

Panel Surya dengan Sistem Pelacakan Arah Sinar Matahari



TUGAS AKHIR

Disusun dalam rangka memenuhi salah satu persyaratan untuk menyelesaikan

Program Strata Satu Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik

Universitas Hasanuddin

Makassar

Oleh

Ilham Ramli

D041 17 1304

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2021

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

PANEL SURYA DENGAN SISTEM PELACAKAN ARAH SINAR MATAHARI

Disusun dan diajukan oleh :

ILHAM RAMLI

D041 17 1304

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi Program Sarjana Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Pada Tanggal 13 Oktober 2021 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping



Prof. Dr-Ing. Faizal Arya Samman, S.T., M.T.
NIP. 19750605 200212 1 004



Dr.Ir.Hj. Sri Mawar Said, M.T
NIP. 19601106 198601 2 001



Dr. Eng. Sri Dewiani, MT.
NIP. 19601026 199412 2 001

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini, nama Ilham Ramli, dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang berjudul “Panel Surya dengan Sistem Pelacakan Arah Sinar Matahari”, adalah karya ilmiah penulis sendiri dan belum pernah digunakan untuk mendapatkan gelar apapun dan dimanapun,

Karya ilmiah ini sepenuhnya milik penulis dan semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitnya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Gowa, 19 Oktober 2021

Yang membuat pernyataan



Ilham Ramli

NIM. D041 17 1304

ABSTRAK

ILHAM RAMLI., Panel Surya dengan Sistem Pelacakan Arah Sinar Matahari

Panel surya dengan sistem pelacakan arah sinar matahari merupakan sebuah sistem yang mampu untuk menggerakkan panel surya untuk selalu mengikuti pergerakan dari sumber matahari secara otomatis. Pergerakan dari sistem pelacakan ini memiliki dua arah pergerakan atau sering disebut Dual Axis. Sistem ini dilengkapi dengan sensor sudut atau *Gyro* sensor yang mampu mendeteksi kemiringan panel surya, modul RTC (*Real Time Clock*) sebagai pewaktu atau timer, microcontroller Arduino mega yang berfungsi sebagai kontrol dari sistem pelacakan arah sinar matahari. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa sistem pelacakan arah sinar matahari yang telah dirancang dan diimplementasikan mampu untuk menggerakkan panel surya untuk selalu tegak lurus dengan arah datangnya sumber cahaya. Sistem ini lebih efektif untuk meningkatkan hasil energi yang dihasilkan oleh panel surya dibandingkan dengan menempatkan panel surya pada sudut elevasi tertentu. Selain itu, dengan menggunakan sistem ini panel surya dapat menghasilkan daya rata-rata sebesar 186.29 Wattpeak dan total energi rata-rata sebesar 825.44Wh sedangkan untuk panel surya tanpa sistem pelacakan matahari hanya dapat menghasilkan daya rata-rata sebesar 162.13 Wattpeak dan total energi rata-rata sebesar 511.70Wh.

Kata Kunci: Dual Axis, Gyro Sensor, RTC, solar tracking

ABSTRACT

ILHAM RAMLI., Panel Surya dengan Sistem Pelacakan Arah Sinar Matahari

A solar panel with a tracking system for the direction of sunlight is a system that is able to move the solar panel to always follow the movement of the sun source automatically. The movement of this tracking system has two directions of movement or is often called Dual Axis. This system is equipped with an angle sensor or Gyro Sensor which is able to detect the slope of the solar panel, RTC (*Real Time Clock*) as a timer or timer, Arduino Mega microcontroller which functions as a control of the sunlight direction tracking system. The results of this study indicate that the solar directional tracking system that has been designed and implemented is able to move the solar panels to always be perpendicular to the direction of the light source. This system is more effective in increasing the yield of energy produced by solar panels compared to placing solar panels at a certain elevation angle. In addition, by using this system, solar panels can produce an average power of 186.29 Wattpeak and an average total energy of 825.44Wh, while solar panels without a solar tracking system can only produce an average power of 162.13 Wattpeak and an average total energy of an average of 511.70Wh.

Keywords: Dual Axis, Gyro Sensor, RTC, solar tracking

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas berkat rahmat serta kasih-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul: “Panel Surya dengan Sistem Pelacakan Arah Sinar Matahari”.

Tujuan penulisan skripsi ini untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) bagi mahasiswa program S1 di program studi Teknik Elektro Universitas Hasanuddin. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh sebab itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini.

Terselesainya skripsi ini tidak terlepas dari bantuan banyak pihak sehingga pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati dan penuh rasa hormat penulis menghaturkan terima kasih yang sebesar-besarnya bagi semua pihak yang telah memberikan bantuan moril maupun material baik langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan skripsi ini hingga selesai. Maka, dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang tulus kepada:

1. Bapak Ramli Mansur dan Ibu Dorce Sandaliku selaku orang tua penulis yang tidak henti-hentinya memberikan doa dan dukungan dalam bentuk apapun kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Keluarga Tercinta Andri Ramli S.T., M. Jefri Akbar Ramli S.T, Ardiyanti Cahyani Ramli S.E, Minarty Syam S.E, Andi Irmawati, dan Atjo joppo selaku saudara dan kakak yang terus memberikan dukungan kepada penulis.

