

Implementasi Fuzzy Tsukamoto dalam Membangun Model Solar Tracking Otomatis

Tommy

Program Studi Teknik Informatika
Universitas Harapan Medan
Jl. Imam Bonjol No. 35 Medan
tommy.unhar@harapan.ac.id

Dedy Irwan

Program Studi Teknik Informatika
Universitas Harapan Medan
Jl. Imam Bonjol No. 35 Medan
dedy_irwan.unhar@harapan.ac.id

Abstract— Solar Energi merupakan energi listrik yang diperoleh dari konversi energi cahaya menjadi energi listrik. Penerapan solar panel sebagai komponen untuk mentransformasikan energi cahaya menjadi energi listrik banyak diimplementasikan diberbagai negara, hal ini disebabkan rendahnya dampak terhadap lingkungan, namun memiliki ketergantungan terhadap gelombang cahaya matahari, dari hasil beberapa penelitian, kebanyakan dari mereka lebih fokus menggunakan sensor LDR sebagai input untuk mendeteksi posisi matahari atau sumber cahaya. Dalam penelitian ini, kami mengusulkan metode fuzzy model Tsukamoto kedalam model solar tracking dengan pembacaan tegangan pada tiap sudut sebagai pengganti sensor LDR, sehingga lebih mengoptimalkan solar tracking dalam pergerakan sudut penampang solar panel agar memperoleh energi yang lebih optimal, dari hasil pengujian dalam bentuk simulasi pergerakan sudut penampang solar panel, model yang diusulkan dengan pendekatan metode fuzzy terbukti lebih efisien menghasilkan Voltase energi listrik sebesar 75.25% dibandingkan tanpa fuzzy, selain itu biaya lebih efisien dibanding dengan penerapan sensor LDR.

Kata Kunci— *Solar Tracking, Logika Fuzzy, Tsukamoto, Solar Panel, Optimasi Solar Tracking*

I. PENDAHULUAN

Sumber energi terbarukan memiliki peranan penting dalam pembangkitan listrik, hal ini disebabkan meningkatnya permintaan kebutuhan sumber daya listrik. Solar Energi merupakan energi listrik yang diperoleh dari konversi energi cahaya menjadi energi listrik [1] dengan memanfaatkan komponen semikonduktor P-N Junction [2]. Penerapan solar panel sebagai komponen mentransformasikan energi cahaya menjadi energi listrik banyak diimplementasikan diberbagai negara, hal ini disebabkan rendahnya dampak terhadap lingkungan, namun memiliki ketertangungan terhadap gelombang cahaya matahari. Solar cell panel menerima gelombang cahaya matahari untuk menghasilkan energi listrik, perubahan pergerakan matahari sangat berpengaruh terhadap energi listrik yang dihasilkan, sehingga memerlukan sebuah metode yang optimal untuk menyesuaikan pergerakan solar cell panel terhadap pergerakan matahari, salah satunya adalah menggunakan teknik fuzzy.

Penerapan logika fuzzy dalam mengatasi ketergantungan cahaya matahari pada solar cell panel banyak diusulkan peneliti, seperti Hamed dan El-Moghany memanfaatkan metode fuzzy dalam melacak intensitas cahaya matahari untuk menentukan pergerakan solar cell panel [3]. Bawa dan Patil mengembangkan perangkat berbasis Arduino untuk mengimplementasikan sistem kendali fuzzy dalam mencari gelombang intensitas cahaya matahari yang baik untuk menggerakkan permukaan solar cell panel [4]. Louchene yang mana menggunakan implementasi penalaran fuzzy dalam melakukan pencarian intensitas cahaya matahari pada permukaan solar cell panel [5]-[6].

