

ANALISA KINERJA SOLAR TRACKER SINGLE AXIS DENGAN METODE NEURO UZZY

Aries Sowandhana ¹⁾, Awan Uji Krismanto ²⁾, Irrine Budi Sulistiwati ³⁾

^{1),2),3)}Teknik Elektro, Institut Teknologi Nasional Malang
Jl. Sigura-gura 2 Malang
Email : ariessowandhana@gmail.com

Abstrak. *Kebutuhan energi listrik di Indonesia saat ini semakin tinggi maka di perlukan suatu opsi untuk memenuhi kebutuhan dengan menggunakan energi terbarukan yang ramah lingkungan dan memanfaatkan sinar matahari. Untuk memanfaatkan sinar matahari maka di perlukan suatu alat yang mengkonversi sinar matahari menjadi energi listrik yang bisa disebut dengan Photovoltaic. Pada umumnya PV dipasang secara statis sehingga kurang maksimal untuk penyerapan sinar matahari yang bergerak dari Timur ke Barat, maka dari itu diperlukan suatu sistem kendali agar mendapatkan penyerapan sinar matahari secara maksimal yaitu dengan merancang sistem solar tracker single axis dengan metode Adaptive Neuro Fuzzy Inference System dan dilengkapi sensor LDR bertujuan membaca dimana arah datangnya sinar matahari sehingga menggerakkan motor untuk mengikutinya dan di lengkapi sebuah mikrokontroler sebagai otak kendalinya.*

Katakunci: *Tracker system, Single Axis, Adaptive Neuro Fuzzy Inference System, Sensor LDR (Light Dependent Resistor).*

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan energi listrik masyarakat Indonesia saat ini semakin tinggi adanya penambahan jumlah penduduk dan kemajuan teknologi. Maka dari itu diperlukan suatu opsi untuk memenuhi kebutuhan dengan menggunakan energi terbarukan yang bersih, tidak berpolusi, aman dan persediaan yang tidak terbatas. Salah satunya untuk memenuhi kebutuhan dengan cara memanfaatkan sinar matahari yang dapat diubah menjadi energi listrik.[1] Panel surya yaitu suatu perangkat yang mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik. Sel surya memiliki kekurangan pada penggunaannya banyak dipasang secara statis dan tidak mengikuti arahnya matahari sehingga daya keluaran yang tidak cukup besar pada kondisi alam tertentu. Untuk mendapatkan daya yang maksimum dari panel surya, maka diperlukan suatu alat sistem kendali penjejak sinar matahari atau *solar tracker* untuk mendapatkan posisi tegak lurus terhadap matahari. *Solar tracker system* adalah suatu sistem kendali yang digunakan untuk melacak matahari tiap waktu. *Solar tracker* terdapat dua jenis yaitu *solar tracker single axis* dan *solar tracker dual axis* dan yang membedakan keduanya adalah pada sistem kerjanya.[2][3]

Sistem *tracking* kendali sinar matahari merupakan suatu alat pengembangan teknologi yang dimanfaatkan untuk mengikuti arah sinar matahari dan mengkonversi sinar matahari menjadi energi listrik. Prinsip *solar tracker* ini yaitu mengikuti pergerakan arah sinar matahari dari matahari terbenam sampai matahari tenggelam dan membutuhkan suatu metode kendali yang dapat menyelesaikan permasalahan dari nilai sensor LDR yang selalu berubah agar panel surya selalu tegak lurus dengan matahari sehingga agar mendapatkan hasil daya yang maksimal.[3]

Pada penelitian ini *system tracking* sel surya menggunakan dengan metode *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS)* yang diprogram dalam mikrokontroler dapat mengatur posisi panel surya agar tegak lurus dengan sinar matahari sehingga mendapatkan keluaran daya sel surya secara maksimal. *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS)* yaitu gabungan dari mekanisme Fuzzy yang di gambarkan dalam arsitektur jaringan syaraf tiruan. Metode ANFIS merupakan metode yang efektif untuk sebuah prediksi karena tingkat kesalahannya lebih kecil dibandingkan ANN (artificial

neural network). Selain itu tingkat keakuratan dari model ANFIS dipengaruhi oleh jumlah dan kualitas dari sampel data. Penggunaan metode dalam Arduino yaitu bertujuan agar mempercepat cara berfikir pada system tracker sehingga menggerakkan sel surya agar mengikuti arah datangnya sinar matahari.[4][5][6]

1.2 Rumusan Masalah :

Bagaimana menganalisa unjuk kerja solar tracker single axis untuk meningkatkan penyerapan sinar matahari dengan metode Neuro-Fuzzy.

