

IMPLEMENTASI FUZZY TSUKAMOTO DALAM PENGEMBANGAN SIMPLE MODEL SOLAR TRACKING DUA ARAH

Tommy¹, Dedy Irwan²

^{1,2}Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik dan Komputer Universitas Harapan Medan
tommy.unhar@harapan.ac.id, dedy_irwan.unhar@harapan.ac.id

ABSTRAK

Implementasi Fuzzy pada Solar Tracking telah dilakukan pada beberapa penelitian pengembangan model Solar Tracking untuk memperoleh sebuah sistem pembangkit tenaga listrik yang berasal dari cahaya matahari yang lebih optimal. Pada penelitian ini dilakukan implementasi terhadap metode fuzzy tsukamoto dalam menentukan pergerakan perputaran solar panel berdasarkan nilai voltase yang diterima dari solar panel. Penelitian ini tidak menyertakan sensor cahaya dan bergerak pada dua arah yaitu barat dan timur untuk mengembangkan model yang lebih sederhana dibandingkan dengan model – model lainnya sehingga dapat mengurangi beban daya yang dibutuhkan oleh komponen dan cost perangkat yang dibutuhkan. Penyederhanaan juga dilakukan untuk menguji metode fuzzy tsukamoto yang dikembangkan dengan hanya menggunakan input voltase. Model simulasi yang digunakan pada penelitian ini dibangun menggunakan Arduino Uno R3. Hasil yang diperoleh memberikan hasil yang cukup baik dimana fuzzy tsukamoto mampu menghasilkan nilai derajat sudut putaran solar panel yang tepat sesuai dengan posisi sumber cahaya untuk menghasilkan energi listrik atau tegangan yang lebih optimal.

Kata kunci : Solar Tracking, Dua Arah, Fuzzy Sukamoto, Arduino Uno R3.

1. PENDAHULUAN

Solar Panel merupakan teknologi pembangkit listrik yang mentransformasikan energi cahaya menjadi energi listrik (Fajri & Nazir, 2014) dengan memanfaatkan komponen semikonduktor khusus (Huang, Pan, & Lin, 2016). Sumber cahaya paling utama sebagai pembangkit listrik pada *solar panel* adalah cahaya matahari. Seiring berubahnya waktu, posisi cahaya matahari juga ikut mengalami perubahan sehingga pada *Solar Panel* yang memiliki posisi statis atau tetap, energi listrik yang diperoleh juga tidak optimal. Dalam rangka meningkatkan output energi listrik yang dihasilkan oleh *solar panel*, telah dikembangkan berbagai model *solar tracking* yang secara signifikan mampu mengoptimalkan energi listrik yang dihasilkan dengan mencari posisi yang tepat sesuai dengan posisi matahari.

Solar Tracking secara umum dikembangkan dengan menggunakan sensor cahaya atau *light intensity sensors* atau secara umum disebut dengan LDR (Banerjee, 2015) (Huang, Pan, & Lin, 2016) (Tudorache & Kreindler, 2010) (Wang & Lu, 2013). Penggunaan *light intensity sensors* memberikan respon yang cukup baik dalam mencari dan mengarahkan *solar panel* sesuai dengan posisi matahari. Pengembangan lebih lanjut dilakukan dengan menggunakan kendali logika fuzzy pada model *solar tracking* yang digunakan. Implementasi kendali logika fuzzy menghilangkan kebutuhan akan model matematika yang rumit dan kompleks dan menggantikannya

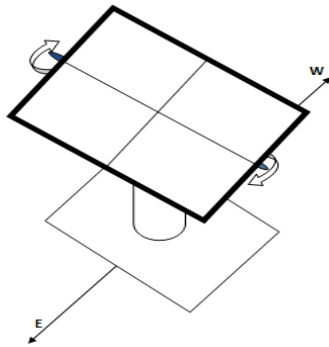
dengan pengetahuan dan pengalaman sehingga mudah untuk diterapkan (Hamed & El-Moghany, 2012).

Kebanyakan model *solar tracking* baik dengan menggunakan kecerdasan buatan ataupun tidak masih bergantung pada penggunaan LDR untuk membantu menentukan posisi yang tepat untuk memperoleh energi listrik yang optimal. Beberapa model menggunakan tingkat intensitas cahaya yang diterima oleh masing – masing sensor cahaya yang terpisah yang kemudian input tersebut akan diproses kedalam kendali logika fuzzy untuk memperoleh posisi yang optimal (Bawa & Patil, 2013), (Louchene, Benmakhlof, & Chaghi, 2007), (Stamatescu, Stamatescu, Arghira, Ioana, & Iliescu, 2014). Penyederhanaan dapat dilakukan dalam mencari posisi optimal dari sebuah model *Solar Tracking* tanpa menggunakan sensor cahaya. Penelitian ini membangun sebuah model *solar tracking* tanpa menggunakan sensor cahaya yang mana menggunakan input voltase yang diterima dari modul *solar panel* sebagai input pada kendali logika fuzzy.

