



Buku Tugas Akhir

# Peningkatan Efisiensi Panel Surya Monocrystalline dengan Menggunakan *Solar Tracking* *Dual-Axis* Metode *Fuzzy Logic* dan *Water Treatments*

**Sin Euy Gun**

2016630027

Pembimbing:

Levin Halim, S.T., M.T.

Faisal Wahab S.Pd., M.T.

Diajukan untuk memenuhi salah satu  
syarat mendapatkan gelar Sarjana  
Teknik

Februari 2022

# Lembar Persetujuan Selesai



Tugas Akhir berjudul:

## **Peningkatan Efisiensi Panel Surya Monocrystalline dengan Menggunakan *Solar Tracking Dual-Axis* Metode *Fuzzy Logic* dan *Water Treatments***

oleh:

Sin Euy Gun

NPM : 2016630027

ini telah diujikan pada Sidang Tugas Akhir 2 (IME 184500) di Program Studi Sarjana Teknik Elektro (Konsentrasi Mekatronika), Fakultas Teknologi Industri, Universitas Katolik Parahyangan serta dinyatakan SELESAI.

**TANDA PERSETUJUAN SELESAI,**

Bandung, Februari

Ketua Program Studi Sarjana  
Teknik Elektro (Konsentrasi Mekatronika)

**Dr. Ali Sadiyoko, S.T., M.T**

Pembimbing Pertama,

**Levin Halim, S.T., M.T.**

Pembimbing Kedua,

**Faisal Wahab S.Pd., M.T.**

# PERNYATAAN TIDAK MENCONTEK ATAU MELAKUKAN TINDAKAN PLAGIAT

Saya yang bertandatangan dibawah ini,

**SIN EUY GUN**

Dengan ini menyatakan bahwa Buku Tugas Akhir dengan judul:

"PENINGKATAN EFISIENSI PANEL SURYA MONOCRYSTALLINE DENGAN  
MENGUNAKAN *SOLAR TRACKING DUAL-AXIS* METODE *FUZZY LOGIC*  
DAN *WATER TREATMENTS*"

adalah hasil pekerjaan Saya. Seluruh ide, pendapat atau materi dari sumber lain  
telah dikutip dengan cara penulisan referensi yang sesuai.

Pernyataan ini Saya buat dengan sebenar-benarnya dan jika pernyataan ini tidak  
sesuai dengan kenyataan maka Saya bersedia menanggung sanksi yang akan  
dikenakan kepada Saya.

Bandung, 13 Pebruari 2022



**Sin Euy Gun**

NPM: 2016630027

## Abstrak

Energi listrik yang digunakan di Indonesia saat ini sebagian besar berasal dari sumber daya alam yang tidak dapat diperbarukan seperti fosil dan tambang. Maka dibutuhkan energi baru yang ramah lingkungan dan terbarukan. Panel surya merupakan sebuah alat yang dapat mengubah energi surya menjadi energi listrik. Panel surya dibagi mejadi dua yaitu yang statis dan aktif. Panel surya yang saya gunakan adalah aktif karena memiliki efisiensi yang lebih tinggi. Berdasarkan penelitian yang sudah dibaca bahwa metode yang paling efisien adalah dengan metode *solar tracking dual axis* dengan menggunakan 2 buah *linear actuator* sebagai penggerak bidang *horizontal* dan *vertical*. Metode fuzzy logic juga dapat menaikkan efisiensi panel surya sebesar 2.29%. Terdapat sebuah penelitian yang telah menaikkan efisiensi panel surya sebesar 7.01% dengan menggunakan metode *water treatment*. Tetapi panel surya yang digunakan masih statis, sehingga penulis menambahkan metode *solar tracking dual-axis*. Tujuan dari penambahan *solar tracking dual-axis* adalah untuk menaikkan efisiensi dan melihat peningkatan energi yang terjadi. Setelah melakukan penggabungan antara *solar tracking dual-axis* dan metode *water treatment* terjadi peningkatan pada efisiensi panel surya dan peningkatan daya. Efisiensi panel surya mendapatkan efisiensi sebesar 7,46% dan peningkatan daya mendapatkan nilai sebesar 17,77%.