3. Ibu Dr.Eng.Ir. Dewiani, M.T. Selaku Ketua Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
4. Bapak Prof. Dr-Ing. Faizal Arya Samman, S.T., M.T. Selaku pembimbing I dan Ibu Dr. Ir. Sri Mawar Said, M.T. selaku pembimbing II yang telah meluangkan waktu dan memberikan bimbingan, gagasan, serta ide-ide dalam penyelesaian skripsi ini.
5. Ibu Dr. A. Ejah Umraeni Salam, S.T, M.T. dan Bapak Muh Anshar, ST. M.Sc(Research), Ph. D selaku dosen penguji skripsi penulis yang telah memberikan saran dan kritik dalam penyelesaian skripsi ini.
6. Seluruh dosen pengajar serta pegawai Departemen Teknik Elektro Universitas Hasanuddin atas bimbingan, didikan, kemudahan dan bantuan yang telah diberikan kepada penulis selama menempuh perkuliahan.
7. Teman-teman pengurus BE HME FT-UH periode 2020 yang selalu menyemangati penulis dalam menyelesaikan skripsi.
8. Teman-teman “Konan Bersatu” yang selalu memberikan dukungan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi.
9. Teman-teman Lab Riset Sistem Kendali dan Instrumentasi (Suciati, Alvanya, Arson, Wisnu, dan Alif) yang selalu memberikan dorongan dan motivasi dalam mengerjakan skripsi.
10. Teman senasib seperjuangan “EQUAL17ER” yang kebersamai penulis dalam berbagai rentetan peristiwa di departemen Elektro

11. Teman-teman seperjuangan “TEKNIK 2017” yang kebersamai penulis dalam berbagai rentetan peristiwa di Fakultas Teknik Unhas.
12. Teman-teman “KKN Tematik Biringkanaya 3” atas dedikasi tiada tara dalam menyukseskan misi pilkada 2020 dan misi pengabdian masyarakat.
13. Semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini namun tidak bisa disebutkan satu persatu pada kesempatan ini.

Akhir kata, penulis menyadari masih terdapat banyak kekurangan dalam penyusunan tugas akhir ini. Untuk itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan dalam penyempurnaan tugas akhir ini. Terakhir, penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat memberikan hal yang bermanfaat dan menambah wawasan bagi pembaca sekalian. Aamiin.

Gowa, 30 Agustus 2021

Penulis,

ILHAM RAMLI

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	ii
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH.....	iii
ABSTRAK.....	iv
ABSTRACT.....	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Deskripsi atau Perumusan Masalah.....	2
I.3 Tujuan Penelitian.....	3
I.4 Batasan Masalah.....	4
I.5 Jenis Penelitian	4
I.6 Tahapan penelitian.....	5
I.7 Waktu dan Tempat Penelitian	7
I.7.1 Waktu	7
I.7.2 Tempat Penelitian.....	7
I.8 Manfaat Penelitian.....	7
I.9 Sistematika Penulisan.....	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	9
II.1 Sun Path.....	9
II.2 Algoritma Posisi Matahari.....	10
II.3 Algoritma pengontrolan Motor Linear	11
II.3.1 Algoritma Pengontrolan Motor I.....	11
II.3.2 Algoritma Pengontrolan Motor II.....	12

II.4	Proses Perubahan Sudut dan Perekaman Data	12
II.5	Vektor Matahari.....	14
II.6	Dual Axis Solar tracker	16
II.7	Panel Surya.....	17
II.8	Karakteristik Sel Surya.....	17
II.9	Penelitian Terkait.....	18
BAB III	PERANCANGAN ALAT	20
III.1	Standard Industri Untuk <i>Solar tracker</i>	20
III.2	Desain Sistem Pelacakan Arah Sinar Matahari	21
III.2.1	Rangkaian sistem pelacakan arah sinar matahari	21
III.2.2	Penentuan Parameter Rangkaian	22
III.2.3	Desain 3D Perancangan Alat.....	24
III.3	Alat dan Bahan Penelitian	25
III.4	Mikrokontroler Arduino Mega.....	27
III.5	MPU 6050	31
III.6	RTC (Real Time Clock) DS1302	33
III.7	Driver Motor L298N	34
III.8	Linear Aktuator Parabola	37
III.9	Module Micro SD Card Adapter	38
III.10	Sensor Tegangan (Voltage Divider).....	40
III.11	Sensor Arus ACS712 5A.....	42
III.12	LCD 16X2	44
III.13	Konverter LM2596 DC-DC	46
III.14	Catu Daya (<i>Power Supply</i>).....	47
III.15	PZEM-051 DC.....	48
III.16	LDR (Light Dependent Resistor)	49
III.17	Resistor Daya Wirewound.....	50
III.18	Bentuk Fisik dari Sistem Pelacakan Arah Sinar Matahari	51
BAB IV	PENGUJIAN ALAT DAN ANALISA DATA	52
IV.1	Pengujian Komponen	52

IV.1.1	Pengujian Sensor	52
IV.1.2	Pengujian Panel Surya	53
IV.1.3	Pengujian Motor Linear Aktuator	54
IV.2	Perbandingan Daya <i>Photovoltaic</i>	58
IV.2.1	Daya Photovoltaic Metode 5 Derajat	58
IV.2.2	Daya Photovoltaic Metode 23 Derajat	59
IV.3	Perbandingan Tegangan <i>Photovoltaic</i>	60
IV.3.1	Tegangan <i>Photovoltaic</i> Metode 5 Derajat	60
IV.3.2	Tegangan Photovoltaic Metode 23 Derajat	62
IV.4	Perbandingan Arus Photovoltaic	63
IV.4.1	Arus Photovoltaic Metode 5 Derajat	64
IV.4.2	Arus Photovoltaic Metode 23 Derajat	66
IV.5	Perbandingan Energi Photovoltaic	67
IV.5.1	Energi Photovoltaic Metode 5 Derajat	67
IV.5.2	Energi Photovoltaic Metode 23 Derajat	69
IV.6	Perbandingan Waktu, Sudut, dan Daya	70
IV.6.1	Pitch	70
IV.6.2	Yaw	71
IV.7	Konsumsi Motor Linear Aktuator dan Microcontroller	72
IV.8	Overview Perbandingan PV dengan Sistem Tracking dan PV Statis	74
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	76
V.1	Kesimpulan	76
V.2	Saran	77
	DAFTAR PUSTAKA	78
	LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar I.1	Diagram Alir Tahapan Penelitian	6
Gambar II.1	Sun Path.....	9
Gambar II.2	Analemma Posisi Matahari.....	10
Gambar II.3	Algoritma Program.....	13
Gambar II.4	Vektor matahari terhadap pengamat menunjukkan sudut azimuth dan sudut elevasi matahari	14
Gambar II.5	Prinsip Kolektor Dual Axis	16
Gambar II.6	Panel Surya Mo-no 200Wp.....	17
Gambar III.1	Rangkaian sistem pelacakan arah sinar matahari	22
Gambar III.2	Spesifikasi Panel Surya	24
Gambar III.3	Desain 3D Alat	24
Gambar III.4	Arduino Mega 2560REV 3.....	28
Gambar III.5	Interface Arduino IDE.....	29
Gambar III.6	Sensor MPU6050.....	31
Gambar III.7	Sumbu-sumbu pada sensor MPU6050	32
Gambar III.8	Modul RTC DS1302.....	33
Gambar III.9	Modul Driver H-Bridge Motor DC	34
Gambar III.10	Bridge Transistor	35
Gambar III.11	Linear Aktuator Parabola	37
Gambar III.12	Module SD Card.....	38
Gambar III.13	Komponen Modul SD Card Adaptor.....	38
Gambar III.14	Pin Out SD Card Adaptor.....	39
Gambar III.15	Sensor Tegangan	41
Gambar III.16	Voltage Devider.....	41
Gambar III.17	Sensor Arus ACS712.....	43
Gambar III.18	Pin-Out Diagram Sensor Arus ACS712	43
Gambar III.19	LCD 16x2	44