Logika fuzzy merupakan logika yang mempunyai konsep kebenaran sebagian, dimana logika fuzzy memungkinkan nilai keanggotaan antara 0 dan 1 [7], Logika fuzzy juga memiliki kemampuan untuk menyimpulkan hasil yang valid (ketepatan dalam pengukuran) dari basis aturan yang berisi pengetahuan yang diekstraksi berdasarkan pengetahuan dan pengalaman pakar yang menjadikan

popularitas logika fuzzy meningkat [8], logika fuzzy terbukti akurat dalam menyelesaikan permasalahan ketidakpastian [8]-[12].

Hasil beberapa penelitian banyak memanfaatkan tambahan sensor cahaya untuk menentukan proses penalaran fuzzy dalam menggerakkan perangkat solar cell menggunakan input dari sensor LDR sebagai alat bantu pendeteksi posisi matahari [13]-[15]. Pada penelitian ini akan dilakukan pengembangan terhadap model sistem tracking pada sistem *solar energy cell* dengan menggunakan pendekatan model fuzzy tsukamoto kedalam model solar tracking dengan pembacaan tegangan pada tiap sudut sebagai pengganti sensor LDR, kerangka pengujian dilakukan dalam bentuk simulasi, kemudian dilakukan analisa efisiensi pergerakan dari model *solar tracking* yang diusulkan.

II. METODE YANG DIUSULKAN

Penelitian ini kami mengusulkan pendekatan model logika Fuzzy Tsukamoto untuk mengoptimalkan solar tracking dalam bentuk simulasi pergerakan sudut penampang solar panel agar memperoleh energi yang lebih optimal. Tahapan proses penentuan sudut penampang yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1 Tahapan Model Solar Tracking

Fuzzy Tsukamoto

Fuzzy Tsukamoto [7] menggunakan aturan yaitu setiap konsekuen pada aturan berbentuk *IF-THEN* harus dipresentasikan dengan suatu himpunan *fuzzy*, dengan fungsi keanggotaan yang monoton. Sebagai hasilnya, *output* hasil inferensi dari tiap-tiap aturan diberikan dengan berdasarkan predikat (*fire strength*). Hasil akhir diperoleh dengan menggunakan rata-rata terbobot [8]. Misalkan ada 2 variabel *input*, yaitu *x* dan *y* serta satu variabel *output* *z*. Variabel *x* terbagi atas dua himpunan yaitu *A1* dan *A2*, sedangkan variabel *y* terbagi atas himpunan *B1* dan *B2*. Variabel *z* juga terbagi atas dua himpunan yaitu *C1* dan *C2*.

Tentu saja himpunan *C1* dan *C2* harus merupakan himpunan yang bersifat monoton. Ada 2 aturan yang digunakan, yaitu:

$$[R1] IF (x \text{ is } A_1) \text{ And } (y \text{ is } B_2) THEN (z \text{ is } C_1) \quad (5)$$

$$[R1] IF (x \text{ is } A_2) \text{ And } (y \text{ is } B_2) THEN (z \text{ is } C_2) \quad (6)$$

Pada metode fuzzy Tsukamoto, proses inferensi dilakukan dengan aturan (rule) berbentuk *IF-THEN* dan menggunakan operasi *AND*, dimana akan dipilih nilai yang lebih minimum (*MIN*) dari dua variabel yang ada [9].

III. PEMBAHASAN

Pada penelitian ini menggunakan 4 (empat) variabel fuzzy model Tsukamoto untuk mengoptimalkan pergerakan sudut penampang solar panel agar memperoleh energi yang lebih optimal, yaitu:

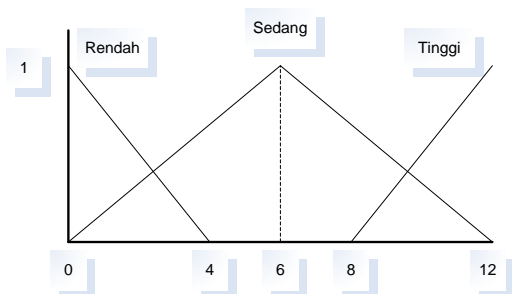
1. Variabel VoltaseKiri, merupakan variable yang mengandung nilai voltase pada posisi kiri atau sudut 45 derajat searah jarum jam.
2. Variabel Voltase Tengah, merupakan variable yang mengandung nilai voltase pada posisi tengah atau sudut 90 derajat.
3. Variabel VoltaseKanan, merupakan variable yang mengandung nilai voltase pada posisi kanan atau sudut 135 derajat searah jarum jam.
4. Variabel SudutPutar, merupakan variable output yang menyatakan nilai sudut rotasi yang harus diputar pada penampang solar panel.