---

**Kata kunci:**

*Panel Surya, Solar Tracking, Water Treatments, Fuzzy Logic*



## Abstract

Fossils and mines become the main sources for producing the electricity in Indonesia. Due to availability of the sources, the price gets higher and it has a bad impact to the environment. Therefore, we need a new source to produce the electricity. A solar energy can be a solution, it has an unlimited availability and it's eco-friendly. Solar panel can be a media to convert sun energy to electrical energy. Solar panel will be more efficient if the face of the panel always facing toward the sun. In this research, a panel will be designed so it can always move towards the sun movement. Fuzzy logic method will be use to the tracking method because it can increase the efficiency higher by 2.29%. There's a study that has increased the efficiency of solar panels by 7.01% by using the water treatment method. But the solar panel that used is still static, so the authors going to add a dual-axis solar tracking method. The purpose of adding dual-axis solar tracking is to increase efficiency and energy. After combining the dual-axis solar tracking and water treatment methods, there is an increase in the efficiency of the solar panel and an increase in power. The efficiency of the solar panel gets an efficiency of 7.46% and the increase in power gets a value of 17.77%.

---

**Kata kunci:**

*Panel Surya, Solar Tracking, Water Treatments, Fuzzy Logic*

# Kata Pengantar

Puji dan syukur saya panjatkan kepada Tuhan atas rahmat serta anugrah-Nya dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul penelitian yang berjudul “Peningkatan Efisiensi Panel Surya Monocrystalline dengan Menggunakan *Solar Tracking Dual-Axis* Metode *Fuzzy Logic* dan *Water Treatments* . Proses penulisan skripsi yang dilalui oleh penulis tidak mudah. Sehingga penulis banyak diberi berbagai bantuan serta dukungan dari berbagai pihak. Penulis mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah membantu penulis melewati segala hambatan dalam proses penulisan skripsi ini. Diantara nya adalah kepada :

1. Orang tua dan adik meskipun mereka berada di Korea, mereka tetap memberikan semangat dan dukungan kepada penulis.
2. Bapak Levin Halim, S.T., M.T. dan Faisal Wahab, S.Pd., M.T. selaku dosen pembimbing tugas akhir di Program Studi Sarjana Teknik Elektro (Konsentrasi Mekatronika) Universitas Katolik Parahyangan yang selalu membimbing dan memberi ilmu pada pengerjaan tugas akhir.
3. Kepada PJ OY OY OY yang sudah memberikan semangat dan dukungan selama penulis melakukan pengerjaan tugas akhir. Diantaranya ada Tiyo, Rinaldi, Bill, Sagara, Han, Theo, Rayner, Dodo, Kevin, Iqbal, Daniel, Nicholas, Robert, Yos dan Olsen
4. Fitriani dan teman-temannya terima kasih selalu memberikan semangat dan dukungan selama pengerjaan skripsi.
5. Mina





# Daftar Isi

Abstrak	ix
Abstract	xi
Kata Pengantar	xiii
Daftar Isi	xv
Daftar Tabel	xvii
Daftar Gambar	xix
<b>1 Pendahuluan</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang Masalah . . . . .	1
1.2 Identifikasi dan Perumusan Masalah. . . . .	2
1.3 Batasan Masalah dan Asumsi . . . . .	3
1.4 Tujuan Tugas Akhir . . . . .	3
1.5 Manfaat Tugas Akhir . . . . .	3
1.6 Metodologi Tugas Akhir . . . . .	3
1.7 Sistematika Penulisan . . . . .	4
<b>2 Tinjauan Pustaka</b>	<b>7</b>
2.1 Panel Surya . . . . .	7
2.2 <i>Fill Factor</i> dan Efisiensi . . . . .	8
2.3 Linear Actuator . . . . .	9
2.4 Sensor LDR . . . . .	10
2.5 Arduino Mega . . . . .	10
2.6 <i>Fuzzy Logic</i> . . . . .	11
2.6.1 <i>Inference Mechanism</i> . . . . .	13
2.6.2 Defuzzifikasi . . . . .	14