Gambar III.20	Buck Converter DC-DC	46
Gambar III.21	Catu Daya Power Supply 12V.....	47
Gambar III.22	PZEM-051 DC.....	49
Gambar III.23	Resistor Wirewound	50
Gambar III.24	Tampilan fisik sistem tracker	51
Gambar IV.1	Perbandingan sudut deklinasi dan azimuth	53
Gambar IV.2	Grafik uji PV1 dan PV2	54
Gambar IV.3	PWM Terhadap Output Driver Motor	56
Gambar IV.4	Perbandingan Daya dengan Metode 5 Derajat	58
Gambar IV.5	Perbandingan Daya dengan Metode 23 Derajat	60
Gambar IV.6	Grafik Perbandingan Tegangan pada 28 juni 2021	61
Gambar IV.7	Grafik Perbandingan Tegangan pada 5 juli 2021	63
Gambar IV.8	Grafik Perbandingan Arus pada 1 juli 2021	65
Gambar IV.9	Grafik Perbandingan Arus pada 8 juli 2021	67
Gambar IV.10	Grafik Perbandingan Energi pada 4 juli 2021	68
Gambar IV.11	Grafik Perbandingan Energi pada 9 juli 2021	70
Gambar IV.12	Grafik 3D Waktu, Sudut pitch, dan Daya.....	71
Gambar IV.13	Grafik 3D Waktu, Sudut yaw, dan Daya.....	72
Gambar IV.14	Grafik Perbandingan Konsumsi Daya Motor pada 1 Juli 2021.....	74

DAFTAR TABEL

Tabel III.1	Alat dan Bahan Penelitian	25
Tabel III.2	Spesifikasi sensor sudut.....	32
Tabel III.3	Prinsip Kerja Motor Driver L298N untuk keluaran Motor A	36
Tabel III.4	Prinsip Kerja Motor Driver L298N untuk Keluaran Motor B.....	36
Tabel III.5	Spesifikasi Linear Aktuator	37
Tabel III.6	Pinout module SD Card Adaptor.....	40
Tabel III.7	Keterangan Pin-Out Diagram Sensor Arus ACS712.....	44
Tabel III.8	Spesifikasi LCD 16X2.....	45
Tabel III.9	Spesifikasi PZEM-051.....	48
Tabel IV.1	Data pengujian PWM mikrokontroler	55
Tabel IV.2	Tegangan Output Motor	56
Tabel IV.3	Data hasil pengujian kecepatan motor.....	57
Tabel IV.4	Tegangan Panel Surya Metode 5 Derajat	61
Tabel IV.5	Tegangan Panel Surya Metode 23 Derajat	62
Tabel IV.6	Arus Panel Surya Metode 5 Derajat	64
Tabel IV.7	Arus Panel Surya Metode 23 Derajat	66
Tabel IV.8	Energi Panel Surya Metode 5 Derajat	68
Tabel IV.9	Energi Panel Surya Metode 23 Derajat	69
Tabel IV.10	Tabel Konsumsi Energi Motor Linear Aktuator	73
Tabel IV.11	Overview Output Panel Surya.....	74

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Listrik menjadi komponen utama untuk memenuhi kebutuhan manusia di era globalisasi sekarang. Dapat dikatakan bahwa energi listrik adalah bagian yang sangat penting untuk manusia saat ini. Hampir semua peralatan yang digunakan untuk mempermudah pekerjaan manusia membutuhkan energi listrik mulai lampu, peralatan rumah tangga, peralatan dalam dunia kesehatan, peralatan produksi, penerbangan hingga militer yang semuanya membutuhkan energi listrik.

Energi baru dan terbarukan (EBT) mempunyai peran yang sangat penting dalam memenuhi kebutuhan energi. Hal ini disebabkan penggunaan bahan bakar untuk pembangkit-pembangkit listrik konvensional dalam jangka waktu yang panjang akan menguras sumber minyak bumi, gas dan batu bara yang semakin menipis dan juga dapat mengakibatkan pencemaran lingkungan [1].

Wilayah Indonesia yang merupakan daerah khatulistiwa sangat besar potensinya untuk pembangkit bersumber energi matahari. Dimana sinar matahari yang diterima oleh bumi mencapai 1000 W/m^2 [2]. Energi matahari dapat dimanfaatkan dengan bantuan peralatan lain yaitu dengan merubah radiasi matahari ke bentuk lain. Ada dua macam cara merubah radiasi matahari ke dalam energi lain, yaitu melalui Solar Cell dan Collector [3].

