

Sistem Tracking Panel Surya Untuk Optimalisasi Daya Menggunakan Metode Kendali Logika Fuzzy

Alfin Imadul Haq, Sumardi, Munawar A Riyadi

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia
Email: alfinimadulhaq@gmail.com

Abstrak — Salah satu jenis energi alternatif yang berkembang pesat dan banyak digunakan adalah energi matahari yang digunakan sebagai pembangkit listrik, dalam bentuk panel surya. Dalam rangka mengoptimalkan penggunaan panel surya tersebut, diperlukan sebuah sistem pengendali yang dapat mengontrol posisi panel surya agar selalu mengikuti arah dan posisi dari matahari secara otomatis. Sistem yang digunakan untuk pengaturan tersebut dinamakan sistem tracking matahari dengan dua derajat kebebasan. Sistem ini bekerja menggunakan perubahan daya yang terbaca oleh panel surya. Kelebihan dari sistem ini dapat mengikuti posisi matahari. Dalam sistem ini digunakan perbandingan daya yang terbaca oleh sistem dan mencari yang paling optimal diantara daya tersebut. Berdasarkan perbedaan daya yang diterima, Kendali Logika Fuzzy akan menggerakkan motor servo untuk melakukan aksi kendali terhadap posisi panel surya supaya selalu tegak lurus terhadap posisi matahari. Perbandingan respon unjuk kerja antara sistem yang tanpa menggunakan kontroler fuzzy yaitu tegangan = 15,40 V, arus = 0,46 A, dan daya = 7.17 W, sedangkan untuk sistem yang menggunakan kontroler fuzzy 2 DOF (Degree Of Freedom) menghasilkan tegangan = 15,54 V, arus = 0,51 A, dan daya = 7.94 W. Sistem yang dibuat sudah mengikuti matahari untuk mencapai daya yang maksimal.

Kata Kunci: Dua Derajat Kebebasan, Kendali Logika Fuzzy, Motor Servo, Panel Surya, Tracking

Abstract — Type of alternative energy is rapidly growing and widely used is the use of solar energy as a power plant, in the form of solar panels. In order to optimize the use of solar panels, it needs a control system that can control the position of the solar panels to always follow direction and position of the sun automatically. The system used this settings is called solar tracking system with two degrees of freedom. The system works using power changes readable by solar panels. The advantages of this system can follow the sun's position. In this system the ratio of the power is used by the system to read and search for the most optimal power among them. Based on the received power difference, Fuzzy Logic Controller will drive the servo motors to control the action on the position of the solar panel that is always perpendicular to the sun's position. Comparison of response between system performance without the use of the fuzzy controller is voltage = 15.40 V, current = 0.46 A, and power = 7.17 W, while for systems using fuzzy controller 2 DOF (Degrees Of Freedom) produces a voltage = 15,54 V, current = 0.51 A, and power = 7.94 W. The system has to follow the sun to achieve maximum power.

Keywords: Two Degrees of Freedom, Fuzzy Logic Controller, Servo Motor, Sonar Panel, Tracking

1. PENDAHULUAN

Masalah energi merupakan topik penelitian yang menarik sepanjang peradaban umat manusia. Upaya mencari sumber energi alternatif sebagai pengganti bahan bakar fosil masih tetap ramai dibicarakan. Terdapat beberapa sumber energi alam yang tersedia sebagai energi alternatif yang bersih, tidak berpolusi, aman dan dengan persediaan yang tidak terbatas (Fishbane, 1996). Salah satunya energi alternatif yang hampir mencakup kriteria aman bagi lingkungan adalah energi matahari. Energi matahari merupakan energi yang berjumlah sangatlah besar dan masih sangat sedikit digunakan. Jumlah rata-rata panas

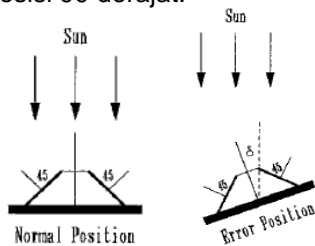
matahari yang dapat terpancarkan ke bumi sekitar $1\text{KW}/\text{m}^2$ atau setara dengan 1000 kali konsumsi energi di seluruh dunia saat ini (Fishbane, 1996). Atau dengan kata lain, dengan menutup 0,1 % saja permukaan bumi dengan *solar cell* yang memiliki efisiensi 10 persen sudah mampu untuk menutupi kebutuhan energi di seluruh dunia saat ini (Fishbane, 1996). Jadi energi matahari telah menarik minat sebagian besar para peneliti sepanjang dua dekade terakhir ini (Babatunde, 1995).