1.3 Tujuan :

Menganalisa unjuk kerja dari kendali solar tracker single axis agar mendapatkan output dari pancaran sinar matahari hingga terbenam secara maksimal

2. Tinjauan Pustaka

A. Solar Tracker Single Axis

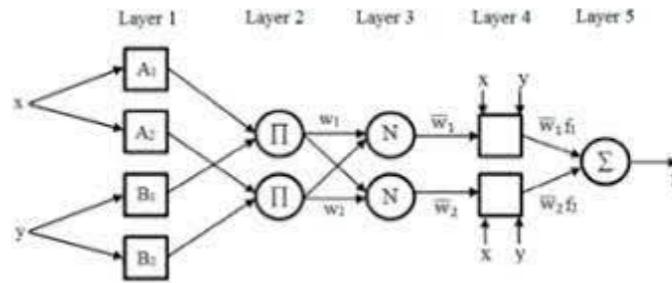
Solar tracker single axis ialah alat guna untuk memanfaatkan sinar matahari pada solar cell secara maksimal dengan mengikuti arah matahari dari timur ke barat. *Solar tracker* terdapat dua jenis yaitu *solar tracker.single axis* dan *solar tracker.dual axis* yang membedakannya adalah pada sistem kerjanya. *Solar tracker single axis* sistem kendalinya untuk melacak matahari dengan menggunakan satu derajat kebebasan yaitu kiri-kanan. Sedangkan *solar tracker dual axis* menggunakan dua sudut kebebasan LDR sebagai pendeteksi cahaya matahari yang berfungsi sebagai membaca nilai intensitas cahaya yang tertinggi agar menggerakkan panel surya untuk mengikuti dimana cahaya matahari berada. Sebagai penggerak alat ini dilengkapi dengan sebuah motor aktuaktor.

B. Panel Surya

Panel surya adalah salah satu modul yang digunakan sebagai alat untuk mengkonversi sinar matahari jadi energi listrik. Pada umumnya sel surya terdiri beberapa lapisan silicon yang bersifat semikonduktor, metal, lapisan anti reflektif, dan strip konduktor metal. Prinsip kerja panel surya terbuat dari potongan silicon kecil yang dilapisi bahan kimia khusus. Dan apabila sel surya terkena cahaya matahari sehingga elektron-elektron yang membentuk panel surya akan bergerak dari N ke P sehingga sel surya dapat membangkitkan energi listrik.

C. Adaptive Neuro Fuzzy Inference System

Perancangan system solar tracker sigle axis pada sel surya ini untuk mengoptimalkan daya dengan menggunakan metode Adaptive Neuro Fuzzy Inerence System untuk mengatur nilai inputan pada Arduino sebagai otak kendali penggerak mtor. System Neuro-Fuzzy memiliki kelebihan pada system inference fuzzy dan jaringan saraf tiruan dari kemampuannya ntuk belajar maka system Neuro-Fuzzy serig disebut ANFIS. Sistem inference fuzzy yng digunakan yaitu suatu metode dimana saat melakukan penyetelan aturan digunakan dalam pembelajaran algoritma terhadap sekumpulan data dan juga memungkinkan aturan untuk beradaptasi.