Penggunaan panel surya (*solar cell*) merupakan alat yang paling sering digunakan dewasa ini. Penerapan panel surya untuk digunakan sebagai pembangkit energi baru masih menggunakan sistem statis (konvensional) dimana panel surya yang dipasang objeknya statis atau tidak bergerak, ini menjadi masalah karena sumber energi dari matahari sebagai objek selalu bergerak dari arah timur (terbit) ke barat (terbenam), hal ini menyebabkan penerimaan energi matahari dari panel surya menjadi tidak maksimal atau optimal. Sehingga dibutuhkan sebuah teknologi atau sistem yang dapat menggerakkan panel surya (*solar tracking*) menyesuaikan posisi dimana matahari berada. Oleh karena itu, diharapkan penerimaan panas dari pancaran sinar matahari akan semakin optimal diterima.

Dari permasalahan tersebut maka dilakukan penelitian tugas akhir yang akan berfokus kepada perancangan sistem solar tracking sebagai solusi meningkatkan penerimaan panas dari pancaran sinar matahari terhadap solar panel, dengan judul **“PANEL SURYA DENGAN SISTEM PELACAKAN ARAH SINAR MATAHARI”**

I.2 Deskripsi atau Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, penulisan difokuskan pada bagaimana membuat sebuah sistem *Solar tracker* dengan menggunakan sensor *accelerometer* dan RTC (*Real Time Clock*) sebagai input dan *Linear Aktuator* yang berbasis Microcontroller *Arduino Mega* yang diimplementasikan pada pemasangan *solar cell* agar dapat bergerak mengikuti dan tetap tegak lurus dengan fokus cahaya matahari. Identifikasi

masalah dalam penelitian ini adalah tolak ukur yang hendak dikaji yaitu memperoleh sasaran yang tepat sesuai dengan tujuan yang diharapkan.

Berdasarkan uraian diatas agar pembahasan dapat terarah pada tujuan yang hendak dicapai, maka rumusan masalah dapat ditujukan dengan pertanyaan sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang dan membuat *Solar tracker* dengan memanfaatkan teknologi *Microcontroller Arduino Mega 2560* dan *Linear Aktuator* sebagai motor penggerak?
2. Bagaimana cara menggabungkan antara input *Gyro Sensor* dan *RTC (Real Time Clock)*?
3. Bagaimana cara mengetahui pergerakan matahari dan menyinkronkan dengan sensor *Gyro Sensor* dan *RTC*.

I.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan dari rumusan masalah di atas, maka tujuan yang hendak dicapai dari penelitian ini antara lain:

1. Mengetahui efek penggunaan antara sistem *tracker* dan sistem statis terhadap panel surya.
2. Memperoleh hasil pengukuran tentang perbandingan daya keluaran panel surya yang menggunakan sistem *tracker* dan panel surya statis.

3. Memperoleh hasil pengukuran konsumsi motor penggerak yang digunakan pada panel surya dengan sistem *tracker*.

I.4 Batasan Masalah

Untuk mendapatkan hasil akhir yang lebih terperinci dan terfokus, maka permasalahan yang akan dibahas akan dibatasi dengan ketentuan berikut:

1. Panel Surya yang digunakan berukuran 200 Wp (*Wattpeak*)
2. *Microcontroller* yang digunakan yaitu *Arduino Mega 2560*
3. *Linear Aktuator* sebagai motor penggerak
4. *Software* yang digunakan yaitu *Arduino IDE*
5. Pengujian alat berdasarkan perbandingan daya statis dan dinamis.

I.5 Jenis Penelitian

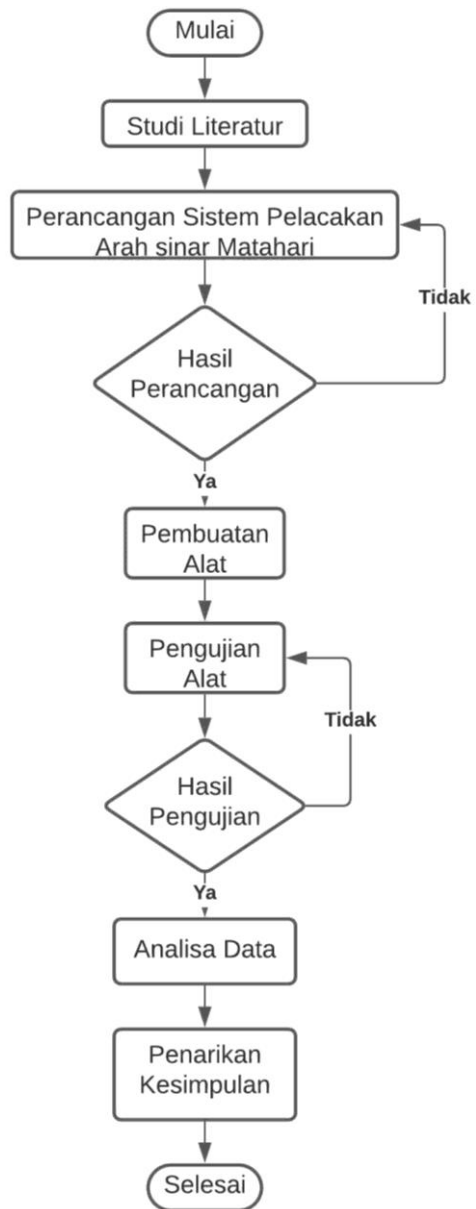
Penelitian ini merupakan implementasi pengembangan dari penelitian sebelumnya. Metode yang digunakan dalam penelitian ini merupakan perbandingan hasil pengukuran antara panel surya yang menggunakan sistem pelacakan arah sinar matahari (*tracker*) dengan panel surya tanpa sistem pelacakan arah sinar matahari (statis). Adapun output yang diukur dari panel surya, yaitu tegangan, arus, daya, dan energi. Konsumsi linear *aktuator* untuk menggerakkan panel surya pada sistem *tracker* juga diukur. Adapun beban yang digunakan pada penelitian ini yaitu beban resistif dengan spesifikasi 300Watt/ 10Ω.