Penggunaan energi matahari tidak dapat digunakan secara langsung. Melainkan, Perlu adanya suatu alat tambahan yang

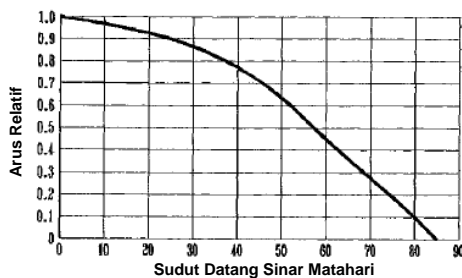
dinamakan panel surya. Pada dasarnya prinsip dasar dari memanfaatkan energi matahari adalah mengkonversi dari panas matahari yang diserap oleh panel surya diubah menjadi listrik. Permasalahannya saat ini adalah bagaimana menggunakan panel surya untuk mendapatkan keluaran listrik yang optimal. Pemakaian panel surya umumnya diletakkan dengan posisi tertentu dengan tanpa perubahan (Takun *et al.*, 2011), sebagai contohnya panel surya hanya di hadapkan ke titik atas, padahal untuk mendapatkan keluaran listrik yang optimal panel diposisikan dengan sudut 90° dengan matahari (Gambar 1). Untuk itu dibutuhkan pengontrolan agar panel surya tetap dalam kondisi yang optimal.

Dalam mengubah energi pada solar cell ada beberapa faktor yang mempengaruhi dalam pengotimalan perubahan energi. Diantaranya adalah faktor orientasi terhadap matahari yang selalu berubah-ubah yang dapat mengurangi optimalisasi solar cell dalam perubahan energi matahari menjadi energi listrik (Lorenzo, 1994).

Panel surya dapat optimal ketika berhadapan langsung dengan pancaran sinar matahari, dalam artian posisi panel surya harus tegak lurus dengan cahaya yang datang, seperti ditunjukkan pada Gambar 1 (Lorenzo, 1994). Dari kondisi normal position, efektivitas solar cell dalam menghasilkan daya yang lebih besar lebih mudah didapat (Lorenzo, 1994). Karena karakteristik dari panel surya sendiri, panel surya akan mendapatkan daya optimal ketika di posisi 90 derajat.



Gambar 1. Posisi Solar Cell dalam menerima cahaya matahari (Lorenzo, 1994)



Gambar 2. Kurva pada Solar Cell dengan sudut tangkap antara 0° - 90° (Lorenzo, 1994)

Dari Gambar 2 dapat dilihat ketika cahaya matahari yang diterima solar cell dalam berbagai posisi mulai dari 0° - 90°. Solar cell menghasilkan daya maksimal ketika posisinya saling tegak lurus dengan cahaya matahari. Dengan memperhatikan perilaku bunga matahari yang selalu mengikuti arah matahari, solar cell perlu didesain seperti tersebut agar efektivitas kerja solar cell lebih maksimal (Lorenzo, 1994).

Pada penelitian sebelumnya (Anderson, *et al.*, 2003), dijelaskan bagaimana pengontrolan pada solar tracking system masih menggunakan simulasi Matlab dengan metode kontrol Fuzzy yang dibandingkan dengan kontrol PI. Hasil dari penelitian ini adalah Fuzzy Logic Controller (FLC) mempunyai hasil yang lebih baik dibandingkan dengan kontrol PI. Keduanya mendapatkan nilai settling time yang hampir sama, tetapi FLC menunjukkan nilai overshoot yang lebih kecil (Dkk, 2011).

Maka dari latar belakang dan penelitian yang telah diungkapkan diatas, pada penelitian ini penulis merancang sebuah sistem pelacakan fotovoltaik (PV) dengan menggunakan Logika Kendali Fuzzy (KLF) yang dapat mengatur posisi dari panel surya sedemikian rupa sehingga diharapkan akan posisi panel surya selalu tegak lurus atau dalam kondisi optimal.