2. METODE

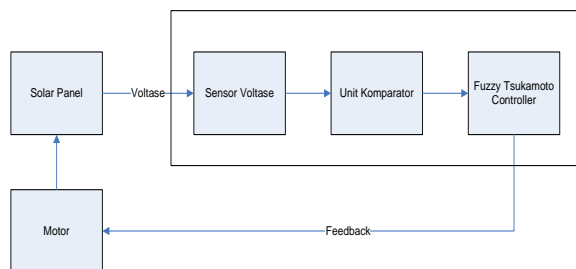
Konsep utama dari rancangan model yang dibangun pada penelitian ini adalah memanfaatkan nilai output voltase yang diperoleh oleh modul *solar panel* untuk menggerakkan motor secara dua arah yaitu ke arah timur dan barat. Konsep model

solar tracking yang dibangun dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1 Konsep Model Solar Tracking

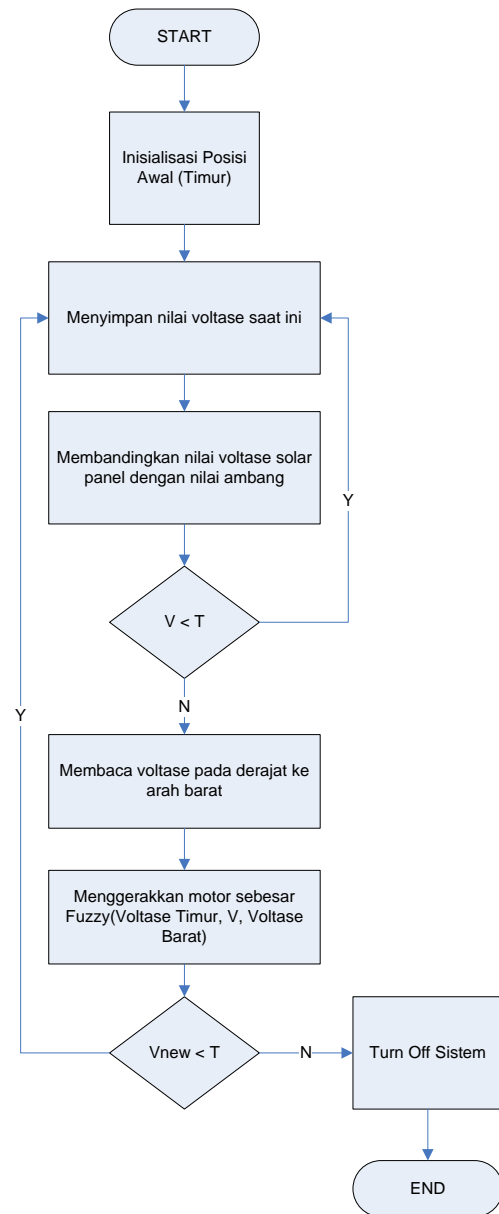
Diagram blok dari *solar tracking* yang dikembangkan pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 2. Untuk memperoleh posisi yang tepat, tegangan output yang diperoleh dari modul *solar panel* dibaca secara periodik dimana jika voltase yang diterima dari modul *solar panel* dibawah batas ambang yang ditentukan maka nilai voltase dan riwayat voltase sebelumnya akan digunakan sebagai input pada kendali fuzzy tsukamoto.



