



**RANCANG BANGUN SISTEM PENDINGIN PERMUKAAN
PANEL SURYA SECARA OTOMATIS UNTUK
OPTIMALISASI ENERGI OUTPUT**

**Disusun dan Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan Ujian Akhir
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik dari Fakultas Sains & Teknologi
Universitas Pembangunan Panca Budi**

SKRIPSI

OLEH

NAMA : ELIUS IMANUEL M HAREFA

NPM : 1714210350

PROGRAM STUDI : TEKNIK ELEKTRO

KONSENTRASI : TEKNIK ENERGI LISTRIK

FAKULTAS SAINS & TEKNOLOGI

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI

MEDAN

2022

PENGESAHAN SKRIPSI

JUDUL : RANCANG BANGUN SISTEM PENDINGINAN PERMUKAAN PANEL SURYA SECARA OTOMATIS UNTUK OPTIMALISASI ENERGI OUTPUT

NAMA : ELIUS IMANUEL M HAREFA
N.P.M : 1714210350
FAKULTAS : SAINS & TEKNOLOGI
PROGRAM STUDI : Teknik Elektro
TANGGAL KELULUSAN : 27 April 2022

DIKETAHUI

DEKAN

KETUA PROGRAM STUDI



Hamdani, ST., MT.



Siti Anisah, S.T., M.T

**DISETUJUI
KOMISI PEMBIMBING**

PEMBIMBING I

PEMBIMBING II



Hamdani, S.T., M.T



Muhammad Rizki Syahputra, ST., MT

PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar keserjanaan disuatu perguruan tinggi, dan sepanjang sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam skripsi ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.



Medan, 17 Mei 2022

ELIUS IMANUEL M HAREFA

NPM : 1714210193

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Sebagai civitas akademika Universitas Pembangunan Panca Budi, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Elius Imanuel Harefa
NPM : 1714210350
Program Studi : Teknik Elektro
Fakultas : Sains dan Teknologi
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Pembangunan Panca Budi **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul : **RANCANG BANGUN SISTEM PENDINGIN PERMUKAAN PANEL SURYA SECARA OTOMATIS UNTUK OPTIMALISASI ENERGI OUTPUT**. Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Pembangunan Panca Budi berhak menyimpan, mengalih – media / alihformatkan. Mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasi tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/ pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Medan, 17 Mei 2022



ELIUS IMANUEL M HAREFA

NPM. 1714210350



UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI FAKULTAS SAINS & TEKNOLOGI

Jl. Jend. Gatot Subroto Km 4,5 Medan Fax. 061-8458077 PO.BOX : 1099 MEDAN

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO	(TERAKREDITASI)
PROGRAM STUDI ARSITEKTUR	(TERAKREDITASI)
PROGRAM STUDI SISTEM KOMPUTER	(TERAKREDITASI)
PROGRAM STUDI TEKNIK KOMPUTER	(TERAKREDITASI)
PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI	(TERAKREDITASI)
PROGRAM STUDI PETERNAKAN	(TERAKREDITASI)

PERMOHONAN JUDUL TESIS / SKRIPSI / TUGAS AKHIR*

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Lengkap	: ELIUS IMANUEL M HAREFA
Tempat/Tgl. Lahir	: MEDAN / 21 Januari 1999
Nomor Pokok Mahasiswa	: 1714210350
Program Studi	: Teknik Elektro
Konsentrasi	: Teknik Energi Listrik
Jumlah Kredit yang telah dicapai	: 141 SKS, IPK 3.26
Nomor Hp	: 0878818844195

Dengan ini mengajukan judul sesuai bidang ilmu sebagai berikut :

No.	Judul
1.	Rancang bangun sistem pendinginan permukaan panel surya secara otomatis untuk optimalisasi energi output0

Catatan : Diisi Oleh Dosen Jika Ada Perubahan Judul

*Coret Yang Tidak Perlu

Rektor I,

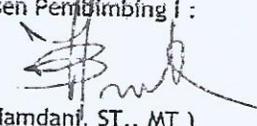
(Cahyo Pramono, S.E., M.M.)