Setiap variabel fuzzy memiliki fungsi keanggotaan, yang dijelaskan sebagai berikut:

1. Fungsi Keanggotaan Fuzzy

Adapun fungsi keanggotaan dari variable fuzzy yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

a. Fungsi Keanggotaan VoltaseKiri



Gambar 2 Fungsi Keanggotaan VoltaseKiri

Tabel 1 Himpunan Variabel VoltaseKiri

No.	Nilai	Himpunan
1	Rendah	[0;0;4]

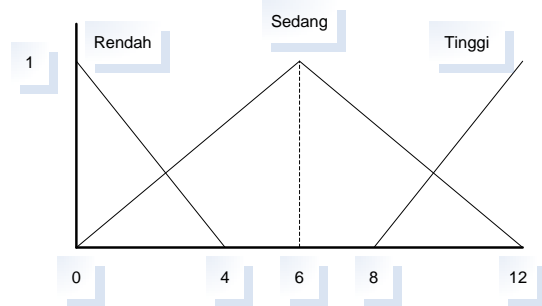
2	Sedang	[0;6;12]
3	Tinggi	[8;12;12]

$$\mu_{Rendah} = \begin{cases} 1, & x = 0 \\ \frac{4-x}{4-0}, & 0 \leq x \leq 4 \\ 0, & x > 4 \end{cases}$$

$$\mu_{Sedang} = \begin{cases} \frac{x-0}{6-0}, & 0 \leq x < 6 \\ \frac{12-x}{12-6}, & 6 < x \leq 12 \\ 1, & x = 6 \end{cases}$$

$$\mu_{Tinggi} = \begin{cases} 1, & x = 12 \\ \frac{x-6}{12-6}, & 6 \leq x \leq 12 \\ 0, & x < 6 \end{cases}$$

b. Fungsi Keanggotaan VoltaseTengah



Gambar 3 Fungsi Keanggotaan VoltaseTengah

Adapun tabel fungsi keanggotaan dapat dilihat pada tabel 2 berikut

Tabel 2 Himpunan Variabel VoltaseTengah

No.	Nilai	Himpunan
1	Rendah	[0;0;4]
2	Sedang	[0;6;12]
3	Tinggi	[8;12;12]

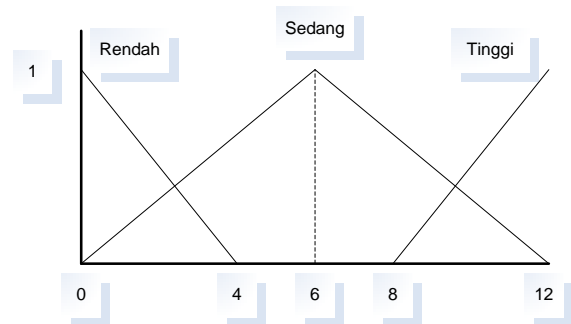
Adapun fungsi keanggotaan dapat dijabarkan sebagai berikut :

$$\mu_{Rendah} = \begin{cases} 1, & x = 0 \\ \frac{4-x}{4-0}, & 0 \leq x \leq 4 \\ 0, & x > 4 \end{cases}$$

$$\mu_{Sedang} = \begin{cases} \frac{x-0}{6-0}, & 0 \leq x < 6 \\ \frac{12-x}{12-6}, & 6 < x \leq 12 \\ 1, & x = 6 \end{cases}$$