2. METODE

Alat ini merupakan sistem Maximum Power Point Tracking Photovoltaic (MPPT PV) yang terdiri atas panel surya, rangkaian driver yang memuat rangkaian pembagi tegangan dan sensor arus ACS712, mikrokontroler, LCD sebagai display dan aktuator berupa motor servo. Secara umum, komponen-komponen tersebut dirancang agar bekerja sesuai dengan diagram blok pada Gambar 3.

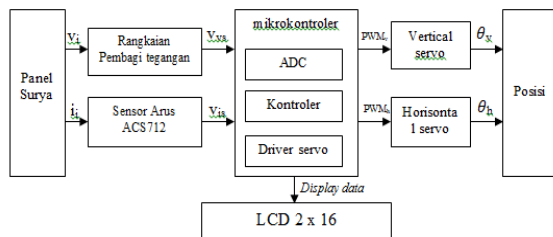
Dari Gambar 3 dapat diketahui bahwa keluaran panel surya berupa tegangan (v_i) dan arus (i_i). Pada keluaran tegangan panel surya masih terlalu besar sehingga perlu untuk diturunkan lebih dahulu dengan menggunakan rangkaian pembagi tegangan agar dihasilkan tegangan v_{vs} yang dapat diolah pada ADC mikrokontroler. Sedangkan arus i_i diubah besarnya menjadi tegangan v_{is} oleh sensor arus ACS712.

Arus dan tegangan yang sudah disesuaikan oleh pembagi tegangan dan sensor arus, selanjutnya akan diproses dan diolah oleh mikrokontroler ATmega 8535 yang bekerja sebagai kontroler. Data hasil pengolahan

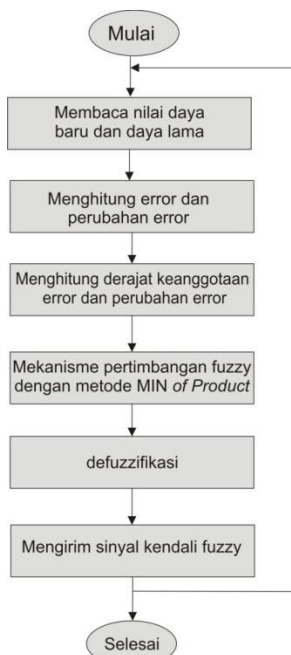
ditampilkan pada *display* LCD 2x16. Data hasil pengontrolan adalah sinyal PWM (*Pulse Width Modulation*) yang mengatur posisi servo.

Sinyal-sinyal PWM menggerakkan servo motor mencari posisi yang menghasilkan daya optimal pada panel surya. Sinyal PWM *vertical* akan menggerakkan servo *vertical* dan sinyal PWM *horizontal* akan menggerakkan servo *horizontal*. Servo-servo tersebut disusun pada sistem mekanik yang porosnya dapat berputar pada sumbu X dan sumbu Z dalam model tiga dimensi, sehingga panel surya dapat bergerak dengan dua derajat kebebasan.

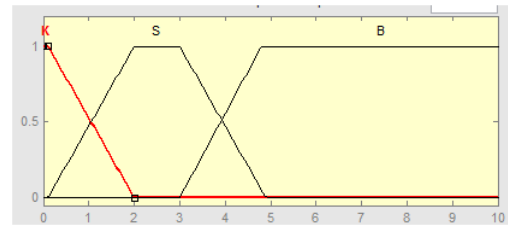
Penelitian ini menggunakan logika fuzzy untuk kendali dari motor servo. Fuzzy yang digunakan adalah fuzzy sugeno serta dengan menggunakan mikrokontroler ATMEGA8535. Pemrograman fuzzy dapat dibuat flowchart seperti pada Gambar 4. Pada Gambar 4 terlihat proses logika fuzzy terdapat 3 tahap yaitu fuzzyfikasi (menghitung keanggotaan error dan perubahan error), rule base (Mekanisme pertimbangan fuzzy) dan defuzzifikasi.