Medan, 22 April 2021
Pemohon,

(Elius Imanuel M Harefa)

Tanggal :
Disahkan oleh :
Dekan

(Hamdani, ST., MT.)

Tanggal :
Disetujui oleh :
Dosen Pembimbing I :

(Hamdani, ST., MT.)

Tanggal :
Disetujui oleh :
Ka. Prodi Teknik Elektro

(Siti Anisah, ST., MT.)

Tanggal :
Disetujui oleh :
Dosen Pembimbing II :

(Muhammad Rizki Syahputra, ST., MT.)

Hal : Permohonan Meja Hijau

Medan, 28 Maret 2022
 Kepada Yth : Bapak/Ibu Dekan
 Fakultas SAINS & TEKNOLOGI
 UNPAB Medan
 Di -
 Tempat

Dengan hormat, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : ELIUS IMANUEL M HAREFA
 Tempat/Tgl. Lahir : MEDAN / 21 - januari - 1999
 Nama Orang Tua : RELIKHIUS HAREFA BSC
 N. P. M : 1714210350
 Fakultas : SAINS & TEKNOLOGI
 Program Studi : Teknik Elektro
 No. HP : 081973119436
 Alamat : jl bunga herba raya no.16

Datang bermohon kepada Bapak/Ibu untuk dapat diterima mengikuti Ujian Meja Hijau dengan judul **Rancang bangun sistem pendinginan permukaan panel surya secara otomatis untuk optimalisasi energi output**, Selanjutnya saya menyatakan :

1. Melampirkan KKM yang telah disahkan oleh Ka. Prodi dan Dekan
2. Tidak akan menuntut ujian perbaikan nilai mata kuliah untuk perbaikan indeks prestasi (IP), dan mohon diterbitkan ijazahnya setelah lulus ujian meja hijau.
3. Telah tercap keterangan bebas pustaka
4. Terlampir surat keterangan bebas laboratorium
5. Terlampir pas photo untuk ijazah ukuran 4x6 = 5 lembar dan 3x4 = 5 lembar Hitam Putih
6. Terlampir foto copy STTB SLTA dilegalisir 1 (satu) lembar dan bagi mahasiswa yang lanjutan D3 ke S1 lampirkan ijazah dan transkripnya sebanyak 1 lembar.
7. Terlampir pelunasan kwintasi pembayaran uang kuliah berjalan dan wisuda sebanyak 1 lembar
8. Skripsi sudah dijilid lux 2 exemplar (1 untuk perpustakaan, 1 untuk mahasiswa) dan jilid kertas jeruk 5 exemplar untuk penguji (bentuk dan warna penjilidan diserahkan berdasarkan ketentuan fakultas yang berlaku) dan lembar persetujuan sudah di tandatangi dosen pembimbing, prodi dan dekan
9. Soft Copy Skripsi disimpan di CD sebanyak 2 disc (Sesuai dengan Judul Skripsinya)
10. Terlampir surat keterangan BKKOL (pada saat pengambilan ijazah)
11. Setelah menyelesaikan persyaratan point-point diatas berkas di masukan kedalam MAP
12. Bersedia melunaskan biaya-biaya uang dibebankan untuk memproses pelaksanaan ujian dimaksud, dengan perincian sbb :

1. [102] Ujian Meja Hijau	: Rp.	1,000,000
2. [170] Administrasi Wisuda	: Rp.	1,750,000
Total Biaya	: Rp.	2,750,000

Ukuran Toga :



Diketahui/Disetujui oleh :



Hamdani, ST., MT.
 Dekan Fakultas SAINS & TEKNOLOGI

Hormat saya



ELIUS IMANUEL M HAREFA
 1714210350

Catatan :

- 1. Surat permohonan ini sah dan berlaku bila ;
 - a. Telah dicap Bukti Pelunasan dari UPT Perpustakaan UNPAB Medan.
 - b. Melampirkan Bukti Pembayaran Uang Kuliah aktif semester berjalan
- 2. Dibuat Rangkap 3 (tiga), untuk - Fakultas - untuk BPAA (asti) - Mhs.ybs.

