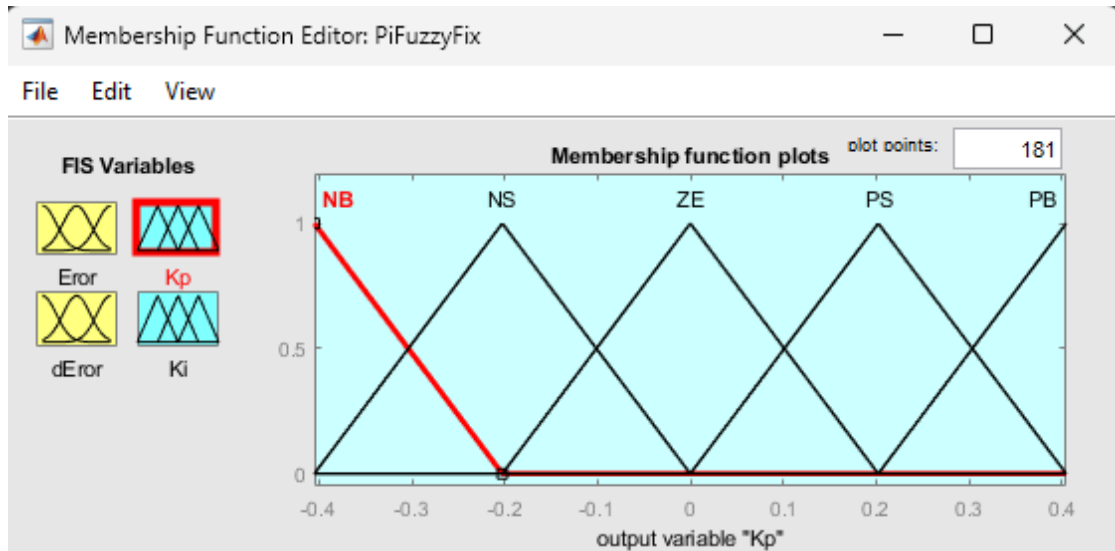
Gambar 5. Fungsi Keanggotaan Error

Pada Gambar 6 merupakan basis pengontrolan kontrol fuzzy dirancang dengan masukan nilai perubahan error yang dibuat dalam bentuk fungsi keanggotaan fuzzy. Batas masukan yang berupa nilai perubahan error dirancang dari -36 sampai 36. Nilai perubahan error dibuat sama seperti nilai dari fungsi keanggotaan nilai error. Variabel linguistik yang digunakan pada fungsi keanggotaan nilai perubahan error yaitu Negative Big (NB), Negative Small (NS), Zero (ZE), Positif Small (PS), dan Positif Big (PB). Fungsi Keanggotaan nilai perubahan error akan ditunjukkan pada Gambar 6.