Gambar 2.1 Arsitektur jaringan

Gambar 2.1 diatas terlihat bahwa arsitektur ANFIS ada 5 layer dan setiap lapisan mempunyai fungsi yang berbeda. Terdapat simpul disetiap lapisan mempunyai dua bentuk yang berbeda, Simpul adaptif (bersimbol kotak) dan simpul tetap (bersimbol lingkaran). Fungsi setiap lapis sebagai berikut:

1. Fuzzifikasi

Pada lapisan ini merupakan lapisan fuzzifikasi. Dimana setiap lapisan ini terdapat neuron adaptif terhadap parameter suatu aktivasi. Output setiap neuron berupa derajat keanggotaan yang diberikan oleh fungsi keanggotaan input.

Layer 1 : Fuzzifikasi crips input

$$O_{2,i} = \mu_{A_i}(x)$$

$$O_{1,i} = \mu_{B_i}(y)$$

2. Implikasi Fuzzy

Pada lapisan ini berupa neuron tetap (diberi simbol \$\pi\$) merupakan hasil kali dari semua maskan, sebagai berikut:

Layer 2 : Implikasi Fuzzy (produk) untuk menentukan pembobot neuron

$$O_i^2 = w_i = \mu_{A_i}(x) * \mu_{B_i}(y), \quad i = 1, 2$$

3. Normalisasi Pembobot

Pada lapis ketiga ini beupa neuron tetap diberi simbol \$N\$ merupakan hasil perhitungan rasio dari firing strenght ke-\$i\$ (\$w_i\$) terhadap jumlah dari keseluruhan firing strenght pada lapisan kedua, sebagai berikut.

Layer 3 : Normalisasi Pembobot Neuron

$$O_i^3 = \bar{w}_i = \frac{w_i}{w_1 + w_2}, \quad i = 1, 2$$

4. Perhitungan Level Output Fuzzy

Setelah pembobotan yang telah dinormalkan selesai, selanjutnya mengalikan dengan fungsi yang melibatkan masukan (\$x\$ dan \$y\$) untuk menghasilkan keluaran yang sudah dalam bentuk CRIPS.

Layer 4 : Perhitungan Level Output Fuzzy (FIS sugeno)

$$O_i^4 = \bar{w}_i * f_i = \bar{w}_i(p_i * x + q_i * y + r_i)$$

5. Defuzifikasi

Defuzifikasi adalah mengakumulasi hasil dari lapis keempat (untuk dan rule).

Layer 5 : Defuzifikasi

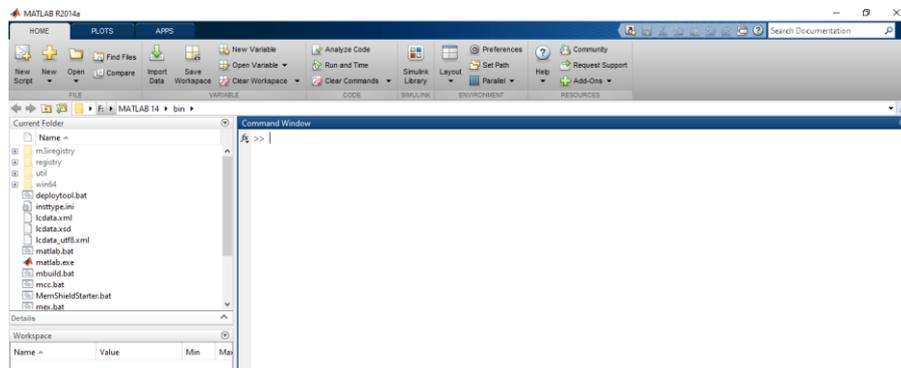
$$O_1^5 = \sum_i \bar{w}_i * f_i = \frac{\sum_i w_i * f_i}{\sum_i w_i}$$

D. Arduino Nano

Arduino nano adalah papan board mikrokontroler yang berukuran kecil berbasis ATmega328, terdapat 6 input yang dapat digunakan sebagai output PWM dan 6 pin input analog. Pada penelitian kali menggunakan Arduino NANO sebagai otak kendali dengan menggunakan metode ANFIS.