2.7	<i>Cooling Rate Model</i> . . . . .	14
<b>3</b>	<b>Perancangan Sistem</b>	<b>17</b>
3.1	Desain Sistem . . . . .	17
3.1.1	Perhitungan <i>Cooling Rate Model</i> . . . . .	19
3.1.2	Komponen . . . . .	20
3.2	Perancangan Sistem . . . . .	23
3.2.1	Diagram Alir Sistem <i>Tracking</i> . . . . .	23
3.2.2	Diagram Alir Sistem <i>Water Treatments</i> . . . . .	25
3.2.3	<i>Fill factor</i> dan Efisiensi Awal . . . . .	26
3.2.4	<i>Fuzzy Logic Modeling</i> . . . . .	26
3.2.5	Validasi Model <i>Fuzzy Logic</i> . . . . .	30
<b>4</b>	<b>Analisis Sistem</b>	<b>39</b>
4.1	Implementasi Desain <i>Solar Tracking Dual-Axis</i> . . . . .	39
4.2	Rangkaian dan Cara Pengujian . . . . .	45
4.3	Hasil Data Pengujian . . . . .	47
4.3.1	Tabel Data Panel Surya <i>Fixed</i> dan <i>Tracking</i> . . . . .	47
4.3.2	Perbandingan Grafik <i>Fixed</i> dan <i>Tracking</i> . . . . .	49
4.4	Perhitungan Efisiensi Panel Surya dan Peningkatan Energi . . . . .	50
4.4.1	Perhitungan Peningkatan Energi dan Efisiensi Panel Surya . . . . .	52
4.4.2	Peningkatan Energi . . . . .	52
4.4.3	Perhitungan <i>Fill Factor</i> . . . . .	53
4.4.4	<b>Efisiensi Panel Surya</b> . . . . .	53
<b>5</b>	<b>Simpulan dan Saran</b>	<b>55</b>
5.1	Kesimpulan . . . . .	55
5.2	Saran . . . . .	55
	<b>Daftar Pustaka</b>	<b>57</b>

# Daftar Tabel

2.1	Perbandingan Metode . . . . .	14
3.1	Spesifikasi Panel Surya [1] . . . . .	20
3.2	Peraturan Bidang Vertical . . . . .	28
3.3	Peraturan Bidang Vertikal . . . . .	29
3.4	Horizontal . . . . .	38
3.5	Vertical . . . . .	38
4.1	Data <i>Fixed</i> . . . . .	47
4.2	Data <i>Tracking</i> . . . . .	48
4.3	Energi Setiap Jam . . . . .	51
4.4	Energi Total . . . . .	52



# Daftar Gambar

1.1	Diagram Alir	4
2.1	Grafik tiga dimensi I-V <i>curve</i> dan suhu [2]	8
2.2	Grafik Arus Terhadap Tegangan [2]	8
2.3	Contoh Pergerakan Aktuator [3]	9
2.4	Sensor LDR [4]	10
2.5	Arduino Mega [5]	11
2.6	Diagram FLC	11
2.7	Grafik <i>membership function</i>	12
2.8	Grafik <i>membership function</i>	12
3.1	Desain Sensor	17
3.2	Desain Alat	18
3.3	Waktu Pendinginan terhadap Debit Air	19
3.4	Sensor Temperatur DS18B20 [6]	20
3.5	Amperemeter Digital [7]	21
3.6	Pompa Air DC 12V [1]	21
3.7	Linear Actuator [8]	22
3.8	Baterai 12V DC [1]	22
3.9	Diagram Alir	23
3.10	Diagram Alir	25
3.11	Input dan Output Sistem Fuzzy	26
3.12	Input Sensor Kanan	27
3.13	Output Variabel	27
3.14	Contoh Kasus Horizontal	30
3.15	Grafik kanan dan kiri	30
3.16	Grafik kiri	31
3.17	Grafik kiri	31
3.18	Grafik kanan	32
3.19	Grafik kanan	32
3.20	<i>Rules Table</i>	33
3.21	<i>Rules Table</i>	33
3.22	<i>Contuh Kasus Vertical</i>	34