$$\mu_{Tinggi} = \begin{cases} 1, & x = 12 \\ \frac{x-6}{12-6}, & 6 \leq x \leq 12 \\ 0, & x < 6 \end{cases}$$

c. Fungsi Keanggotaan VoltaseKanan



Gambar 3 Fungsi Keanggotaan VoltaseKanan

Adapun tabel fungsi keanggotaan dapat dilihat pada tabel 3 berikut

Tabel 3 Himpunan Variabel VoltaseKanan

No.	Nilai	Himpunan
1	Rendah	[0;0;4]
2	Sedang	[0;6;12]
3	Tinggi	[8;12;12]

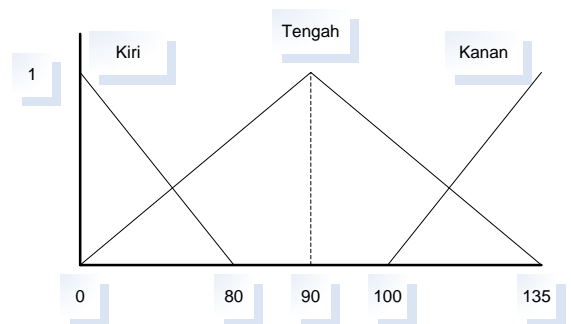
Adapun fungsi keanggotaan dapat dijabarkan sebagai berikut :

$$\mu_{Rendah} = \begin{cases} 1, & x = 0 \\ \frac{4-x}{4-0}, & 0 \leq x \leq 4 \\ 0, & x > 4 \end{cases}$$

$$\mu_{Sedang} = \begin{cases} \frac{x-0}{6-0}, & 0 \leq x < 6 \\ \frac{12-x}{12-6}, & 6 < x \leq 12 \\ 1, & x = 6 \end{cases}$$

$$\mu_{Tinggi} = \begin{cases} 1, & x = 12 \\ \frac{x-6}{12-6}, & 6 \leq x \leq 12 \\ 0, & x < 6 \end{cases}$$

d. Fungsi Keanggotaan SudutPutar



Gambar 4 Fungsi Keanggotaan SudutPutar

Pada tabel 4 merupakan tabel himpunan variabel sudut putar,

Tabel 4 Himpunan Variabel Sudut Putar

No.	Nilai	Himpunan
1	Kiri	[0;0;80]
2	Tengah	[0;90;135]
3	Kanan	[100;135;135]

$$\mu_{Kiri} = \begin{cases} 1, & x = 0 \\ \frac{80 - x}{80 - 0}, & 0 \leq x \leq 80 \\ 0, & x > 80 \end{cases}$$

$$\mu_{Tengah} = \begin{cases} \frac{x - 0}{90 - 0}, & 0 \leq x < 90 \\ \frac{135 - x}{135 - 90}, & 90 < x \leq 135 \\ 1, & x = 90 \\ 1, & x = 135 \end{cases}$$

$$\mu_{Kanan} = \begin{cases} 1, & x = 100 \\ \frac{x - 100}{135 - 100}, & 100 \leq x \leq 135 \\ 0, & x < 100 \end{cases}$$

2. Rule Fuzzy dan Defuzzyfikasi

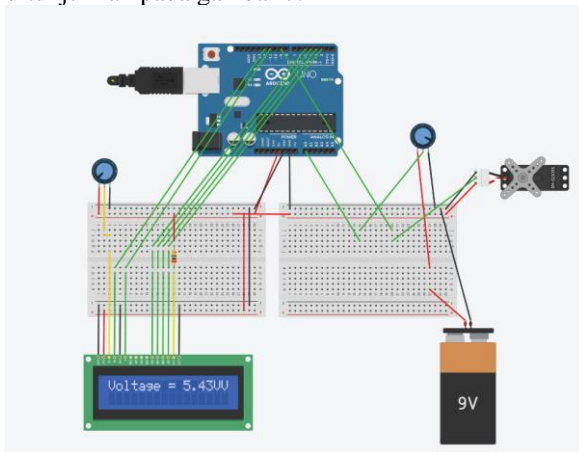
Rule fuzzy yang digunakan pada penelitian ini adalah sebanyak 27 rule yang mana masing – masing rule akan menentukan arah sudut penampang *solar panel*. Adapun rule fuzzy yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