RANCANG BANGUN SISTEM PENDINGIN PERMUKAAN PANEL SURYA SECARA OTOMATIS UNTUK OPTIMALISASI ENERGI OUTPUT

Elius Imanuel M Harefa*
Hamdani**
Muhammad Rizki Syahputra**

Universitas Pembangunan Panca Budi

ABSTRAK

Cahaya matahari merupakan salah satu bentuk energi dari sumber daya alam matahari ini sudah banyak digunakan untuk memasok daya listrik melalui *solar cell*. *solar cell* ini menghasilkan energi listrik dalam jumlah yang tidak terbatas langsung diambil dari matahari. Intensitas radiasi matahari merupakan sumber energi yang dikonversi oleh *solar cell* menjadi energi listrik. Adapun parameter lain yang mempengaruhi keluaran *output solar cell*, dalam menghasilkan tegangan. Dikarenakan semakin tinggi suhu *solar cell* akan mempengaruhi hasil tegangan dari keluaran *Solar cell*. Oleh sebab itu, maka dirancang sistem pendingin permukaan panel surya secara otomatis untuk mengoptimalkan keluaran energi output *solar cell*. Melakukan perancangan alat pendingin permukaan panel surya menggunakan pompa air dc untuk mengalirkan ke permukaan panel surya dan sensor *NTC (Negative temperature coefficient)* untuk mengukur suhu pada permukaan panel surya dan thermostat switch w 1209 untuk mengatur suhu yang dibutuhkan. Hasil dari penelitian dan pengujian ini menjelaskan bahwa sistem pendingin ini dapat membantu dalam mengoptimalkan menghasilkan keluaran tegangan output *solar cell* yang baik pada saat suhu panel sel surya tinggi. dapat dilihat dari hasil pengujian awal, hasil tegangan sebelum disiram adalah 19,5 Volt dan setelah di siram air oleh sistem pendingin *solar cell* hasil tegangan yang dihasilkan 20 Volt. Sehingga sistem pendingin untuk *solar cell* cocok digunakan di daerah tropis.

Kata Kunci : Panel surya (*photovoltaic*), Sensor suhu ntc, thermostat w 1209

* Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro : eliusimanuelharefa99@gmail.com

** Dosen Program Studi Teknik Elektro

DESIGN AND CONSTRUCTION OF AUTOMATIC SOLAR PANEL SURFACE COOLING SYSTEM FOR OUTPUT ENERGY OPTIMIZATION

Elius Imanuel M Harefa*
Hamdani**
Muhammad Rizki Syahputra**

University of Pembangunan Panca Budi

ABSTRACT

Sunlight is a form of energy from the sun's natural resources and has been widely used to supply electrical power through solar cells. This solar cell produces an unlimited amount of electrical energy directly taken from the sun. The intensity of solar radiation is a source of energy that is converted by solar cells into electrical energy. The other parameters that affect the output of the solar cell output, in generating voltage. Due to the higher the temperature of the solar cell will affect the output voltage of the solar cell. Therefore, an automatic solar panel surface cooling system was designed to optimize the energy output of the solar cell output. Designing a solar panel surface cooler using a dc water pump to flow to the surface of the solar panel and an NTC (Negative temperature coefficient) sensor to measure the temperature on the surface of the solar panel and a thermostat switch w 1209 to set the required temperature. The results of this research and test explain that this cooling system can help in optimizing the output of a good solar cell output voltage when the solar cell panel temperature is high. it can be seen from the initial test results, the voltage result before being flushed is 19.5 Volts and after being flushed with water by the solar cell cooling system the resulting voltage is 20 Volts. So that the cooling system for solar cells is suitable for use in the tropics.