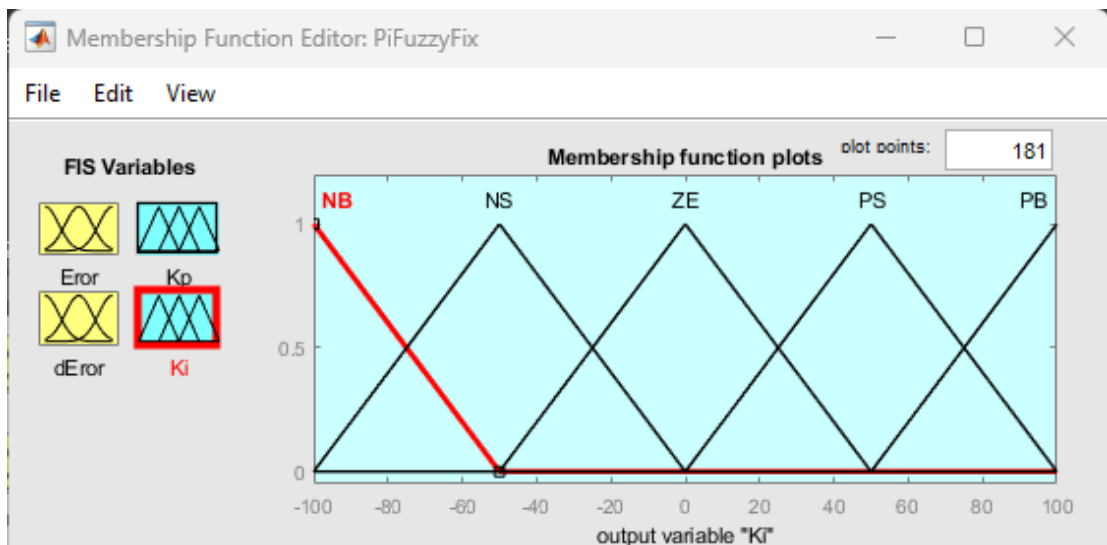
Gambar 4. Fungsi Keanggotaan dError

Pada penelitian Maximum Power Point Tracking menggunakan MATLAB/Simulink. Pada keluaran kontrol Fuzzy, basis fungsi keanggotaan dari kontrol fuzzy dirancang dengan keluaran Kostanta Proporsional (KP). Batas dari nilai keluaran kontrol Fuzzy yang berupa nilai Konstanta Proporsional (KP) dirancang dari -0.81 sampai 0.81. Variabel linguistik yang digunakan pada fungsi keanggotaan Konstanta Proporsional (KP) yaitu Negative Big (NB), Negative Small (NS), Zero (ZE), Positif Small (PS), dan Positif Big (PB). Fungsi Keanggotaan nilai kostanta proporsional akan ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 5. Fungsi Keanggotaan Kp

Fungsi keanggotaan fuzzy dirancang dengan keluaran Kostanta Integral (KI) yang dibuat dalam bentuk fungsi keanggotaan fuzzy. Batas dari nilai keluaran dirancang dari -150 sampai 150. Variabel linguistik yang digunakan pada fungsi keanggotaan Konstanta Integral (KI) yaitu Negative Big (NB), Negative Small (NS), Zero (ZE), Positif Small (PS), dan Positif Big (PB). Fungsi Keanggotaan nilai konstanta integral ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 6 Fungsi Keanggotaan Ki

Setelah merancang fungsi keanggotaan input fuzzy yang berupa nilai error dan delta error dan keluaran fuzzy berupa nilai konstanta proporsional dan Konstanta Integral, langkah selanjutnya

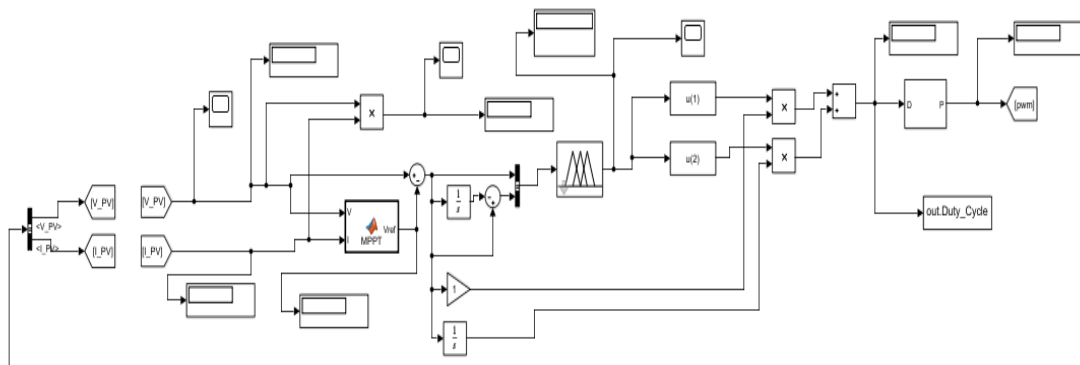
adalah menetapkan basis aturan dari fuzzy. Fungsi keanggotaan kedua masukan memiliki lima variabel linguistik, sehingga jumlah basis aturan yang ditetapkan adalah sebanyak 25 seperti ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Basis Aturan Fuzzy

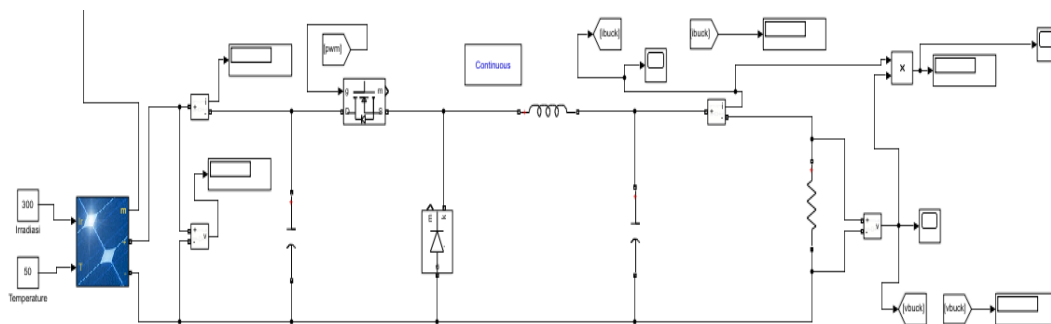
Delta Error / Error	NB	NS	ZE	PS	PB
NB	PS	PB	NB	NB	NS
NS	PS	PS	NS	NS	NS
ZE	ZE	ZE	ZE	ZE	ZE
PS	NS	NS	PS	PS	PS
PB	NS	NB	PB	PB	PS

3. Hasil dan Pembahasan

Pada penelitian akan ditunjukkan hasil dari simulasi pengujian keseluruhan sistem Maximum Power Point Tracking menggunakan kontrol Fuzzy-PI.