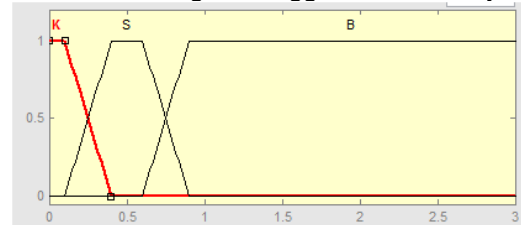
Gambar 3. Blok Diagram Sistem Tracking Panel Surya



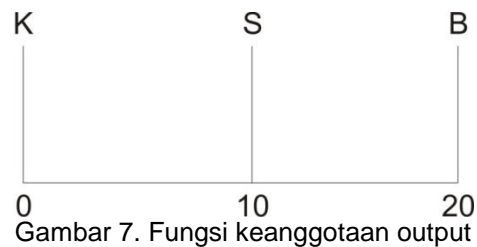
Gambar 4. Flowchart kendali logika fuzzy pada sistem tracking panel surya



Gambar 5 fungsi keanggotaan *error* daya



Gambar 6. Fungsi keanggotaan Perubahan *error* daya



Gambar 7. Fungsi keanggotaan output

Pada proses fuzzyfikasi (menghitung keanggotaan error dan perubahan error), untuk *membership function* dari error terdapat 3 anggota dan perubahan error terdapat 3 anggota. Dan pembagian anggota error dan perubahan error dapat direpresentasikan dengan Gambar 5 dan Gambar 6. Sedangkan untuk output dari logika fuzzy dapat dilihat pada Gambar 7.

Setelah mendapatkan *membership function* dari proses fuzzyfikasi selanjutnya proses rule base (mekanisme pertimbangan fuzzy). Pada mekanisme ini menggunakan metode MIN of Product, yaitu mengambil nilai minimal dari perbandingan error dan perubahan error.

Proses selanjutnya adalah proses pengambilan keputusan atau defuzzifikasi, pada penelitian ini menggunakan fuzzy sugeno dengan metode rata-rata berbobot.

3. HASIL DAN ANALISIS

Pengujian perangkat lunak ini bertujuan untuk mengetahui apakah program dan algoritma yang telah dirancang dapat mengendalikan motor servo pada sistem tracking Solar Panel. Pengujian tersebut meliputi pengujian sistem tanpa kendali dan pengujian sistem dengan kendali fuzzy. Hal ini ditujukan untuk mengetahui apakah sistem

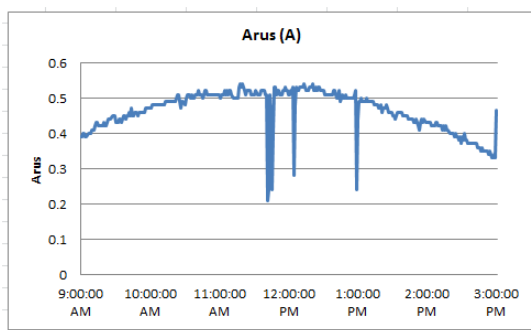
dengan kendali fuzzy dapat meningkatkan hasil kinerja dari sebuah solar cell yang statis (tanpa menggunakan kontroler) atau tidak.

Agar perbandingan memiliki data yang sebanding, maka pengambilan data dilakukan pada jam yang sama namun pada hari yang berbeda, yakni mulai pukul 09.00 WIB hingga pukul 03.00 WIB pada bulan agustus 2014 pada 5 derajat lintang selatan.

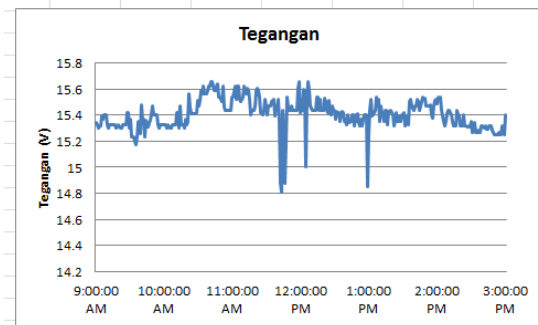
3.1. Pengujian Sistem Tanpa Kendali

Pengujian sistem kendali tanpa kontroler dilakukan tanpa menggunakan kontroler atau statis menghadap suatu arah tertentu, dalam percobaan ini penulis mengarahkan solar cell tegak lurus kearah atas.