E. Perangkat Lunak Matrix Laboratory (MATLAB)

Matlab (Matrix Laboratory) merupakan bahasa pemrograman dibuat bertujuan sebagai alat bantu perhitungan yang rmit atau simulasi dari suatu system yang ingin disimulasikan dalam matlab mutlak dibutuhkan pengetahuan tentang matriks yang dapat dipelajari dalam ilmu matematika.



Gambar 2.2 Perangkat Lunak MATLAB

Pada matlab dapat mempermudah untuk menyelesaikan nilai-nilai yang akan diselesaikan menggunakan metode Neuro Fuzzy dan digunakan untuk menentukan aturan-aturan yang akan dimodelkan pada sistem kendali solar tracker.

3. Metode Penelitian

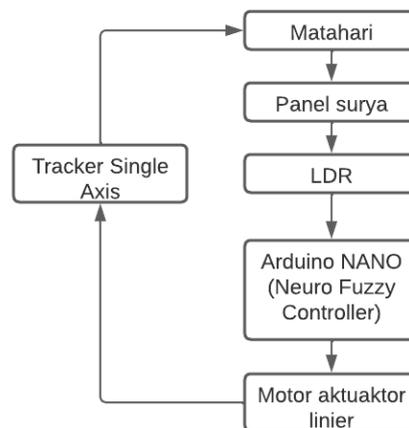
A. Lokasi Pengambilan Data

Pada penelitian kali ini lokasi pengambilan data dilakukan di Kampus II Institut Teknologi Nasional Malang. Dan penelitian kali ini akan membahas mengenai tracking system panel surya dengan menggunakan metode ANFIS yang berfungsi untuk memprediksi pergerakan matahari dan mempelajari pola pergerakan dari matahari. Adapun sensor LDR (Light dependent resistor) sebagai inputan dari ANFIS, kemudian pola yang telah dipelajari dari ANFIS disimpan pada

mikrokontroler arduino dan output dari program tersebut akan menggerakkan sebuah motor aktuator linier yang akan menggerakkan panel surya dan akan mengikuti pergerakan arah matahari sehingga mendapatkan penyerapan energi secara maksimal.

B. Perancangan Sistem

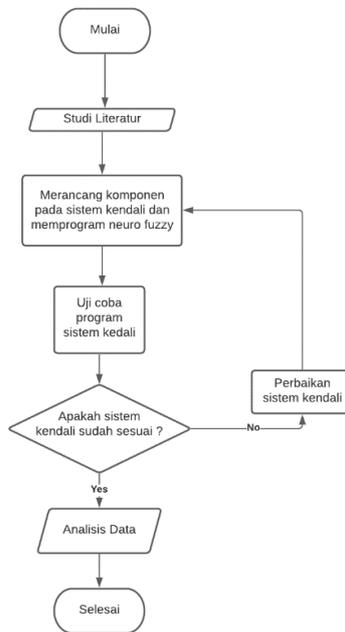
Pada rancangan pembuatan system ini melakukan proses dengan pemrograman alat pada arduino untuk menggerakkan motor pada sollar tracker jika sensor LDR bekerja, tujuan dari pemrograman tersebut agar sel surya bergerak mengikuti sinar matahari secara tegak lurus sehingga menghasilkan daya yang maksimal.



Gambar 3.1 Diagram blok system

Pada diagram blok system diatas berawal dari sinar matahari menuju ke panel surya sebagai sumbernya. Dan keluaran pada panel surya berupa tegangan dan arus yang berasal dari intensitas cahaya matahari. Sensor LDR tersebut berfungsi sebagai mendeteksi arah cahaya matahari dengan nilai yang terkuat sebagai inputan sinyal pada mikrokontroler yang berfungsi sebagai controller sehingga menggerakkan motor panel surya mengikuti cahaya matahari untuk menghasilkan daya optimal pada sel surya.