Keywords: *Solar cell (photovoltaic), ntc temperature sensor, thermostat w 1209.*

* *Student of Electrical Engineering Study Program :*

eliusmanuelharefa99@gmail.com

** *Lecturer of Electrical Engineering Study Program*

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya ucapkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, karena rahmat dan berkat-Nya sehingga Tugas Akhir yang berjudul **“Rancang bangun sistem pendingin permukaan panel surya secara otomatis untuk optimalisasi energi output ”** ini dapat diselesaikan dengan tepat waktu di Universitas Pembangunan Panca Budi Medan. Ucapan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya penulis hanturkan dengan penuh rasa hormat kepada :

1. Bapak Dr. H. M. Isa Indrawan, SE., MM selaku Rektor Universitas Pembangunan Panca Budi.
2. Bapak Hamdani, ST.,MT selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Pembangunan Panca Budi.
3. Ibu Siti Annisa, ST., MT,selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Pembangunan Panca Budi.
4. Bapak Hamdani, ST.,MT selaku Pembimbing I yang telah banyak memberikan arahan dan bimbingan kepada penulis.
5. Bapak Muhammad Rizki Syahputra, ST.,MT selaku Pembimbing II yang telah banyak memberikan arahan dan bimbingan kepada penulis.
6. Kedua Orang tua serta Abang dan Kakak saya,yang selalu memberikan doa serta dukungannya untuk mencapai kesuksesan dan cita-cita ke depannya.

7. Kepada Teman – teman organisasi taekwondo sibayak yang selalu memberikan saya nasehat ketika saya mengeluh dan memberi semangat untuk menyelesaikan kuliah saya.
8. Sahabat saya Andar Pandiangan, Sindi Septi Claudia Siregar dan seluruh sahabat dari seperjuangan saya yang bergabung dalam grup “Pejuang Tugas Akhir teknik elektro stambuk 2017” selalu menghibur saya dan banyak membantu saya selama kuliah hingga saat ini.

Penulis menyadari skripsi ini jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan masukan dari pembimbing maupun pembaca untuk menyempurnakan skripsi ini, atas perhatian dan sarannya penulis ucapkan terima kasih.

Medan, 17 Mei 2022

Elius Imanuel M Harefa
1714210350

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN

ABSTRAK.....	i
<i>ABSTRAK.....</i>	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB 2 DASAR TEORI.....	5
2.1 Energi Matahari.....	5
2.2 Pembangkit listrik tenaga surya.....	6

2.2.1	Cara Kerja Pembangkit Listrik Tenaga surya.....	8
2.3	Bagian – Bagian Pembangkit Listrik Tenaga Surya.....	8
2.3.1	Panel surya / Sel surya.....	9
2.3.2	Karakteristik Solar Panel Surya.....	14
2.4	Prinsip kerja panel sel surya.....	15
2.5	Sistem Pendingin Solar Cell.....	16
2.6	Baterai.....	17
2.6.1	Dua jenis baterai berdasarkan penggunaannya.....	18
2.7	Motor DC.....	19
2.7.1	Jenis – Jenis motor DC / Arus searah.....	24
2.8	<i>Negative temperature coefficient (NTC)</i>	25
2.8.1	Prinsip kerja dan karakteristik NTC.....	26
2.9	Temperature Control Thermostat Switch w.....	28
2.10	Relay.....	29
2.10.1	Struktur sederhana relay.....	31
2.11	Pengaruh suhu terhadap panel sel surya.....	32
BAB 3 KONSEP PERANCANGAN.....		34
3.1	Tempat dan waktu pelaksanaan.....	33
3.2	Alat dan bahan.....	33