- IF VoltaseKiri = Rendah And VoltaseTengah = Rendah And VoltaseKanan = Rendah Then SudutPutar = Tengah
- IF VoltaseKiri = Rendah And VoltaseTengah = Rendah And VoltaseKanan = Sedang Then SudutPutar = Kanan
- IF VoltaseKiri = Rendah And VoltaseTengah = Rendah And VoltaseKanan = Tinggi Then SudutPutar = Kanan
- IF VoltaseKiri = Rendah And VoltaseTengah = Sedang And VoltaseKanan = Rendah Then SudutPutar = Tengah
- IF VoltaseKiri = Rendah And VoltaseTengah = Sedang And VoltaseKanan = Sedang Then SudutPutar = Kanan
- IF VoltaseKiri = Rendah And VoltaseTengah = Sedang And VoltaseKanan = Tinggi Then SudutPutar = Kanan
- IF VoltaseKiri = Rendah And VoltaseTengah = Tinggi And VoltaseKanan = Rendah Then SudutPutar = Tengah
- IF VoltaseKiri = Rendah And VoltaseTengah = Tinggi And VoltaseKanan = Sedang Then SudutPutar = Tengah
- IF VoltaseKiri = Rendah And VoltaseTengah = Tinggi And VoltaseKanan = Tinggi Then SudutPutar = Tengah
- IF VoltaseKiri = Sedang And VoltaseTengah = Rendah And VoltaseKanan = Rendah Then SudutPutar = Kiri
- IF VoltaseKiri = Sedang And VoltaseTengah = Rendah And VoltaseKanan = Sedang Then SudutPutar = Tengah
- IF VoltaseKiri = Sedang And VoltaseTengah = Rendah And VoltaseKanan = Tinggi Then SudutPutar = Kiri
- IF VoltaseKiri = Sedang And VoltaseTengah = Sedang And VoltaseKanan = Rendah Then SudutPutar = Kiri
- IF VoltaseKiri = Sedang And VoltaseTengah = Sedang And VoltaseKanan = Sedang Then SudutPutar = Tengah
- IF VoltaseKiri = Sedang And VoltaseTengah = Sedang And VoltaseKanan = Tinggi Then SudutPutar = Kanan
- IF VoltaseKiri = Sedang And VoltaseTengah = Tinggi And VoltaseKanan = Rendah Then SudutPutar = Tengah
- IF VoltaseKiri = Sedang And VoltaseTengah = Tinggi And VoltaseKanan = Sedang Then SudutPutar = Tengah
- IF VoltaseKiri = Sedang And VoltaseTengah = Tinggi And VoltaseKanan = Tinggi Then SudutPutar = Tengah
- IF VoltaseKiri = Tinggi And VoltaseTengah = Rendah And VoltaseKanan = Rendah Then SudutPutar = Kiri
- IF VoltaseKiri = Tinggi And VoltaseTengah = Rendah And VoltaseKanan = Sedang Then SudutPutar = Kiri
- IF VoltaseKiri = Tinggi And VoltaseTengah = Rendah And VoltaseKanan = Tinggi Then SudutPutar = Tengah
- IF VoltaseKiri = Tinggi And VoltaseTengah = Sedang And VoltaseKanan = Rendah Then SudutPutar = Kiri
- IF VoltaseKiri = Tinggi And VoltaseTengah = Sedang And VoltaseKanan = Sedang Then SudutPutar = Kiri
- IF VoltaseKiri = Tinggi And VoltaseTengah = Sedang And VoltaseKanan = Tinggi Then SudutPutar = Tengah
- IF VoltaseKiri = Tinggi And VoltaseTengah = Tinggi And VoltaseKanan = Rendah Then SudutPutar = Kiri
- IF VoltaseKiri = Tinggi And VoltaseTengah = Tinggi And VoltaseKanan = Sedang Then SudutPutar = Kiri
- IF VoltaseKiri = Tinggi And VoltaseTengah = Tinggi And VoltaseKanan = Tinggi Then SudutPutar = Tengah