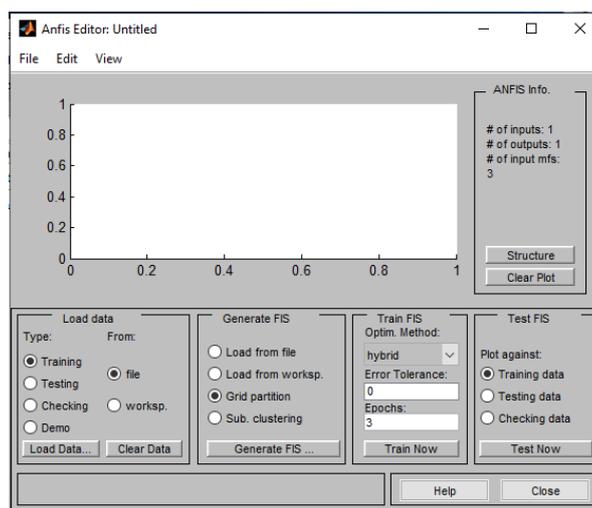
C. Flowchart



Gambar 3.2 Flowachart alur perencanaan

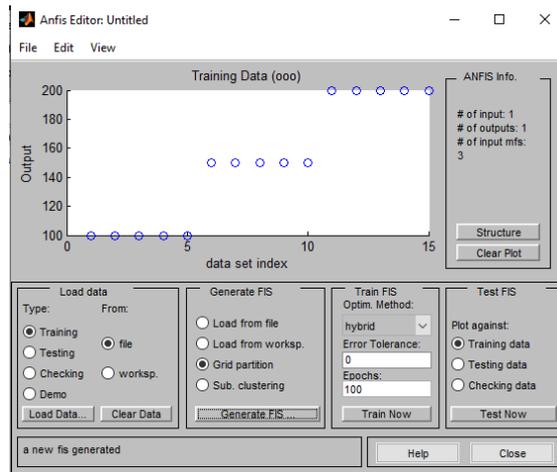
Pada gambar 3.2 diatas bermula ketika studi literatur lalu merancang beberapa komponen untuk membuat sistem kendali pada suatu mikrokontroller yang sudah diproses dan diberi kontroller ANFIS, dalam penelitian kali ini menggunakan selisih nilai dari tiap sensor yang menggerakkan motor ke arah nilai intensitas cahaya yang tertinggi.

D. Simulasi Pada Matlab



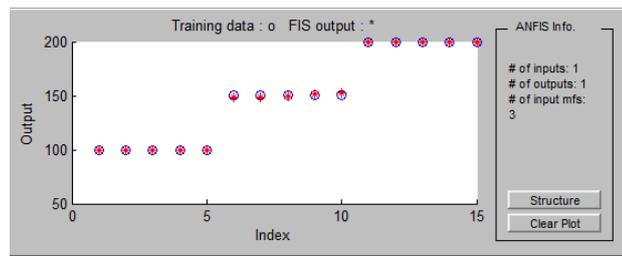
Gambar 3.3 Simulasi MATLAB

Pada Gambar 3.3 merupakan perangkat lunak Matlab dan di dalamnya ada sebuah toolbox ANFIS untuk mensimulasikan nilai-nilai sample yang telah diambil.



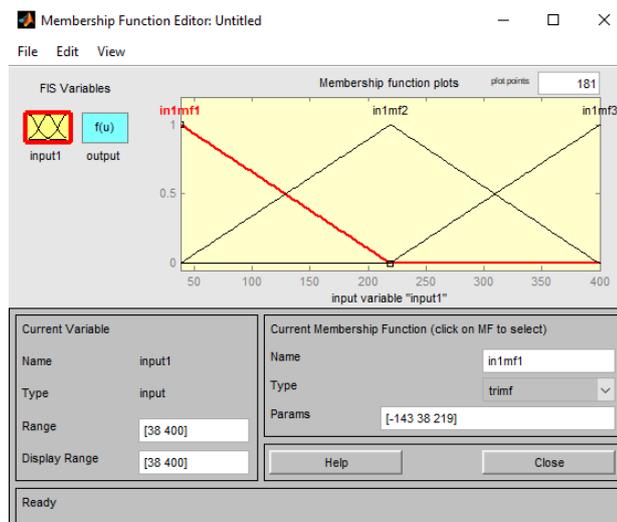
Gambar 3.4 Sebelum Training Data

Gambar 3.4 diatas adalah menunjukkan data nilai-nilai input yang setelah dimasukan dalam matlab sebelum ditraining atau sebelum menemukan nilai output yang tepat.