I.6 Tahapan penelitian

Dalam melakukan penelitian berdasarkan tujuan penelitian yang telah dipaparkan, dilakukan dengan beberapa tahap, yaitu:

1. Studi literatur, mengumpulkan bahan-bahan yang berhubungan dengan penelitian dan mempelajari teori dasar yang berkaitan dan menunjang penelitian.
2. Perancangan sistem, melakukan perencanaan awal dengan menentukan jenis rangkaian, pemilihan komponen yang akan digunakan, menentukan parameter kendali pada penelitian yang dilakukan.
3. Pengujian simulasi, untuk memastikan bahwa rangkaian yang disimulasikan telah bekerja sesuai dengan teori dan fungsinya sehingga dapat memberikan kelancaran proses dalam pengambilan data.
4. Pembuatan alat, melakukan pembuatan alat sesuai dengan parameter yang telah ditetapkan pada simulasi yang dilakukan.
5. Pengujian alat, melakukan proses pengukuran pada kinerja alat yang telah dibuat guna untuk mengumpulkan data penelitian dan akan digunakan sebagai data verifikasi perbandingan.
6. Analisis data simulasi dan alat, melakukan verifikasi data atau perbandingan antara dua sistem sesuai dengan scenario pengujian yang telah ditentukan. Apabila telah sesuai dengan yang ditentukan, maka dilanjutkan dengan penarikan kesimpulan.

Berikut ini adalah diagram alir dari tahapan penelitian yang dilakukan, yang dapat dilihat pada gambar I.1.



Gambar I.1 Diagram Alir Tahapan Penelitian

I.7 Waktu dan Tempat Penelitian

I.7.1 Waktu

Waktu penelitian dilaksanakan selama lima bulan dimulai pada bulan Februari 2021 sampai Juli 2021.

I.7.2 Tempat Penelitian

Lokasi penelitian bertempat di *rooftop* gedung Elektro fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, Gowa.

I.8 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi beberapa pihak seperti yang diuraikan sebagai berikut:

1. Bagi masyarakat, mahasiswa, dan staf akademik penelitian ini diharapkan ke depannya bermanfaat dalam hal pembelajaran dan sebagai bahan pra-penelitian bagi mahasiswa yang ingin melanjutkan penelitian mengenai *solar tracker*.
2. Bagi institusi Universitas Hasanuddin, penelitian ini dapat berguna sebagai referensi ilmiah dalam pengembangan perancangan dan analisis *solar tracker*.
3. Bagi peneliti terkhusus di bidang sistem kendali untuk pengolahan energi terbarukan, penelitian ini memiliki manfaat untuk menambah wawasan dan menjadi sumber acuan dalam mengembangkan *solar tracker* dengan spesifikasi yang sesuai dengan standar industri.

I.9 Sistematika Penulisan

Tugas akhir ini disusun dengan mengikuti sistematika penulisan yang diuraikan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang penguraian secara singkat latar belakang, rumusan masalah, tujuan dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tentang penelitian terkait yang diperoleh dari sumber referensi untuk membandingkan penelitian yang dibuat dengan penelitian terdahulu

BAB III PERANCANGAN ALAT

Bab ini memuat standard industri penelitian terkait beserta teori dan komponen dalam pembuatan penelitian ini.

BAB IV PENGUJIAN ALAT DAN ANALISA DATA

Bab ini berisi tentang hasil dan pembahasan mengenai hasil yang diperoleh di lapangan serta perbandingannya.

BAB V SARAN DAN KESIMPULAN

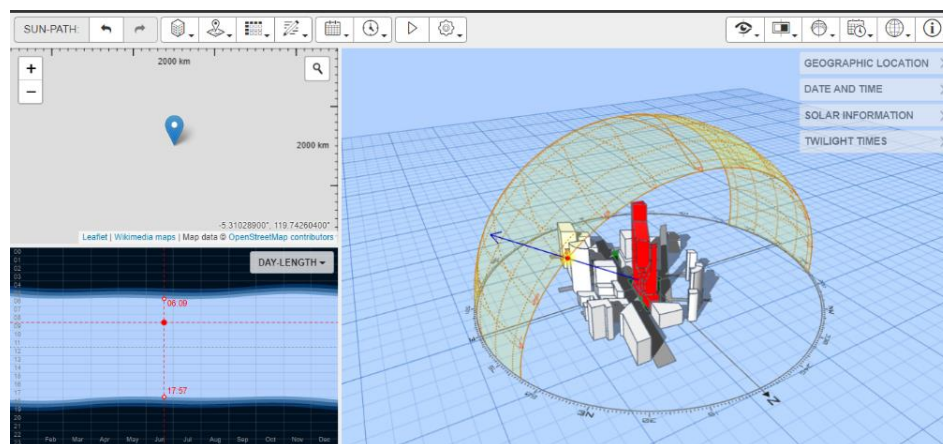
Bab ini memuat tentang kesimpulan dari hasil penelitian dan saran-saran untuk penelitian berikutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

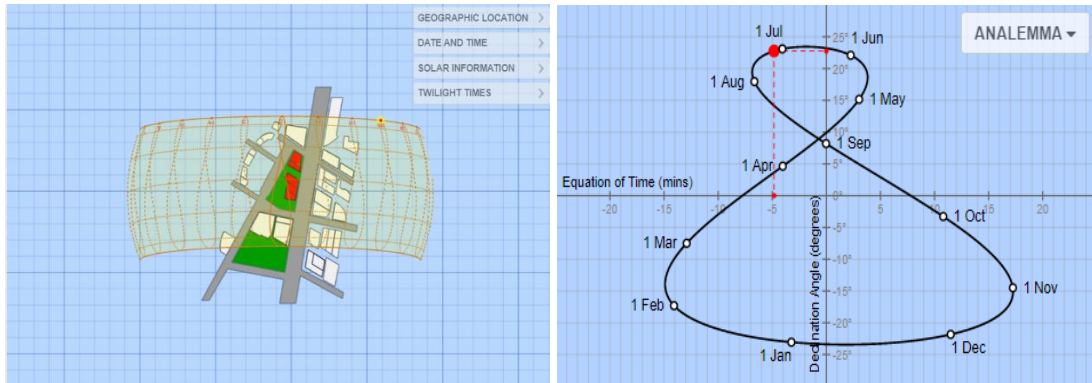
II.1 Sun Path

Sun Path adalah alat visualisasi yang penting yang dapat digunakan untuk memodelkan dan menampilkan jalur matahari saat bergerak di langit. Seperti yang diamati dari geografis lokasi tertentu di permukaan bumi. Diagram ini menggunakan rangka astronomi untuk memberikan representasi dua atau tiga dimensi dari lintasan pergerakan matahari di langit seperti yang diamati pada lokasi tertentu [4].