Proses defuzzyfikasi yang digunakan pada penelitian ini adalah defuzzyfikasi perhitungan rata – rata terbobot (Average) dengan menggunakan persamaan berikut [10] :

$$z^* = \frac{\sum \alpha_i * z_i}{\sum \alpha_i}$$

Pengujian yang dilakukan terhadap model fuzzy yang dibangun menggunakan beberapa sampel data input yang dibangkitkan secara acak untuk nilai voltase pada sudut kiri, sudut tengah dan sudut kanan dengan output sudut putar penampang kea rah kiri, kanan ataupun tengah. Pada gambar 6 model rangkaian yang diusulkan, tabel 6 merupakan hasil pengujian dan peningkatan voltase yang diterima berdasarkan waktu dibandingkan dengan tanpa menggunakan model fuzzy, sedangkan hasil dalam bentuk grafik ditunjukkan pada gambar 7.



Gambar 6 model rangkaian yang diusulkan
Pada gambar 6 merupakan model rangkaian yang diusulkan dimana perangkat pendukung ditunjukkan pada tabel 5

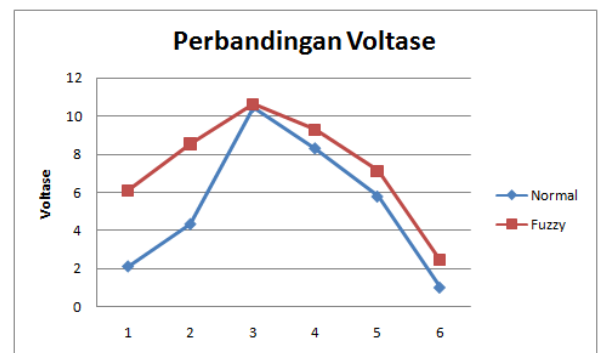
Tabel 5 Tabel perangkat pendukung

Nama	Jumlah	Komponen
U1	1	LCD 16 x 2
U2	1	Arduino Uno R3
Rpot2, Rpot3	2	10 kOhm, Potentiometer
R1	1	200 ohm Resistor
BAT1	1	9V Battery
SERVO1	1	Micro Servo

Tabel 6 Hasil pengujian

No.	Waktu	Tanpa Fuzzy (Volt)	Menggunakan Fuzzy (Volt)	Efisiensi (%)
1	07:00	2.12	6.09	187.26
2	10:00	4.33	8.54	97.23
3	12:00	10.45	10.61	1.53
4	14:00	8.29	9.26	11.70
5	16:00	5.77	7.11	23.22
6	18:00	1.01	2.45	142.57
Efisiensi Rata - Rata				77.25

Berdasarkan hasil pengujian pada tabel 5, pendekatan model fuzzy tsukamoto yang diusulkan menghasilkan 75.25% tingkat efisiensi dibandingkan tanpa menggunakan model fuzzy dan model yang diusulkan lebih efisien dibandingkan dengan model solar tracker yang dilengkapi dengan sensor LDR.



Gambar 5 Perbandingan Voltase

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini mengusulkan metode fuzzy model Tsukamoto untuk mengoptimalkan solar tracking dalam pergerakan sudut penampang solar panel agar memperoleh energi yang lebih optimal, model yang diusulkan dengan pendekatan metode fuzzy terbukti lebih efisien menghasilkan Volt energi listrik sebesar 75.25% dibandingkan tanpa fuzzy dan biaya lebih efisien dibanding dengan model solar tracker yang dilengkapi dengan sensor LDR, selain itu hasil ini masih perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan menggunakan perbandingan metode lainnya seperti model Mamdani maupun model Sugeno atau metode Neural Network.