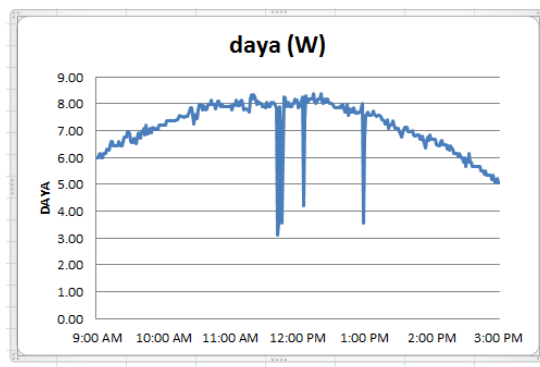
Gambar 8, 9, 10 adalah grafik hasil pengujian sistem tanpa kontroler yang dilakukan mulai pukul 09.00 WIB hingga pukul 03.00 WIB dan diambil data setiap satu menit sekali. Berdasarkan data hasil pengujian yang dilakukan selama satu hari (ditunjukkan pada Gambar 8,9,10) dengan data yang diambil per-menit, dapat diketahui bahwa sistem yang dilakukan tanpa menggunakan kontroler menghasilkan rata-rata tegangan yaitu 15,40 V, arus rata-rata 0,46 A, dan daya rata-rata sebesar 7,15 W. Pada data pengujian tersebut data arus (Gambar 8) mempunyai arus besar pada jam 11 sampai jam 13 hal itu disebabkan karena posisi matahari terletak hampir membentuk sudut 90 derajat pada panel surya yang mengarah ke atas (tanpa kontroler). Dan grafik arus membentuk parabola (Gambar 2) karena besarnya intensitas dan sudut datang matahari berbeda-beda (pagi-siang-sore).



Gambar 8. Data pengujian Arus tanpa menggunakan kontroler



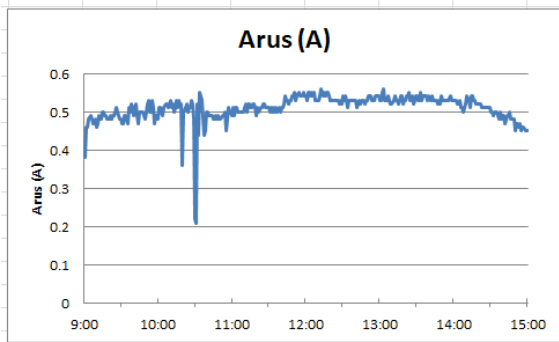
Gambar 9. Data pengujian tegangan tanpa menggunakan kontroler



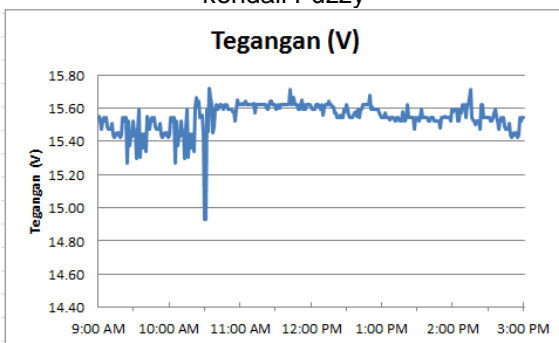
Gambar 10. Data perhitungan daya tanpa menggunakan kontroler

3.2. Pengujian Sistem Menggunakan Kendali Fuzzy dengan 2 DOF

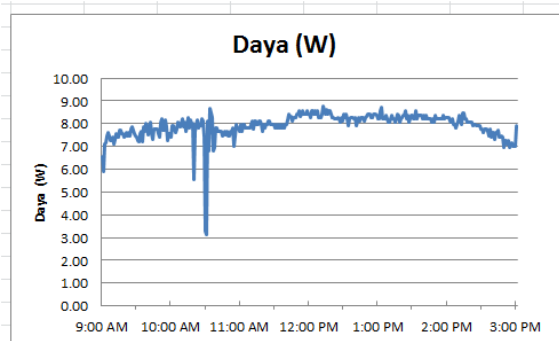
Pada pengujian rangkaian total ini dilakukan dengan menggunakan kontroler Kendali Logika Fuzzy (KLF) 2 DOF (*Degree Of Freedom*), sehingga sistem melakukan pelacakan matahari berdasarkan empat penjurus mata angin yaitu utara, selatan, timur, dan barat. Pada pengujian dengan menggunakan kendali dilakukan pada jam 09.00 sampai 15.00. Berdasarkan data hasil pengujian yang dilakukan selama satu hari dengan data yang diambil per-menit, dapat diketahui bahwa sistem yang menggunakan kontroler fuzzy menghasilkan rata-rata tegangan yaitu 15,54 V (pada Gambar 12), arus rata-rata 0,51 A (pada Gambar 11), dan daya rata-rata sebesar 7,93 W (pada Gambar 13). Pada pengujian menggunakan kontroler fuzzy menghasilkan arus yang hampir datar (karena sistem melacak keberadaan matahari) dan pada Gambar 11 dapat dilihat bahwa pada pagi dan sore hari terdapat sedikit penurunan arus itu disebabkan karena perbedaan intensitas matahari pada pagi, siang dan sore. Sedangkan untuk daya sudah hampir terlihat datar (Gambar 13).