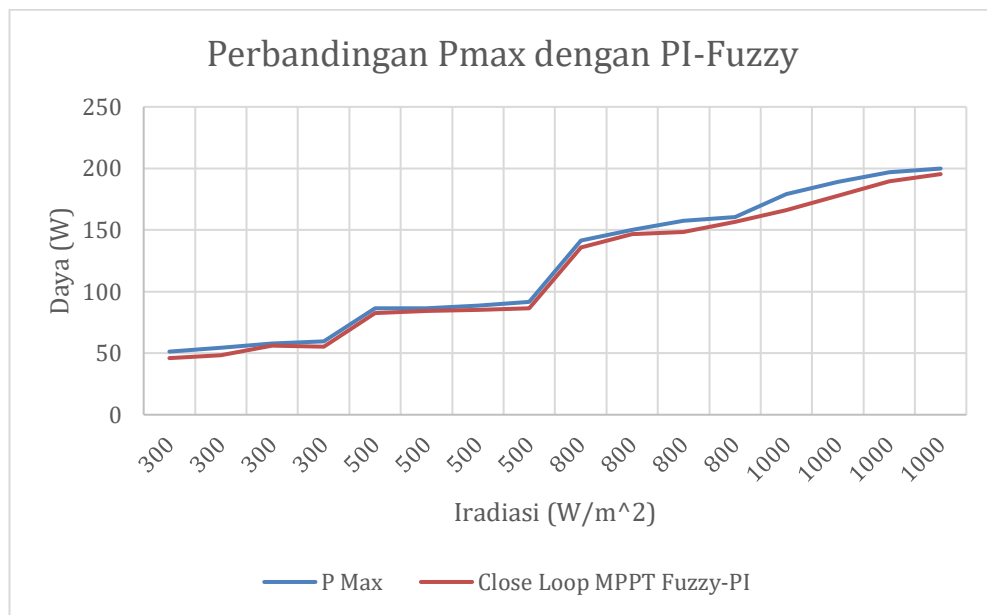


Gambar 7. MPPT Fuzzy-PI pada Matlab



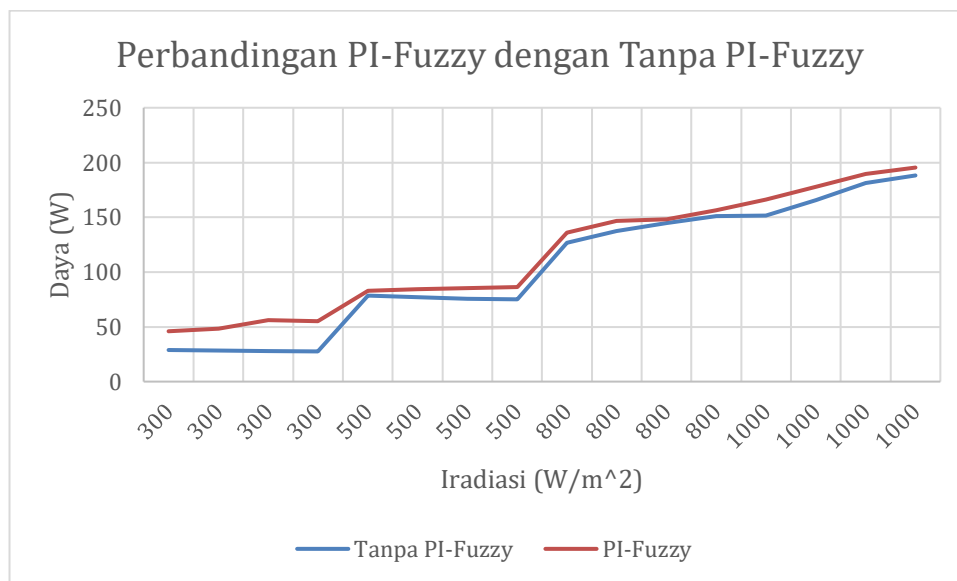
Gambar 8 Simulasi Buck Converter pada Matlab

Simulasi dilakukan dengan merubah nilai iradiasi dan suhu. Kontrol MPPT Fuzzy-PI akan dibandingkan dengan sistem tanpa kontrol MPPT untuk mengetahui kinerja dari sistem MPPT Fuzzy-PI dalam meningkatkan efisiensi penggunaan panel surya. Pengujian membandingkan nilai Pmax dengan close loop juga diperlukan untuk mengetahui akurasi dari sistem yang telah dibuat. Untuk mengetahui kerja dari sistem kontrol yang digunakan oleh MPPT Fuzzy-PI, perlu dilakukan pengujian dengan iradiasi dan suhu bervariasi sesuai dengan kondisi lingkungan.