3.2.1 Alat.....	33
3.2.2 Bahan	33
3.3 Diagram Alir Penelitian.....	34
3.4 Prosedur penelitian.....	35
3.4.1 Metode penelitian.....	35
3.5 Blok Diagram.....	37
3.6 Diagram Rangkaian.....	38
3.6.1 Flowchart Diagram Rangkaian.....	40
BAB 4 HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	42
4.1 Tujuan pengujian.....	42
4.2 Pengujian sensor suhu	42
4.3 Pengujian tegangan output solar panel sell surya.....	43
4.4 Pengukuran Debit air pada sistem pendingin solar sel.....	46
4.5 Pengukuran waktu yang digunakan pada saat sistem penyiraman berlangsung	49
4.6 Pengukuran tegangan output pompa DC.....	51
4.7 Data optimalisasi energi output.....	52
4.7.1 Data hasil optimalisasi energi output yang dihasilkan /waktu	52
4.7.2 Daya yang dihasilkan panel sell surya	53

4.7.3 Energi listrik yang dihasilkan panel surya.....	53
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	47
5.1 Kesimpulan.....	57
5.2 Saran.....	58
DAFTAR PUSTAKA.....	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sederhana.....	7
Gambar 2.3 Lapisan Solar Cel Type n,Lapisan Pembtas P.....	9
Gambar 2.4 Jenis Panel Polycrytalire	11
Gambar 2.5 Jenis Panel Monocrytaline	11
Gambar 2.6 Sel Surya Amorphous Silicon.....	12
Gambar 2.7 Jenis Panel Thin Film	13
Gambar 2.8 Jenis Sel Surya Compound Gas	13
Gambar 2.9 Karakteristik Sel Surya	14
Gambar 2.10 Cara Kerja Panel Surya	16
Gambar 2.11 Konstruksi Baterai Sel Surya	17
Gambar 2.12 Konstruksi Motor DC.....	20
Gambar 2.13 Rangkaian Ekivalen Motor Arus Searah Penguatan Bebas	22
Gambar 2.14 Motor Arus Searah Penguatan Shunt.....	23
Gambar 2.15 Simbol NTC.....	25
Gambar 2.16 Bentuk Fisik Negative Coefficient.....	26
Gambar 2.17 Krakteristik Themistor NTC.....	27

Gambar 2.18	Thermostat Modul W 1209.....	29
Gambar 2.19	Gambar Bentuk Relay dan Simbol Relay	30
Gambar 2.20	Struktur Sederhana Relay	31
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian.....	33
Gambar 3.2	Blog Diagram	38
Gambar 3.3	Gambar Rangkaian	39
Gambar 3.4	Flowchart Diagram Rangkaian.....	40
Gambar 4.1	Pengukuran Keluaran Output Solar Panel Sel Surya	44

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Sel Surya.....	13
Tabel 4.1 Hasil Dari Sensor Suhu.....	42
Tabel 4.2 Perbedaan Suhu	43
Tabel 4.3 Hasil Tegangan Output Solar Panel Sel Surya	43
Tabel 4.4 Hasil Pengukuran Tegangan Output DC	45

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi merupakan kebutuhan pokok bagi manusia sekarang ini khususnya energi listrik. Seiring dengan bertambahnya penduduk Indonesia maka kebutuhan energi listrik semakin meningkat. Selama ini kebutuhan energi masih mengandalkan batubara, gas bumi dan minyak bumi sebagai penyangga utama. Namun ketersediaan dari energi tersebut semakin langka dan harganya sangat mahal. Disamping itu penggunaannya sangat berpengaruh bagi kesehatan lingkungan.

Kebutuhan energi yang terus meningkat pada saat ini pemerintah terus mengembangkan berbagai energi alternatif diantaranya energi tenaga surya, energi gelombang, energi angin, energi pasang surut dan lain-lain. Energi surya merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang perkembangannya cukup pesat didunia termasuk indonesia. Posisi Indonesia sebagai Negara beriklim tropis yang mendapatkan sinar matahari sepanjang tahun merupakan anugrah yang harus dioptimalkan.

Energi surya adalah sumber energi yang ramah lingkungan dan ketersediaanya tidak akan pernah habis. Energi surya salah satu energi alternatif terbaik dan sebagai sumber energi utama di masa depan. Dalam pemanfaatannya energi surya dapat dilakukan dengan panel surya atau *solar cell* yang akan *mengkonversikan* energi surya menjadi energi listrik secara langsung, sehingga dapat diterapkan untuk skala penerangan rumah tangga, penerangan jalan, dan sebagainya.