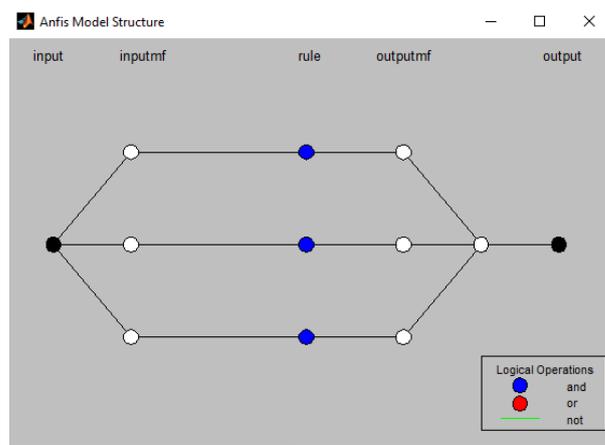
Gambar 3.5 Setelah Training Data

Gambar 3.5 diatas yaitu inputan setelah ditraining sehingga mendapatkan nilai outputnya yang tepat. Pada saat test eror inputan data guna mengetahui data yang diinginkan telah sesuai, jika tidak maka akan muncul nilai eror. Pada saat tes eror ini tingkat eror data adalah 0.96258



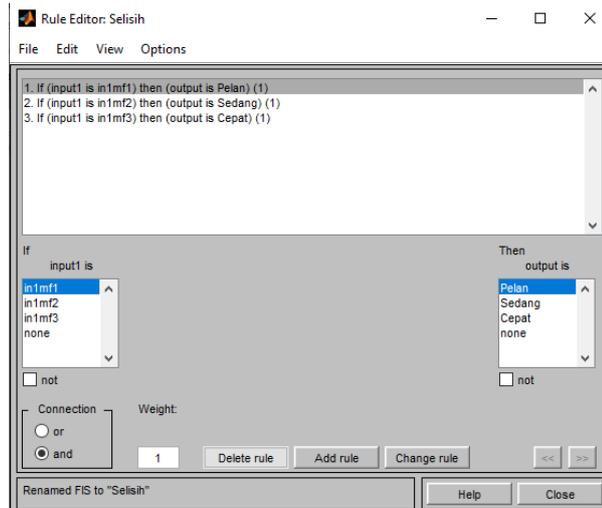
Gambar 3.6 Pemetaan Membership Function

Pada gambar 3.6 adalah pemetakkan membership function atau fungsi keanggotaan dari hasil training data.



Gambar 3.7 Fungsi Keanggotaan Variabel input output

Dalam gambar 3.7 yaitu setiap nput tersebut dibagi menjadi 3 fungsi keanggotaan dan ada tiga kemungkinan nilai f yaitu kecil, sedang, besar.



Gambar 3.8 Rule Tiap Fungsi Keanggotaan

Pada gambar 3.8 tampilan beberapa rule yang sudah diproses dalam ANFIS setelah melakukan training data dan menentukan membership function. Jika nilai selisih kecil maka motor akan bergerak dengan pelan sampai nilai selisih sama dengan nol.

```

#include <Wire.h> //library sensor
#include <Servo.h> //library sensor
#define ledPin1  A0 //pin led 1
#define ledPin2  A2 //pin led 3
#define potPin1  3 //pin pot sumbu x
#define potPin2  9 //pin pot sumbu y
#define FIS_TYPE float
#define FIS_RESOLUTION 100
#define FIS_MIN -3.40239836e+38
#define FIS_MAX 3.40239836e+38
typedef FIS_TYPE(_FIS_MF)(FIS_TYPE, FIS_TYPE);
typedef FIS_TYPE(_FIS_RULE)(FIS_TYPE, FIS_TYPE);
typedef FIS_TYPE(_FIS_INF)(FIS_TYPE, int, _FIS_INF);
double offset;
float input1, input2;
// Number of inputs to the fuzzy inference system
const int fis_pin = 2;
// Number of outputs to the fuzzy inference system
const int fis_pinO = 1;
// Number of rules to the fuzzy inference system
const int fis_rule = 9;

FIS_TYPE g_fisInput(fis_pin);
FIS_TYPE g_fisOutput(fis_pinO);
</pre>