Gambar II.1 Sun Path

Analemma posisi matahari selalu berubah tiap hari dan bulannya, Gambar II.2 menjelaskan posisi matahari dalam garis Azimuth (garis sudut azimuth yaitu garis dari arah timur ke barat) dan garis ketinggian (garis tilt direpresentasikan dengan garis melingkar yang membentang dari tengah diagram).



Gambar II.2 Analemma Posisi Matahari

Singkatnya, analemma dan persamaan waktu adalah hasil dari jumlah efek orbit elips bumi mengelilingi matahari dan kemiringan sumbu bumi dalam hal ini hubungannya dengan bidang orbitnya mengelilingi matahari.

II.2 Algoritma Posisi Matahari

Setiap sistem pelacakan matahari yang andal harus dapat melacak matahari pada sudut yang tepat, bahkan selama matahari tertutup oleh awan. Berbagai jenis desain pelacakan matahari telah diusulkan untuk meningkatkan kinerja pemanfaatan energi surya [4].

Ada empat kategori utama elemen kontrol yang perlu dipertimbangkan dalam kontrol *loop* terbuka dan *loop* tertutup untuk memenuhi kriteria desain algoritma posisi matahari sebagai berikut:

1. Posisi matahari: untuk menentukan vektor matahari dari lokasi aktual matahari ke sistem yang dirancang.

2. Sistem penggerak yang efektif: untuk dapat menentukan struktur secara efisien sehingga mengarah langsung ke matahari.
3. Input kontrol: Jenis input kontrol yang digunakan, misalnya algoritma vektor matahari, foto-dioda atau kamera.
4. Sistem kontrol: kontrol urutan dan kecerdasan (diagram keadaan) untuk mengelola motor dan penggerak yang menggerakkan sistem.

II.3 Algoritma pengontrolan Motor Linear

II.3.1 Algoritma Pengontrolan Motor I

Algoritma pengontrolan motor I dikendalikan oleh mikrokontroller dari hasil perhitungan *hours angle*. *Hours angle* digunakan untuk menggerakkan panel surya guna mengikuti gerak harian matahari. Pada rancangan alat panel surya dengan sistem pelacakan arah sinar matahari didesain untuk berpindah setiap 15 menit sekali dalam hal ini sebesar 3.75° . Dengan demikian, algoritma pengontrolan dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\omega = (t_s - 12) \cdot \frac{360}{24} \quad (2.1)$$

Di mana,

ω = sudut jam matahari ($^\circ$)

t_s = waktu (jam)

II.3.2 Algoritma Pengontrolan Motor II

Sudut deklinasi digunakan untuk menggerakkan panel surya guna mengikuti gerak semu tahunan matahari. Algoritma ini di desain untuk mengubah sudut deklinasi pane surya dengan sistem pelacakan arah sinar matahari untuk berpindah setiap hari. Dengan demikian, algoritma pengontrolan dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\delta = 23.45^{\circ} \sin\left(360 \cdot \frac{284 + N}{365}\right) \quad (2.2)$$

Di mana,

δ = Sudut Deklinasi ($^{\circ}$)

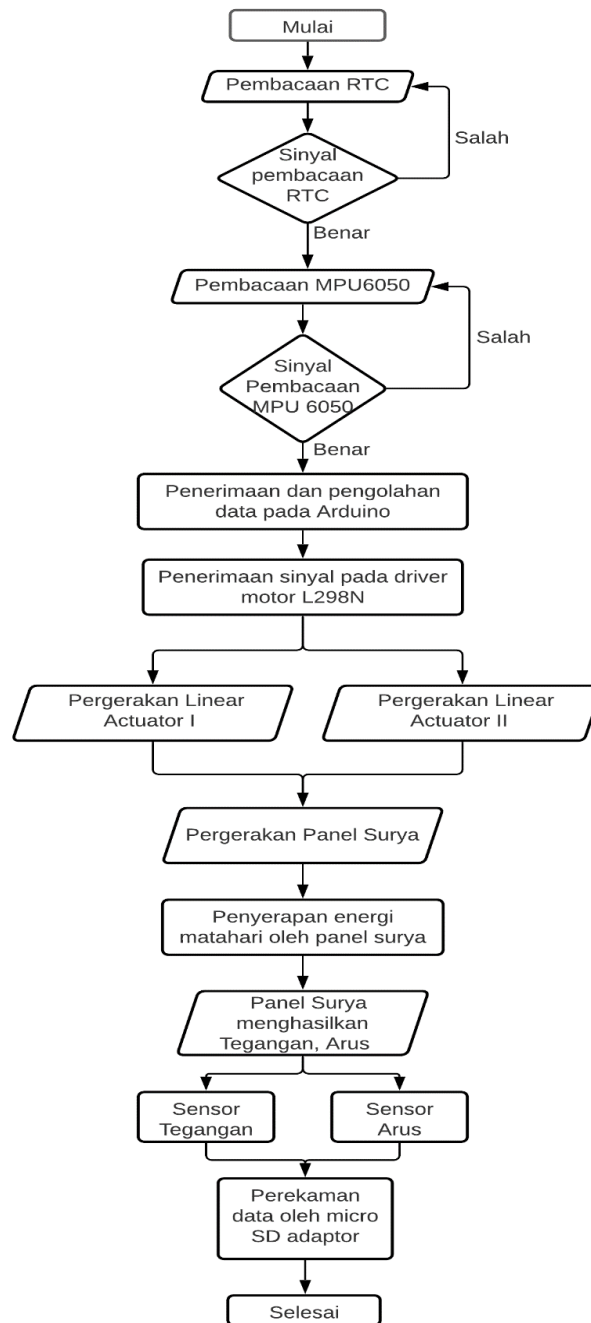
N = Menyatakan nomor urut hari dalam satu tahun