Gambar 2 Diagram Blok Model Solar Tracking

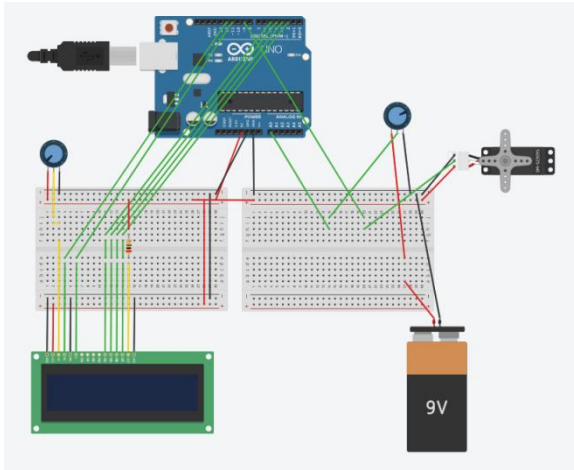
Sistem membaca voltase melalui model sensor voltase yang kemudian meneruskannya ke unit komparator. Unit komparator akan memeriksa nilai voltase saat ini yang berasal dari *solar panel* berdasarkan nilai batas ambang yang telah ditentukan. Kendali fuzzy tsukamoto akan menentukan derajat motor yang akan digerakkan berdasarkan nilai input dari voltase yang diterima dari *solar panel*. Keputusan perputaran motor menggunakan pembacaan voltase pada tiap sudut yang diperoleh sebelumnya dimulai pada saat modul *solar panel* berada pada posisi awal yaitu menghadap ke arah timur sampai ke arah barat yang mana diagram alir dari keputusan pergerakan motor dapat dilihat pada gambar 3. Riwayat voltase akan terus digunakan bersamaan dengan nilai voltase saat ini sampai motor telah mencapai

sudut yang optimal atau voltase yang diperoleh diatas nilai ambang.



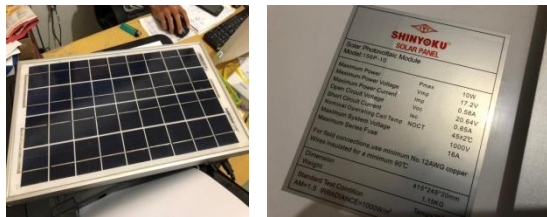
Gambar 3 Diagram Alir Kendali Solar Tracking

Model kendali *solar tracker* yang dikembangkan pada penelitian ini menggunakan perangkat Arduino Uno R3 yang mana diagram sirkuit dari model yang dikembangkan dapat dilihat pada gambar 4.

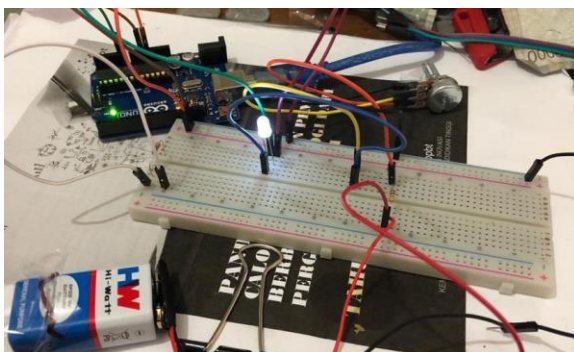


Gambar 4 Diagram Sirkuit Arduino Uno R3

Model yang dikembangkan pada penelitian ini menggunakan motor servo sebagai penggerak utama pada penampang *solar panel*. LCD panel digunakan untuk memberikan informasi mengenai voltase yang diperoleh dari *solar panel* saat ini. Nilai voltase yang diperoleh akan dibaca oleh Arduino dan akan ditampilkan pada modul LCD. Arduino kemudian akan menggerakkan motor servo dengan derajat putaran sesuai dengan hasil dari fuzzyfikasi tsukamoto yang dilakukan.



Gambar 5 Modul Solar Panel



Gambar 6 Pengujian Sensor Voltage

1. KENDALI FUZZY TSUKAMOTO

Variabel *fuzzy* yang digunakan pada penelitian ini adalah variable yang berkaitan dengan energy yang diperoleh dari *solar panel* serta posisi dari *solar panel* saat ini. Adapun variable input yang digunakan adalah sebagai berikut :

Litbang Pemas Unisla

1. Variabel Voltase Timur, merupakan variable yang mengandung nilai voltase pada posisi Timur 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 Voltase Barat, merupakan variable yang mengandung nilai voltase pada posisi Barat 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.

Himpunan variable fuzzy yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari Rendah, Sedang dan Tinggi untuk variable input dan Kiri, Tengah dan Kanan untuk variable output.

Tabel 1 Himpunan Variabel Voltase Timur

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 :

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

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

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

Tabel 2 Himpunan Variabel Voltase Tengah

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 :

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

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

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

Tabel 3 Himpunan Variabel VoltaseBarat

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 :

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

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

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

Tabel 4 Himpunan Variabel Sudut Putar

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

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

$$\mu_{Tengah} = \begin{cases} \frac{x-0}{90-0}, & 0 \leq x < 90 \\ \frac{135-x}{135-45}, & 90 < x \leq 135 \\ 1, & x = 90 \end{cases}$$