REFERENSI

- [1] Fajri, I., & Nazir, R. (2014). Fuzzy Logic-Based Voltage Controlling Mini Solar Electric Power Plant as an Electrical Energy

- Reserve For Notebook. 2nd International Conference on Sustainable Energy Engineering and Application, ICSEEA 2014.
- [2] Huang, Y. J., & Wu, B. C. (2009). Solar Tracking Fuzzy Control System Design using FPGA. Proceedings of the World Congress on Engineering 2009 Vol I.
- [3] Hamed, B. M., & El-Moghany, M. S. (2012). Fuzzy Controller Design using FPGA for Sun Tracking in Solar Array System. IJ. Intelligent Systems and Applications, 2012, 1, 46-52 .
- [4] Bawa, D., & Patil, C. (2013). Fuzzy Control Based Solar Tracker Using Arduino Uno. International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT), Volume 2, Issue 12.
- [5] Louchene, A., Benmakhlouf, A., & Chaghi, A. (2007). Solar Tracking System With Fuzzy Reasoning Applied To Crisp Sets. Revue des Energies Renouvelables Vol. 10 N0. 2.
- [6] Stamatescu, I., Stamatescu, G., Arghira, N., Ioana, & Iliescu, S. S. (2014). Fuzzy Decision Support System for Solar Tracking Optimization. Suceava: International Conference on DEVELOPMENT AND APPLICATION SYSTEMS, Romania.
- [7] Husein, A M., Model Manajemen Persediaan Berdasarkan Permintaan Menggunakan Teknik Fuzzy Mamdani, Jurnal Teknik Informatika Prima, ISSN 2088-6101, Vol 7, No 2, Oktober 2014.
- [8] Husein, A M., The implementation of two stages clustering (k-means clustering and adaptive neuro fuzzy inference system) for prediction of medicine need based on medical data, IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 978 (2018) 012019, 2018.
- [9] P. Umami, L.A. Abdillah, I.Z. Yadi, Sistem penunjang keputusan pemberian beasiswa bidik misi, Konferensi Nasional Sistem Informasi (KNSI), STMIK Dipanegara Makassar, Sulawesi Selatan, 2014.
- [10] Murti, T., Abdillah, L., A., Sobri, M., Sistem Penunjang Keputusan Kelayakan Pemberian Pinjaman Dengan Metode Fuzzy Tsukamoto. Seminar Nasional Inovasi dan Tren (SNIT)2015.
- [11] Novita, N., Metode Fuzzy Tsukamoto Untuk Menentukan Beasiswa. Jurnal & Penelitian Teknik Informatika, Volume 1 Nomor 1, Oktober 2016, e-ISSN : 2541-2019.
- [12] Syafitri, N., Simulasi Sistem Untuk Pengontrolan Lampu Dan Air Conditioner Dengan Menggunakan Logika Fuzzy. JURNAL INFORMATIKA Vol. 10, No. 1, Jan 2016.
- [13] Huang, C.-H., Pan, H.-Y., & Lin, K.-C. (2016). Development of Intelligent Fuzzy Controller for a Two-Axis Solar Tracking System. Applied Science, 6, 130; doi:10.3390.
- [14] Sinha, D., & Hui, N. B. (2016). Fuzzy Logic-based Dual Axis Solar Tracking System. International Journal of Computer Applications (0975 – 8887). Volume 155 – No 12.
- [15] Usta, M., Akyazi, Ö., & Altaş, İ. H. (2011). Design and Performance of Solar Tracking System with Fuzzy Logic Controller. International Advanced Technologies Symposium (IATS'11).