```

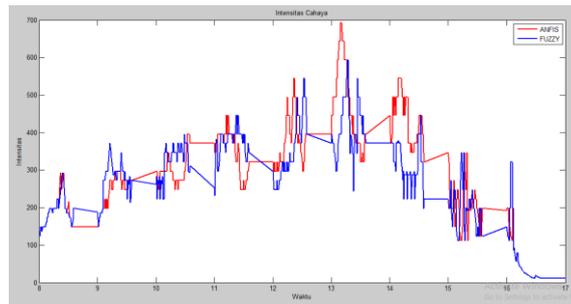
Gambar 3.9 Program Pada Arduino

Setelah melakukan simulasi pada Matlab langkah selanjutnya membuat program pada mikrokontroler Arduino agar bisa solar tracker bisa bergerak sesuai dari perhitungan atau hasil dari simulasi.

4. Analisa Dan Pembahasan

Pengujian perolehan penyerapan energi panel sutrya dengan solar tracker single axis dengan metode Adaptive Neruo Fuzzy Inference System (ANFIS) yang dibandingkan dengan metode Fuzzy. Pada pengujian kali ini dilaksanakan selama 9 jam dari am 8 pagi sampai jam 5 sore.

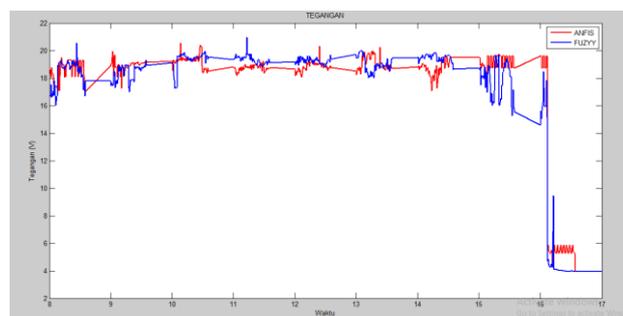
A. Analisis Intensitas Cahaya



Gambar 4.1 Grafik Intensitas Cahaya

Gambar 12 grafik diatas dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan nilai rata-rata intensitas cahaya yang didapat selam 9 jam. Pada metode Anfis mendapatkan nilai rata-rata intensitas cahaya sebesar 290.18 W/M² dan fuzzy mendapatkan rata-rata 277.69 W/M².

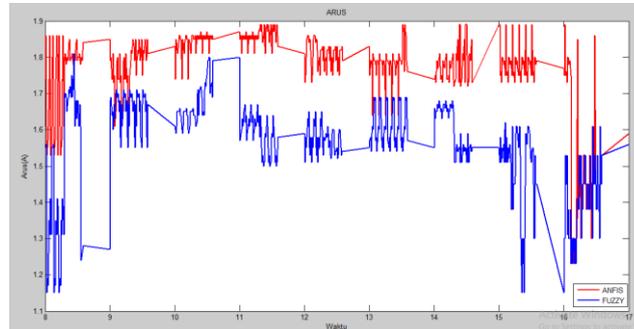
B. Analisis Tegangan



Gambar 4.2 Grafik Tegangan

Pada gambar 13 grafik diatas dapat dihasilkan nilai tegangan rata-rata 17.69 Vdc pada metode Anfis dan tegangan rata-rata yang dihasilkan menggunakan metode Fuzzy yaitu sebesar 17.47 Vdc.