23.45° = Besar sudut inklinasi bumi (sudut antara sumbu rotasi dengan bidang orbit matahari)

II.4 Proses Perubahan Sudut dan Perekaman Data

Proses perubahan sudut dan perekaman data pada sistem pelacakan arah sinar matahari dimulai dari pembacaan data dari sensor RTC DS1302 dan sensor MPU6050, data dari kedua sensor ini kemudian diolah oleh mikrokontroler Arduino Mega 2560, hasil dari pengolahan data akan menggerakkan linear aktuator I atau linear aktuator II. Adapun output keluaran dari panel surya berupa tegangan dan arus akan dibaca oleh sensor tegangan dan sensor arus ACS712. Selain itu kedua sensor ini juga membaca tegangan dan arus pada kedua motor linear aktuator untuk mengetahui konsumsi daya

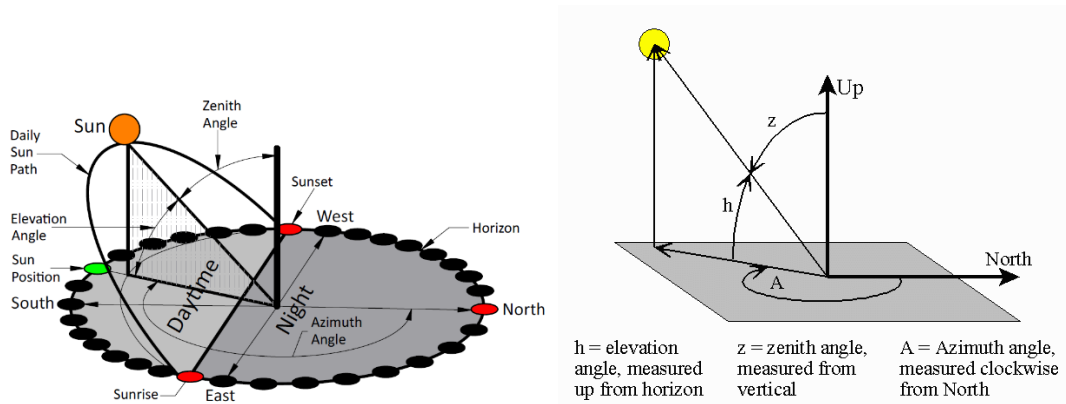
ketika motor ini bergerak. Hasil pembacaan ini akan di simpan micro SD oleh *micro SD adaptor*. Gambar 1.5 menunjukkan diagram alir sistem secara keseluruhan.



Gambar II.3 Algoritma Program

II.5 Vektor Matahari

Vektor matahari atau posisi matahari dijelaskan dalam bentuk Azimuth matahari dan sudut elevasi terhadap pengamat di lokasi geografis tertentu pada permukaan bumi. Gambar II.4 menunjukkan ilustrasi vektor matahari dan sudut matahari yang perlu dipertimbangkan ketika panel surya melacak matahari menggunakan perangkat keras elektronik.



Gambar II.4 Vektor matahari terhadap pengamat menunjukkan sudut azimuth dan sudut elevasi matahari

Daftar parameter berikut berhubungan dengan istilah yang digunakan dalam perhitungan vektor matahari.

1. Latitude(ϕ) : Sudut utara/ selatan ekuator kolektor surya ($^{\circ}$);
2. Bujur(ζ) : Posisi timur-barat kolektor surya relatif terhadap Greenwich ($^{\circ}$);
3. Deklinasi(δ_s) : Posisi sudut matahari pada siang hari terhadap khatulistiwa ($^{\circ}$);
4. Azimuth permukaan (γ) : Penyimpangan kemiringan ke meridian lokal ($^{\circ}$);

5. Azimuth matahari (γ_s) : Sudut matahari ke meridian lokal atau azimuth permukaan, CW ($^\circ$);
6. Elevasi (α_s) : Elevasi vektor matahari dari pengamat ($^\circ$);
7. Zenith (θ_z) : Sudut datang pada permukaan horizontal, zenith vektor matahari ($90 - \alpha_s$);
8. Sudut datang dan pantul (θ) : Sudut antara radiasi matahari datang dan radiasi pantul dari permukaan;
9. Sudut jam (ω) : Konversi waktu matahari ke sudut di mana 24 jam sama dengan 360° .

Vektor matahari kemudian mewakili sudut dan ketinggian matahari dari perspektif pengamat yang berada di bumi, tergantung pada posisi bujur (ζ) dan garis lintang (ϕ) dari panel surya yang terpasang di bumi.

Berikut merupakan persamaan untuk menghitung vektor matahari sebagai acuan dalam membuat algoritma program.

$$\omega = ST + 4 \cdot (\zeta_{st} - \zeta_{loc}) + E \quad (2.3)$$

$$E = 229.2(0.000075 + 0.001868 \cdot \cos B - 0.004089 \cdot \sin 2B) \quad (2.4)$$

$$B = \frac{360}{365} \cdot (n - 1) \quad (2.5)$$

$$\delta = 23.45^\circ \cdot \sin\left(\frac{360}{365} \cdot (284 + n)\right) \quad (2.6)$$

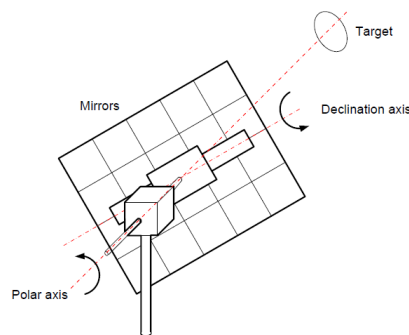
$$\cos\theta_z = (\cos\phi \cdot \cos\delta_s \cdot \cos\omega) + (\sin\phi \cdot \sin\delta_s) \quad (2.7)$$

$$\gamma_s = \text{sign}(\omega) \cdot \left| \cos^{-1} \left(\frac{\cos\theta_s \cdot \sin\phi - \sin\delta_s}{\sin\theta_z \cdot \cos\phi} \right) \right| \quad (2.8)$$

II.6 Dual Axis Solar tracker

Sudut altitude dan sudut azimuth matahari berubah sepanjang waktu. *Dual axis tracking* melacak matahari untuk mengumpulkan lebih banyak energi matahari. Menurut pembagian jenis sumbu, *dual axis tracking* dapat dibagi menjadi dua jenis yaitu: *polar axis tracking* dan *altitude-azimuth tracking*.