3.23	Atas dan Bawah . . . . .	34
3.24	Grafik Normal Atas . . . . .	35
3.25	Grafik Terang Atas . . . . .	35
3.26	Grafik Gelap Bawah . . . . .	36
3.27	Grafik Normal Bawah . . . . .	36
3.28	<i>Perbandingan Rules Table</i> . . . . .	37
3.29	<i>Perbandingan Rules Table</i> . . . . .	37
4.1	Hasil Rancang Bangun <i>Solar Tracking</i> . . . . .	40
4.2	Sensor LDR . . . . .	41
4.3	Sensor LDR . . . . .	41
4.4	Limit Switch Atas dan Bawah . . . . .	42
4.5	Limit Switch Kanan dan Kiri . . . . .	42
4.6	Penempatan Pipa . . . . .	43
4.7	Penempatan DS18B20 . . . . .	44
4.8	Multimeter dan Beban . . . . .	45
4.9	Data Masing-Masing Sensor LDR . . . . .	46
4.10	Grafik Perbandingan Daya Panel Surya . . . . .	49
4.11	Grafik Energi Terhadap Waktu . . . . .	51

# Bab 1

## Pendahuluan

Bab Pendahuluan berisi uraian latar belakang permasalahan, identifikasi dan perumusan masalah, pembatasan masalah, tujuan dan manfaat Tugas Akhir, metodologi Tugas Akhir, dan sistematika penulisan Tugas Akhir.

### 1.1 Latar Belakang Masalah

Energi listrik yang digunakan di Indonesia saat ini sebagian besar berasal dari sumber daya alam yang tidak dapat diperbarukan seperti fosil dan tambang. Pada saat ini, ketersediaan fosil dan tambang semakin menurun [9]. Hal ini mengakibatkan harga dari sumber daya tersebut semakin naik. Serta, penggunaan tersebut mengakibatkan efek polusi yang tidak ramah lingkungan. Oleh sebab itu diperlukan sumber energi yang baru.

Energi terbarukan dapat menjadi solusi untuk masalah ini. Karena, energi terbarukan merupakan energi yang dapat diperbaharui dan ramah lingkungan. Energi matahari, energi angin, dan energi tenaga air merupakan bagian dari energi terbarukan [10]. Energi matahari atau sering disebut juga dengan energi surya merupakan energi yang berasal dari matahari dimana jumlahnya berlimpah, dan Indonesia merupakan negara yang terletak di garis khatulistiwa. Sehingga cahaya matahari yang masuk ke Indonesia akan sangat maksimal. Untuk memanfaatkan hal ini, dibutuhkan alat yang dapat mengkonversi energi surya untuk menjadi energi listrik. Sebuah panel surya dapat mengubah energi surya menjadi energi listrik.

Panel surya dibagi mejadi dua yaitu yang statis dan aktif [11]. Panel surya yang statis memiliki kekurangan, karena panel surya tersebut tidak dapat bergerak, sedangkan matahari bergerak dari timur menuju ke barat. Sehingga pada waktu tertentu panel surya tidak akan mendapatkan energi yang efisien. Untuk mendapatkan energi matahari yang maksimum maka panel surya harus selalu menghadap kepada matahari. Posisi matahari pada setiap waktunya akan berbeda dikarenakan rotasi

matahari, maka panel surya harus dapat mengikuti pergerakan matahari. Panel surya yang aktif terbagi menjadi dua yaitu *single-axis* dan *dual axis*. Panel surya yang *single-axis* dapat bergerak pada satu sumbu dan panel surya yang *dual-axis* dapat bergerak pada dua sumbu.