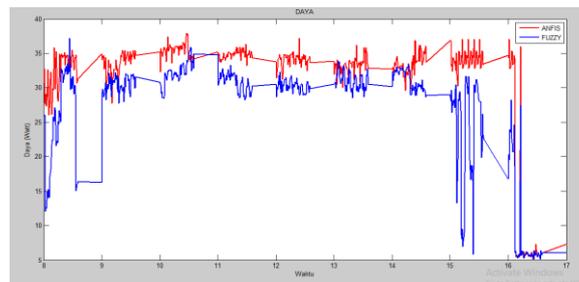
C. Analisa Arus



Gambar 4.3 Grafik Arus

Pada gambar 14 grafik diatas diperoleh nilai rata-rata arus pada *solar tracker single axis* dengan metode Anfis sebesar 1.76A dan arus rata-rata pada *solar tracker single axis* dengan metode Fuzzy sebesar 1.57A.

D. Analisa Daya



Gambar 4.4 Grafik Daya

Pada grafik diatas tersebut daya rata-rata yang di hasilkan oleh *solar tracker single axis* dengan metode ANFIS yaitu sebesar 31.59W dan daya rata-rata yang dihasilkan oleh solar tracker dengan metode Fuzzy sebesar 27.72W

5. Kesimpulan

Setelah melakukan pengujian solar tracker dan pengamatan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pada pengujian *solar tracker single axis* dengan metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* mulai pukul 08.00 WIB sampai pukul 17.00 WIB menghasilkan rata-rata nilai tegangan 17.69 V dan daya sebesar 31.59 W.
2. Pada pengujian *solar tracker single axis* dengan metode *Fuzzy* menghasilkan rata nilai tegangan sebesar 17.47 V dan daya sebesar 27.722 W.
3. Pengujian *solar tracker single axis* dengan metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* menghasilkan nilai rata-rata Arus sebesar 1.76 A dan Fuzzy sebesar 1.57 A.

Alhamdulillah puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT Karena atas limpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penelitian ini dapat terselesaikan. Tak lupa pula penulis mengirimkan salam dan shalawat kepada Nabi Besar Muhammad SAW yang telah membawa umat islam ke jalan yang diridhoi Allah SWT. Terwujudnya penelitian tidak lepas dari partisipasi dan bantuan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar besarnya kepada dosen pembimbing saya serta teman-teman dekat yang telah membantu saya.

Daftar Pustaka

- [1] S. Manan, "Energi Matahari, Sumber Energi Alternatif yang Effisien, Handal dan Ramah Lingkungan di Indonesia," *Energi Matahari Sumber Energi Altern. Yang Effisien, Handal Dan Ramah Lingkung. Di Indones.*, pp. 31–35, 2009, [Online]. Available: <http://eprints.undip.ac.id/1722>.
- [2] S. S. Yatmani, "Sistem kendali Solar Tracker Untuk Meningkatkan efisiensi Daya," *J. Tek. Mesin ITI*, vol. 4, no. 1, p. 1, 2020, doi: 10.31543/jtm.v4i1.354.
- [3] 2016 Agus Priyono, "Rancang Bangun Penggerak Panel Surya Mengikuti Arah Matahari Secara Vertikal Di," *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2019.
- [4] B. Fatkhurrozi, M. A. Muslim, and D. R. Santoso, "Penggunaan Artificial Neuro Fuzzy Inference Sistem (ANFIS) dalam Penentuan Status Aktivitas Gunung Merapi," *J. EECCIS*, vol. 6, no. 2, pp. 113–118, 2012.
- [5] C. Hilman and A. Musyafa, "Rancang Bangun Dual-Axis PV Solar Tracker System Menggunakan Interval Type-2 Fuzzy Logic Controller," *Semin. Nas. Pascasarj. XIV*, no. August, 2014, doi: 10.13140/RG.2.2.20646.42561.
- [6] M. Belkasmi, K. Bouziane, M. Akherraz, T. Sadiki, M. Faqir, and M. Elouahabi, "Improved dual-axis tracker using a fuzzy-logic based controller," *Proc. 2015 IEEE Int. Renew. Sustain. Energy Conf. IRSEC 2015*, pp. 1–5, 2016, doi: 10.1109/IRSEC.2015.7455104.