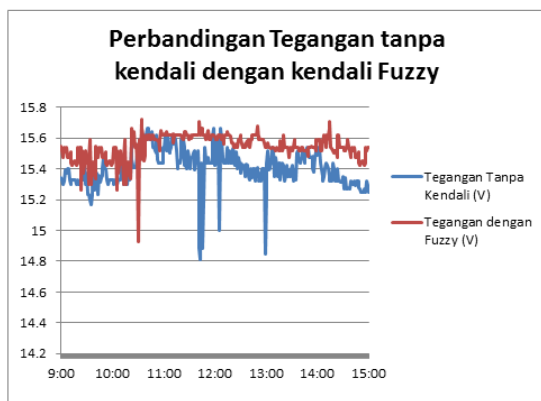
Gambar 11. Data pengujian Arus menggunakan kendali Fuzzy



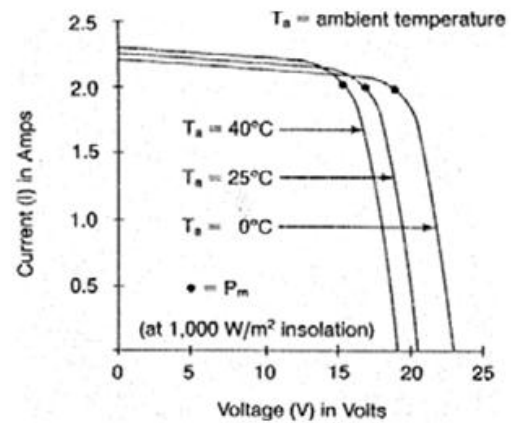
Gambar 12. Data pengujian Tegangan menggunakan kendali Fuzzy



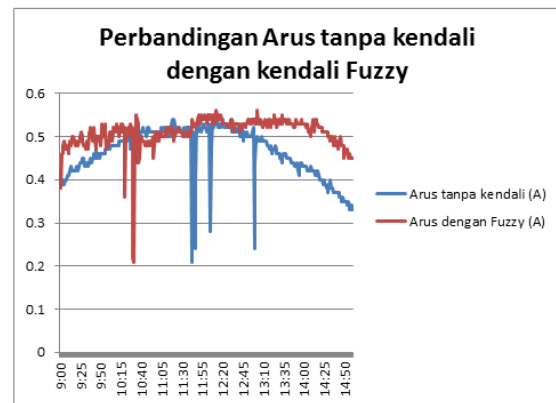
Gambar 13. Data perhitungan Daya menggunakan kendali Fuzzy



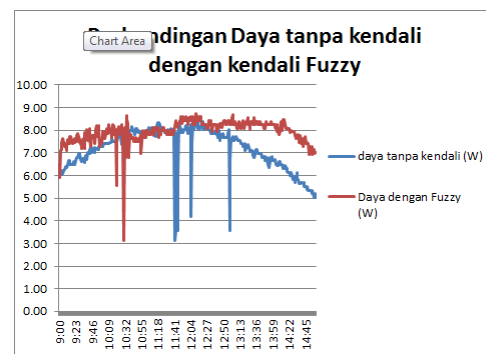
Gambar 14. Data perbandingan Tegangan menggunakan kendali Fuzzy dan tegangan tanpa menggunakan kontroler



Gambar 15. Perbandingan antara arus, tegangan dan suhu pada panel surya^[5]



Gambar 16. Data perbandingan arus menggunakan kendali Fuzzy dan tegangan tanpa menggunakan kontroler



Gambar 17. Data perbandingan Daya menggunakan kendali Fuzzy dan tegangan tanpa menggunakan kontroler

Berdasarkan Gambar 14 dapat diketahui bahwa sistem yang dengan menggunakan kontroler fuzzy 2 DOF menghasilkan tegangan lebih bagus daripada sistem yang tanpa menggunakan kontroler. Pada sistem yang

menggunakan kontroler fuzzy menghasilkan rata-rata tegangan yaitu 15,54 V, sedangkan sistem tanpa menggunakan kontroler mempunyai rata-rata tegangan 15,40 V. Selisih yang dihasilkan adalah 0,10 V, Sehingga kenaikan tegangan yang di dapatkan sebesar 0,64%. Pada *trendline* dari sistem yang menggunakan kontroler sudah cenderung datar karena panel surya selalu mengikuti matahari.