Panel surya atau *solar cell* adalah sebuah sistem yang dapat digunakan untuk mengubah energi matahari menjadi energi listrik dengan menggunakan prinsip *photovoltaic* kemudian energi listrik yang dihasilkan akan disimpan ke *accu/* baterai. Nilai tegangan keluaran yang dihasilkan oleh panel surya tergantung pada kondisi cuaca yaitu intensitas cahaya matahari. *Photovoltaic (Panel solar cell)* apabila menerima energi matahari terlalu tinggi akan dapat mengurangi optimalisasi dalam kerja panel surya.

Tingkat energi surya terlalu tinggi maka dapat menyebabkan baterai cepat akan rusak dan panel solar cell akan cepat mengalami kerusakan. Sehingga membutuhkan sebuah sistem pendingin agar panas matahari tidak merusak panel dan baterai. Kerusakan akibat *overcharging* ditimbulkan oleh kinerja dari *regulator* yang kurang baik yang menyebabkan tegangan pengisian melampaui batas. Untuk mengoptimalkan energi panel surya dibutuhkan sistem pendingin panel solar cell agar dapat tegangan keluaran bekerja dengan baik, maka diperlukan sistem pendingin yang baik.

Energi listrik yang dihasilkan oleh teknologi *photovoltaic* sangat tergantung pada intensitas matahari dan bergantung dalam cara kerja panel surya. Maka perlu dilakukan suatu penelitian supaya dalam mengoptimalkan kerja solar cell dan menjaga panel surya tidak mengalami kerusakan akibat tingginya intensitas tenaga matahari, tegangan yang dihasilkan pun tetap stabil walaupun intensitas matahari berubah-ubah setiap saat. Berdasarkan permasalahan diatas maka penulis mengambil judul ” RANCANG BANGUN SISTEM PENDINGIN PERMUKAAN PANEL SURYA SECARA OTOMATIS UNTUK OPTIMALISASI ENERGI OUTPUT “

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas maka dapat dirumuskan suatu permasalahan yaitu:

- 1) Bagaimana merancang sistem kerja pendingin Panel surya.
- 2) Bagaimana cara mendeteksi suhu panel surya

1.3 Batasan Masalah

Pembatasan masalah dimaksudkan untuk membuat ruang lingkup permasalahan tidak terlalu luas dan lebih jelas penerangannya. Sehingga penelitian ini lebih terarah dan tidak menyimpang dari pokok permasalahan agar tujuan yang dikehendaki dapat tercapai. Dari berbagai macam permasalahan yang ada kaitannya dengan tersebut, penulis membatasinya pada:

- 1) Sumber energi yang digunakan adalah *solar cell* berkapasitas 50 WP.
- 2) Menggunakan pompa air *DC* Sebagai alat Pendingin dan pembersih panel *solar cell*.
- 3) Menggunakan *lux meter* / cahaya meter
- 4) Sensor suhu *NTC* dan *thermometer digital*

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Merancang sistem kerja pendinging pada panel *solar cell* menggunakan sensor *NTC* dan mengetahui sistem kinerja pendingin panel *solar cell*.
- 2) Memahami efisiensi dari penggunaan penyiraman otomatis panel *solar cell*.
- 3) Mengetahui perbandingan sensor *NTC* dan *thermometer digital*

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Menambah ilmu dan pengetahuan bagi peneliti tentang pembangkit energi terbarukan (*EBT*) khususnya pembangkit listrik tenaga surya.
- 2) Bahan informasi dan pembelajaran tentang sistem kelebihan dan kekurangan pengguna pembangkit listrik tenaga surya yang saat ini sedang digalakkan.