Polar axis tracking juga disebut *spinning-elevation tracking*. Prinsip kerja dari tracking ini yaitu salah satu sumbu yang menunjuk ke kutub utara, yang sejajar dengan sumbu rotasi bumi. Sumbu lainnya tegak lurus dengan sumbu kutub, yang disebut sebagai sumbu deklinasi. Saat perangkat bekerja panel surya akan berputar mengelilingi sumbu kutub dan kecepatan rotasinya sama dengan sudut rotasi bumi, tetapi arah rotasinya berlawanan [5].



Gambar II.5 Prinsip Kolektor Dual Axis

II.7 Panel Surya

Photovoltaic atau *solar panel* atau juga disebut modul surya merupakan sebuah piranti yang mengubah energi sinar matahari menjadi energi listrik. Terdiri dari kumpulan sel surya yang dipasang secara seri. Listrik yang dihasilkan oleh panel surya adalah listrik arus searah murni (DC), pada umumnya dengan tegangan 12V untuk panel surya ukuran kecil $\leq 130\text{Wp}$ dan untuk tegangan 24V untuk ukuran yang standar $>130\text{Wp}$. Wattpeak atau disingkat Wp ialah daya yang dihasilkan oleh panel surya dalam keadaan optimum.



Gambar II.6 Panel Surya Mo-no 200Wp

II.8 Karakteristik Sel Surya

Sel surya menghasilkan arus, dan arus ini beragam tergantung dengan tegangan sel surya. Karakteristik tegangan-arus biasanya menunjukkan hubungan tersebut. Ketika tegangan sel surya sama dengan nol atau digambarkan sebagai sel surya hubung pendek, atau I_{SC} (*short circuit current*). Nilai I_{SC} naik dengan meningkatnya temperatur. Oleh karena itu, daya maksimum sel surya dan efisiensi sel surya menurun

dengan peningkatan temperatur pada kebanyakan sel surya. Peningkatan temperatur dari 25°C mengakibatkan penurunan daya sekitar 10%.

II.9 Penelitian Terkait

Peneliti sedikit banyak terinspirasi dan mereferensi dari penelitian-penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan latar belakang masalah pada penelitian ini. Berikut penelitian terdahulu yang berhubungan dengan penelitian ini antara lain:

Penelitian yang dilakukan oleh Nadia Al-Rousan, 2020 “*Efficient single and dual axis solar tracking system controllers based on adaptive neural fuzzy inference system*” [6] menggunakan input tahun, bulan, dan hari untuk menentukan peramalan lokasi matahari dalam bentuk sudut azimuth dan altitude. Memberikan hasil akhir penelitian yaitu prediction rate dalam menentukan arah pergerakan panel surya sebesar 83.01%.

Penelitian yang dilakukan oleh Hassan Fathabadi, 2016 “*High Accurate Sensorless Dual-Axis Solar Tracking System Controlled by Maximum Power Point Tracking Unit of Photovoltaic*” [7] menggunakan output PV untuk menentukan titik optimum daya keluaran kemudian menggunakan sudut deviasi altitude dan azimuth untuk mengarahkan PV menemukan daya optimum tadi. Memberikan hasil peningkatan efisiensi panel surya sebesar 28.8 – 43.6%.

Penelitian yang dilakukan oleh Yuwaldi Away, 2016 “*Dual-axis sun tracker sensor based on tetrahedron geometry*” [8] menggunakan tiga buah sensor cahaya *light*

dependent resistor (LDR) yang disusun pada sebuah bangun piramida atau disebut sebagai tetrahedron geometri, sensor ini mampu menggerakkan panel surya dual-axis. Adapun hasil dari penelitian ini yaitu mampu mendeteksi sumber cahaya dengan *field of view* (FOV) sebesar 289.40 dengan tingkat *error* sebesar 1.67%

Penelitian yang dilakukan oleh Simoni Perini, 2017 “*Theoretical and experimental analysis of an innovative dual-axis tracking linear Fresnel lenses concentrated solar thermal collector*” [9] menggunakan lensa Fresnel untuk mengkonsentrasikan sinar matahari yang jatuh ke panel surya, lensa fresnel inilah yang digerakkan mengikuti matahari sehingga sinar matahari yang dikonsentrasikan tetap tegak lurus dengan panel surya. Adapun hasil akhir dari penelitian ini yaitu mampu menurunkan suhu panel surya sebesar 40°C, meningkatkan efisiensi panel surya sebesar 20%

Selanjutnya penelitian yang akan dilakukan dengan judul “Panel Surya dengan Sistem Pelacakan Arah Sinar Matahari” dengan metode *scanning for first initiation*, dimana menggunakan metode *scanning* di awal pergerakan untuk menentukan daya maksimum yang dihasilkan oleh panel surya, apabila daya maksimum sudah ditentukan maka panel surya akan menuju sudut dimana daya maksimum tadi dihasilkan. Dan selanjutnya panel akan bergerak lurus mengikuti algoritma *hours angle* yang telah ditentukan. Tetapi apabila terkendala oleh kondisi cuaca dan tidak bisa menemukan sudut yang diinginkan maka panel surya akan menggunakan data sudut sebelumnya yang telah diinstal di dalam program.