Sedangkan untuk perbandingan arus (Gambar 16) dapat diketahui bahwa sistem yang dengan menggunakan kontroler fuzzy 2 DOF menghasilkan Arus lebih bagus dengan tanpa kontroler dengan rata-rata arus yaitu 0,51 A, sedangkan tanpa kendali mempunyai rata-rata arus 0.46 A. Selisih yang dihasilkan adalah 0,05 A, dari pengujian arus di dapat kenaikan arus dalam satu hari sebesar 9.8%. Pada Gambar 16 *trendline* arus yang menggunakan kontroler fuzzy cenderung datar karena panel hampir mengikuti matahari. Untuk *trendline* arus dan tegangan pada pagi hari dan sore hari, perbandingan jarak antara arus tanpa kontroler dan dengan kontroler lebih besar daripada tegangan yang menggunakan kontroler dengan tanpa kontroler ini disebabkan Karena karakteristik dari panel surya semakin suhunya tinggi maka nilai arus akan semakin besar dan tegangan semakin kecil dan untuk suhunya rendah nilai arus akan semakin kecil dan nilai tegangan akan semakin besar (Gambar 15).

Sedangkan untuk daya merupakan perhitungan arus dikalikan dengan tegangan sehingga menghasilkan daya yang menggunakan kontroler fuzzy lebih bagus daripada tanpa kontroler dengan rata-rata daya yaitu 7,94 W, sedangkan tanpa kendali mempunyai rata-rata daya 7.17 W. Selisih yang dihasilkan adalah 0,77 W, terlihat pada Gambar 17), dari perhitungan daya di dapat kenaikan daya dalam satu hari sebesar 9.6%. Untuk energi yang didapatkan tanpa kontroler sebesar 2581,08 Joule/menit dan menggunakan kontroler fuzzy sebesar 2861,17 Joule/menit. Dengan kenaikan sebesar 9,78%. Untuk daya yang menggunakan *kontroler fuzzy trendline* sudah cenderung datar.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan simulasi dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa perbedaan intensitas cahaya matahari yang diterima oleh *Solar Panel* dapat menghasilkan *error* daya dan perubahan *error* daya sehingga sistem *tracking* berjalan dengan baik. Untuk perbandingan respon unjuk kerja antara sistem yang tanpa menggunakan kontroler fuzzy yaitu

tegangan =15,40 V, arus = 0,46 A, dan daya = 7.17 W, sedangkan untuk sistem yang menggunakan kontroler fuzzy 2 DOF (*Degree Of Freedom*) menghasilkan tegangan = 15,54 V, arus = 0,51 A, dan daya = 7.94 W. Faktor-faktor yang mempengaruhi unjuk kerja pengoperasian *solar cell* sangat berpengaruh terhadap suhu *solar cell*, kondisi cuaca, dan pengaruh rangkaian mekanis untuk mendapatkan nilai orientasi yang maksimum.

REFERENSI

- Fishbane, P.M., Gasirowicz, S., and Thornton, S.T., 1996: *Physics For Scientists and Engineers*, 2nd edition, Prentice-hall, New Jersey.
- Babatunde, E. B. *Solar Radiation, a Friendly Renewable Energy Source*. Covenant University, Ota, Ogun State, Nigeria. 1995.
- Takun, Pongsakor, Somyot Kaitwanidvilai and Chaian Jettanasen. *Maximum Power Point Tracking using Fuzzy Logic Control for Photovoltaic*. Hong Kong. 16-18 May 2011.
- Lorenzo, Eduardo. *Solar Electricity, Engineering of Photovoltaic Systems*. Madrid: Polytechnic University of Madrid. 1994
- Anderson, Eric, Chris Dohan, and Aaron Sikora, "Solar Panel Peak Power Tracking System," A Major Qualifying Project, Worcester Polytechnic Institute, 2003.
- Dkk, M.A. Usta "Design and Performance of Solar Tracking System with Fuzzy Logic Controller", 2011.