BAB 2

DASAR TEORI

2.1. Energi Matahari

Energi Matahari diperoleh dari cahaya panas yang merupakan komponen dari cahaya Matahari, Energi ini dapat menghasilkan Listrik dengan menggunakan panel solar cell, Secara global, matahari menyediakan 10.000 kali energi bumi yang dapat di manfaatkan siapapun secara gratis dan merupakan salah satu sumber energi alternatif yang potensial untuk dikelola dan di kembangkan lebih lanjut, terutama bagi Negara-negara tropis seperti Indonesia. Energi panas matahari bisa dimanfaatkan dengan menggunakan serangkaian teknologi yang sudah di temukan oleh beberapa peneliti di dunia, seperti pemanas surya, *fotovoltaik* surya, listrik panas surya, *arsitektursurya*, dan *fotosintensis* buatan. Energi surya salah satu sumber pembangkit listrik selain air, uap, angin, biogas, batubara, dan minyak bumi.

Teknik Pemanfaatan energi surya mulai muncul pada tahun 1819, ditemukan oleh *A.C becquerel*. Dalam penggunaan *kristal silikon* yaitu untuk *mengkonservasikan* radiasi Matahari, namun sampai tahun 1955 metode ini belum banyak berkembang selama kurun waktu lama lebih dari satu abad itu, sumber energi yang banyak digunakan adalah minyak bumi dan batubara upaya pengembangan kembali dilakukan agar sumber energi alam tidak habis dikarenakan tingginya kebutuhan energi untuk saat ini, salah satu pemanfaatan energi surya baru muncul lagi pada tahun 1958, dengan menggunakan *sel silikon* untuk mengubah energi surya menjadi sumber daya, salah satu untuk mencukupi (pasokan) energi listrik.

2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

PLTS (pembangkit listrik tenaga surya) adalah pembangkit listrik yang menggunakan cahaya matahari dengan mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik. Energi listrik yang dihasilkan oleh PLTS dapat langsung digunakan untuk mencatu beban, atau disimpan terlebih dahulu dalam sebuah baterai. PLTS ini menghasilkan tegangan arus searah (*directcurrent /DC*) yang dapat diubah menjadi tegangan arus bolak balik (*alternatingcurrent /Ac*). Oleh karena itu meskipun cuaca mendung selama terdapat cahaya, maka PLTS tetap dapat menghasilkan listrik (satria, 2016).

Pembangkit listrik tenaga surya atau sering disebut solar *cell* yaitu, peralatan pembangkit listrik yang mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik. Cahaya matahari merupakan salah satu bentuk energi dari sumber daya alam. Sumber daya alam matahari ini sudah banyak digunakan untuk menghasilkan energi dalam jumlah yang tidak terbatas dari matahari, tanpa ada bagian yang berputar dan tidak memerlukan bahan bakar. Sehingga sistem sel surya sering dikatakan bersih dan ramah lingkungan (Suyanto, 2017)



Gambar 2.2 Pembangkit listrik tenaga surya sederhana

Sumber: (J Mangapul 2016)

Pada proses pembangkit energi listrik dapat dilakukan dengan dua cara yaitu, secara langsung (*fotovoltaic*) mengubah secara langsung energi cahaya matahari menjadi energi listrik menggunakan efek *fotoelektrik*. Dan secara tidak langsung (pemusatan energi surya) menggunakan sistem lensa dengan sistem pelacak untuk memfokuskan energi matahari kesatu titik sehingga dapat menggerakkan mesin kalor. *Sel fotovoltaik* adalah pembangkit listrik yang menggunakan perbedaan tegangan akibat *fotoelektrik* untuk menghasilkan listrik. Solar panel terdiri dari 3 lapisan, lapisan panel P di bagian atas, lapisan pembatas ditengah, dan lapisan panel N dibagian bawah. Efek *fotoelektrik* adalah dimana sinar matahari menyebabkan elektron di lapisan panel P terlepas ,sehingga hal ini menyebabkan proton mengalir ke lapisan panel N di bagian bawah dan perpindahan arus proton ini adalah arus listrik.