Pada penelitian [12], dirancang sistem *single tracking* pada panel surya dan menghasilkan efisiensi sebesar 8.3 % - 10%. Pada penelitian [13], digunakan metode *solar tracking dual axis*. Aktuator yang digunakan adalah satu buah motor *stepper* dan satu buah *linear actuator*. Sensor cahaya yang digunakan adalah fotodiode dan dikontrol oleh *Arduino*. Efisiensi pada panel surya meningkat sebesar 18%.

Pada penelitian [14], digunakan mikrokontroler *Arduino Mega 2560* dengan motor penggerak *Linear Actuator* Didapatkan persentase efisiensi sebesar 27,62% Pada penelitian [5], digunakan metode *solar tracking dual axis* menggunakan sensor LDR dan *linear actuator* sebagai penggerak panel suryanya dan dilakukan metode penyiraman setiap jam 4 sore. Efisiensi dari penelitian ini dapat meningkat hingga 43% dengan pengujian selama 11 jam. Berdasarkan penelitian diatas dapat disimpulkan metode yang digunakan [5] mendapatkan efisiensi yang paling tinggi.

Pada penelitian [1] telah dibuat sistem untuk menaikkan efisiensi panel surya monocrystalline dengan menggunakan metode *water treatments*. Sudah dibuktikan bahwa metode *water treatments* yang paling efektif adalah dengan menggunakan air sebagai pendingin panel surya, tetapi panel surya yang digunakan masih statis. Menurut [15], *solar tracking* berbasis *fuzzy logic* dapat meningkatkan efisiensi sebesar 2.39%.

Pada penelitian ini dilakukan penggabungan antara metode *tracking* dan *water treatments*. *Tracking* yang digunakan pada metode ini adalah *tracking dual-axis* dengan metode *fuzzy logic*. Metode *dual-axis* dipilih karena efisiensi yang dihasilkan lebih tinggi jika dibandingkan dengan yang *single-axis* dan metode *fuzzy logic* ditambahkan karena dapat meningkatkan efisiensi lebih tinggi dibandingkan dengan *tracking* tanpa *fuzzy logic*. Jadi untuk mendapatkan efisiensi yang lebih baik digabungkan antara *solar tracking dual-axis* metode *fuzzy* dan *water treatment* pada satu sistem.

## 1.2 Identifikasi dan Perumusan Masalah.

Berdasarkan Latar belakang di atas, maka didapatkan beberapa identifikasi masalah dan dirumuskan pada Tugas Akhir ini, yaitu :

1. Apa saja komponen yang dibutuhkan untuk membuat *solar tracking dual-axis*?
2. Bagaimana hasil peningkatan energi yang diperoleh pada *solar tracking dual-axis* metode *fuzzy logic* dan *water treatments*
3. Bagaimana hasil efisiensi panel surya setelah ditambahkan *solar tracking dual-axis* metode *fuzzy logic*.



### 1.3 Batasan Masalah dan Asumsi

Batasan masalah yang terdapat pada tugas akhir ini adalah :

1. Pendinginan dilakukan satu kali diantara jam 11:01 - 11:55 jika temperatur > 65 °
2. Metode *fuzzy logic* yang digunakan adalah Takagi-Sugeno-Kang (TSK).
3. Dilakukan pada saat cerah (matahari tidak tertutup awan).