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

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 VoltaseTimur = Rendah And VoltaseTengah = Rendah And VoltaseBarat = Rendah Then SudutPutar = Tengah
- IF VoltaseTimur = Rendah And VoltaseTengah = Rendah And VoltaseBarat = Sedang Then SudutPutar = Barat
- IF VoltaseTimur = Rendah And VoltaseTengah = Rendah And VoltaseBarat = Tinggi Then SudutPutar = Barat
- IF VoltaseTimur = Rendah And VoltaseTengah = Sedang And VoltaseBarat = Rendah Then SudutPutar = Tengah
- IF VoltaseTimur = Rendah And VoltaseTengah = Sedang And VoltaseBarat = Sedang Then SudutPutar = Barat
- IF VoltaseTimur = Rendah And VoltaseTengah = Sedang And VoltaseBarat = Tinggi Then SudutPutar = Barat
- IF VoltaseTimur = Rendah And VoltaseTengah = Tinggi And VoltaseBarat = Rendah Then SudutPutar = Tengah
- IF VoltaseTimur = Rendah And VoltaseTengah = Tinggi And VoltaseBarat = Sedang Then SudutPutar = Tengah
- IF VoltaseTimur = Rendah And VoltaseTengah = Tinggi And VoltaseBarat = Tinggi Then SudutPutar = Tengah
- IF VoltaseTimur = Sedang And VoltaseTengah = Rendah And VoltaseBarat = Rendah Then SudutPutar = Timur
- IF VoltaseTimur = Sedang And VoltaseTengah = Rendah And VoltaseBarat = Sedang Then SudutPutar = Tengah
- IF VoltaseTimur = Sedang And VoltaseTengah = Rendah And VoltaseBarat = Tinggi Then SudutPutar = Barat
- IF VoltaseTimur = Sedang And VoltaseTengah = Sedang And VoltaseBarat = Rendah Then SudutPutar = Timur

14. IF VoltaseTimur = Sedang And VoltaseTengah = Sedang And VoltaseBarat = Sedang Then SudutPutar = Tengah
15. IF VoltaseTimur = Sedang And VoltaseTengah = Sedang And VoltaseBarat = Tinggi Then SudutPutar = Barat
16. IF VoltaseTimur = Sedang And VoltaseTengah = Tinggi And VoltaseBarat = Rendah Then SudutPutar = Tengah
17. IF VoltaseTimur = Sedang And VoltaseTengah = Tinggi And VoltaseBarat = Sedang Then SudutPutar = Tengah
18. IF VoltaseTimur = Sedang And VoltaseTengah = Tinggi And VoltaseBarat = Tinggi Then SudutPutar = Tengah
19. IF VoltaseTimur = Tinggi And VoltaseTengah = Rendah And VoltaseBarat = Rendah Then SudutPutar = Timur
20. IF VoltaseTimur = Tinggi And VoltaseTengah = Rendah And VoltaseBarat = Sedang Then SudutPutar = Timur
21. IF VoltaseTimur = Tinggi And VoltaseTengah = Rendah And VoltaseBarat = Tinggi Then SudutPutar = Tengah
22. IF VoltaseTimur = Tinggi And VoltaseTengah = Sedang And VoltaseBarat = Rendah Then SudutPutar = Timur
23. IF VoltaseTimur = Tinggi And VoltaseTengah = Sedang And VoltaseBarat = Sedang Then SudutPutar = Timur
24. IF VoltaseTimur = Tinggi And VoltaseTengah = Sedang And VoltaseBarat = Tinggi Then SudutPutar = Tengah
25. IF VoltaseTimur = Tinggi And VoltaseTengah = Tinggi And VoltaseBarat = Rendah Then SudutPutar = Timur
26. IF VoltaseTimur = Tinggi And VoltaseTengah = Tinggi And VoltaseBarat = Sedang Then SudutPutar = Timur
27. IF VoltaseTimur = Tinggi And VoltaseTengah = Tinggi And VoltaseBarat = Tinggi Then SudutPutar = Tengah

Adapun defuzzyfikasi yang digunakan pada penelitian ini adalah defuzzyfikasi perhitungan rata – rata terbobot (Average) (Syafitri, 2016).

3. PEMBAHASAN

Percobaan yang dilakukan pada model *solar tracking* yang dikembangkan adalah dengan melakukan pengamatan secara berkala terhadap nilai voltase yang diperoleh dari model *solar tracking* yang menggunakan fuzzy tsukamoto tanpa menggunakan sensor LDR. Adapun data pengamatan secara rata – rata dapat dilihat pada tabel 5.