Gambar 9. Perbandingan P_{max} dan P Close Loop MPPT Fuzzy-PI

Pada Gambar 11 merupakan gambar dari perbandingan dari data keluaran daya maksimum dan keluaran daya close loop. Dari data diatas bisa dilihat bahwa daya yang dihasilkan pada penelitian ini memiliki perbedaan yang relative kecil dengan data daya maksimal.



Gambar 10. Perbandingan PI-Fuzzy dan Tanpa PI-Fuzzy

Pada Gambar 12 merupakan gambar dari perbandingan dari data keluaran close loop PI-Fuzzy dan tanpa sistem kontrol PI-Fuzzy. Dari data diatas bisa dilihat bahwa daya yang dihasilkan pada kontrol PI-Fuzzy memiliki efisiensi yang lebih tinggi daripada sistem tanpa kontrol.

4. Kesimpulan

Penelitian ini memberikan analisis pemodelan karakteristik output dari sistem tenaga panel surya agar meningkatkan efisiensi keluaran dari panel surya dan beroperasi pada titik daya maksimumnya. Sistem ini bekerja pada perubahan iradiasi dan suhu, terbukti efektif mendapatkan daya maksimum. Dalam pelacakan untuk mendapatkan daya maksimum pada sistem ini juga

tergolong cepat. Sistem ini terbukti handal karena memiliki efisiensi sebesar 26,1% jika dibandingkan dengan sistem tanpa kontrol. Sistem ini juga memiliki akurasi sebesar 94,69% jika dibandingkan dengan simulasi mencari daya maksimal.

5. Daftar Pustaka

- [1] K. Hie Khwee, "Pengaruh Temperatur Terhadap Kapasitas Daya Panel Surya (Studi Kasus: Pontianak)," *J. ELKHA*, vol. 5, no. 2, pp. 23–26, 2013.
- [2] D. Suryana, "Pengaruh Temperatur/Suhu Terhadap Tegangan Yang Dihasilkan Panel Surya Jenis Monokristalin (Studi Kasus: Baristand Industri Surabaya)," *J. Teknol. Proses dan Inov. Ind.*, vol. 1, no. 2, pp. 5–8, 2016, doi: 10.36048/jtpii.v1i2.1791.
- [3] S. Yuliananda, G. Sarya, F. Teknik, and F. Teknik, "Pengaruh Perubahan Intensitas Cahaya Matahari," vol. 01, no. 02, pp. 193–202, 2015.
- [4] I. Winarno and L. Natasari, "Maximum Power Point Tracker (MPPT) Berdasarkan Metode Perturb and Observe Dengan Sistem Tracking Panel Surya Single Axis," *Umj*, no. November, pp. 1–9, 2017.
- [5] S. Kurniawan, Yuningtyastuti, and S. Handoko, "Maximum Power Point Tracking (MPPT) Dengan Konverter Dc-Dc Tipe Cuk," *Transient*, p. 115, 2009.
- [6] S. M. Nanda, N. A. Mardiyah, and M. Effendy, "Desain Maximum Power Point Tracking (MPPT) Pada Photovoltaic Dengan Konverter DC-DC Tipe Cuk Menggunakan Algoritma Artificial Bee Colony," pp. 382–388.
- [7] C. U. Lee, J. S. Ko, T. Y. Seo, D. K. Kim, and D. H. Chung, "The MPPT control of photovoltaic system using fuzzy-PI controller," *2013 Int. Conf. Electr. Mach. Syst. ICEMS 2013*, vol. 5, no. 2, pp. 303–305, 2013, doi: 10.1109/icems.2013.6754466.
- [8] E. Sunarno, I. Sudiharto, and D. Yolanita, "Design MPPT with Anfis Method on Zeta Converter With DC Load," *Kinet. Game Technol. Inf. Syst. Comput. Network, Comput. Electron. Control*, vol. 4, no. 1, 2023, doi: 10.22219/kinetik.v8i1.1629.