### 1.4 Tujuan Tugas Akhir

Tujuan dari Tugas Akhir adalah :

1. Merancang sistem *solar tracking* untuk meningkatkan efisiensi daya pada panel surya *monocrystalline*
2. Dapat membandingkan peningkatan energi yang digunakan sistem *tracking* dan metode *water treatments*

### 1.5 Manfaat Tugas Akhir

Manfaat dari tugas akhir adalah :

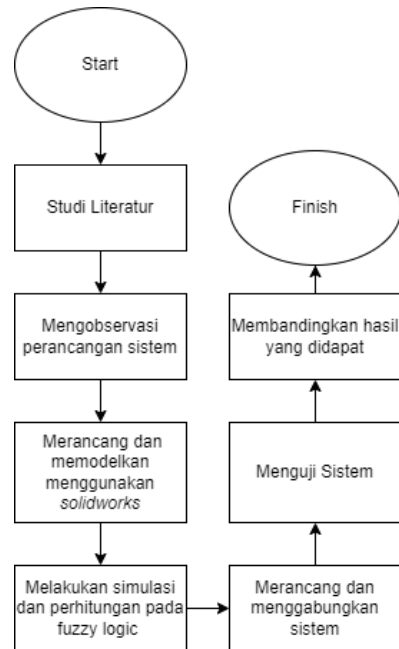
1. Mengetahui perbedaan efisiensi panel surya setelah dan sebelum menggunakan *solar tracking* dan metode *water treatments*
2. Mengetahui peningkatan energi yang terjadi setelah dan sebelum menggunakan *solar tracking* dan metode *water treatments*.

### 1.6 Metodologi Tugas Akhir

Pada pelaksanaan tugas akhir ini, terdapat beberapa metodologi yang dilakukan, dapat dilihat pada gambar 1.1

1. Melakukan studi literatur pada penelitian "Peningkatan Efisiensi Panel Surya *Monocrystalline* dengan Menggunakan Metode *Water Treatments*".
2. Mengobservasi desain dan cara kerja dari sistem sebelumnya.
3. Membuat model untuk perangkat keras *solar tracking dual-axis*. Seperti penempatan sensor, linear aktuator, limit switch, dan yang lain.
4. Melakukan simulasi dan perhitungan pada *fuzzy logic* dengan menggunakan *software* MATLAB. Hal ini dituju untuk mevalidasi pergerakan *tracking*.
5. Penggabungan sistem *tracking* dan *water treatments*.

6. Pengujian sistem, melakukan percobaan *tracking* dan *water treatments* apakah sudah berjalan dengan baik.
7. Mengambil data dan melakukan perhitungan untuk membandingkan efisiensi panel surya dan peningkatan energi.



Gambar 1.1 Diagram Alir

## 1.7 Sistematika Penulisan

Laporan ini dibagi menjadi 5 bab, yakni sebagai berikut:

1. **Bab 1 Pendahuluan.** Bab ini menjelaskan mengenai latar belakang masalah, identifikasi masalah, batasan masalah dan asumsi, tujuan Tugas Akhir, manfaat Tugas Akhir, metodologi Tugas Akhir dan Sistematika Penulisan
2. **Bab 2 Tinjauan Pustaka** Bab ini menjelaskan mengenai teori-teori yang digunakan pada Tugas Akhir seperti panel surya, *fill factor* dan efisiensi, *cooling rate model*, *linear actuator* dan perhitungan *fuzzy logic*
3. **Bab 3 Perancangan Sistem.** Dalam bab ini dipaparkan antara lain:
  - (a) Desain sistem
  - (b) Perancangan *solar tracking*

(c) Perhitungan *fuzzy logic*

4. **Bab 4 Hasil dan Analisis** Bab ini menjelaskan hasil yang didapat dari proses *solar tracking* dan *water treatments*. Sehingga dapat dihitung peningkatan energi dan efisiensi panel surya.
5. **Bab 5 Kesimpulan dan Saran** Bab ini menjelaskan kesimpulan dan saran yang didapat berdasarkan studi yang telah dilakukan.