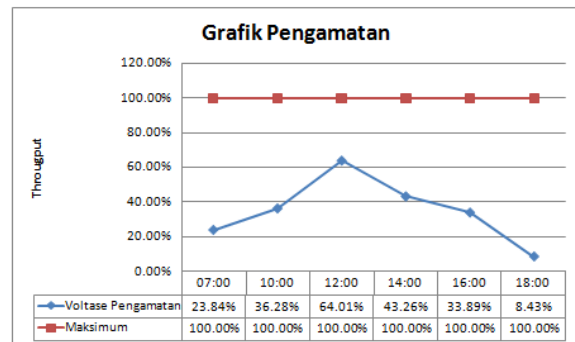
Tabel 5 Data Pengamatan

No.	Waktu	Voltase
1	07:00	4.10 Volt
2	10:00	6.24 Volt
3	12:00	11.01 Volt
4	14:00	7.44 Volt
5	16:00	5.83 Volt
6	18:00	1.45 Volt

Dari data pengamatan diperoleh rata – rata nilai voltase yang diperoleh dari model *solar tracking* yang dibangun pada penelitian ini. Selanjutnya dari data tersebut akan dihitung nilai *throughput* yang diperoleh terhadap nilai tegangan maksimum yang dapat diperoleh oleh modul solar panel yaitu 17.2 v untuk melihat performa model *solar tracking* yang dibangun yang mana dapat dilihat pada tabel 6 dan grafik perbandingannya pada gambar 7.

Tabel 6 Throughput Voltase Model Solar Tracking

No.	Waktu	Voltase	Throughput
1	07:00	4.10 Volt	23.84 %
2	10:00	6.24 Volt	36.28 %
3	12:00	11.01 Volt	64.01 %
4	14:00	7.44 Volt	43.26 %
5	16:00	5.83 Volt	33.89 %
6	18:00	1.45 Volt	8.43 %



Gambar 7 Grafik Throughput

Berdasarkan nilai *throughput* yang diperoleh dari tegangan atau voltase *solar panel* dari penelitian ini diperoleh nilai *throughput* tertinggi adalah 64.01 % pada waktu tengah hari dan nilai *throughput* terendah adalah 8.43 % pada waktu senja menjelang malam. Dari hasil tersebut dapat dilihat nilai *throughput* cukup stabil dikarenakan nilai rata – rata pengamatan yang diperoleh cukup besar mengingat cuaca yang tidak tetap pada saat pengamatan dilakukan.

4. KESIMPULAN

Pada penelitian terhadap simulasi model *solar tracking* yang dilakukan menunjukkan bahwa tanpa menggunakan LDR dapat dikembangkan sebuah model *solar tracking* yang cukup baik dengan menggunakan nilai voltase yang diperoleh dari *solar panel* sebagai nilai masukan pada kendali logika *fuzzy tsukamoto*. Nilai *throughput* yang diperoleh pada model yang dikembangkan juga cukup baik dimana pada kondisi statis atau tetap *throughput* yang diperoleh dari *solar panel* jauh lebih rendah dibandingkan dengan model *solar tracking* yang dibangun pada penelitian ini yang mana pada saat posisi matahari rendah *throughput* yang dihasilkan mampu mencapai 8.43 – 23.84 %.

REFERENSI

- Banerjee, R. (2015). *Solar Tracking System*. International Journal of Scientific and Research Publications, Volume 5, Issue 3, ISSN 2250-3153.
- 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.
- Fajri, I., & Nazir, R. (2014). *Fuzzy Logic-Based Voltage Controlling Of Mini Solar Electric Power Plant as an Electrical Energy Reserve for Notebook*. Proceeding of 2nd International Conference on Sustainable Energy Engineering and Application, ISBN 978-602-17952-1-7.
- Hamed, B. M., & El-Moghany, M. S. (2012). *Fuzzy Controller Design Using FPGA for Sun Tracking in Solar Array System*. I.J. Intelligent Systems and Applications, 2012, 1, 46-52.
- 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.
- Juang, J.-N., & Radharamanan, R. (2014). *Design of a Solar Tracking System for Renewable Energy*. Proceedings of 2014 Zone 1 Conference of the American Society for Engineering Education (ASEE Zone 1).
- 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.
- 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.
- Syafitri, N. (2016). *Simulasi Sistem Untuk Pengontrolan Lampu dan Air Conditioner Dengan Menggunakan Logika Fuzzy*. Jurnal Informatika, Vol. 10, No. 1, Jan 2016.
- Tudorache, T., & Kreindler, L. (2010). *Design of a Solar Tracker System for PV Power Plants*. Acta Polytechnica Hungarica, Vol. 7, No. 1.
- Wang, J.-M., & Lu, C.-L. (2013). *Design and Implementation of a Sun Tracker with a Dual-Axis Single Motor for an Optical Sensor-Based Photovoltaic System*. Sensors, 13, 3157-3168; doi:10.3390/s130303157, ISSN 1424-8220.