2.2.1 Cara Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya

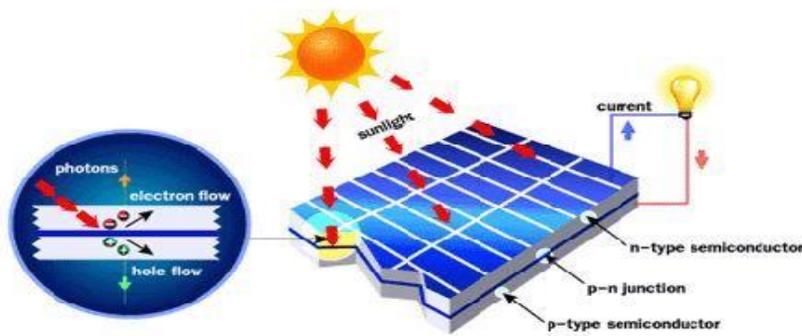
Pembangkit listrik tenaga surya konsepnya sederhana yaitu mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik. Cahaya matahari merupakan salah satu bentuk energi dari sumber daya alam. Sumber daya alam matahari ini sudah banyak digunakan untuk memasok energi listrik disatelit komunikasi melalui sel surya. Sel surya ini dapat menghasilkan energi listrik dalam jumlah yang tidak terbatas langsung diambil melalui Matahari, tanpa adanya bagian berputar dan tidak memerlukan bahan bakar. Sehingga sistem sel surya sering dikatakan bersih dan ramah lingkungan. Bandingkan dengan sebuah *generator* listrik ada bagian yang berputar dan memerlukan bahan bakar untuk dapat menghasilkan listrik. Ada bagian yang berputar dan memerlukan bahan bakar untuk dapat menghasilkan listrik. Suaranya bising, selain itu gas yang dihasilkan dapat menimbulkan efek gas rumah kaca (*green house gas*) yang pengaruhnya dapat merusak ekosistem planet bumi kita (Asyari,2019)

2.3 Bagian – Bagian Pembangkit Listrik Tenaga Surya

PLTS pada umumnya mempunyai dua bagian yang penting yaitu, bagian utama dan bagian bantu, bagian tersebut memiliki fungsi yang berbeda-beda. Rangkaian PLTS merupakan rangkaian kesatuan dan saling berhubungan yang tidak dapat dipisahkan pada dasarnya, seluruhnya bagian (komponen) tersebut memiliki masa penggunaan yang baik.

2.3.1 Panel surya / Sel surya

Sel surya merupakan bahan semi *konduktor* yang dapat melepas elektron apabila ada rangsangan dari sinar matahari yang kemudian membentuk arus listrik. Bahan semi *konduktor* yang sering digunakan oleh sel *photovoltaic* adalah *silicon*, di dalam *silicon* terdapat dua lapisan yaitu lapisan bermuatan positif dan bermuatan negatif, yang kemudian ada gerbang diantara dua lapisan tersebut, dimana gerbang itu akan terbuka apabila ada rangsangan dari cahaya matahari, sehingga membentuk suatu aliran elektron atau arus searah (DC). Besar gerbang berbanding lurus dengan banyaknya intensitas cahaya matahari yang masuk (Rifai dan ikawanty,2016)



Gambar 2.3 lapisan panel solar cell type n, lapisan pembatas type p,

Sumber: Satria,2016

Diketahui bahwa cahaya baik yang tampak dan maupun yang tidak tampak memiliki dua buah sifat yaitu dapat sebagai gelombang dan dapat sebagai partikel yang disebut dengan photon.

Sel surya bekerja dalam tiga langkah :

- a. Photon dalam sinar matahari memukul sel surya dan diserap oleh bahan semikonduktor, seperti silikon.
- b. Elektron (bermuatan negatif) yang mengetuk lepas dari atom – atom mereka yang menyebabkan perbedaan potensial listrik. Mulai saat mengalir melalui materi untuk membatalkan potensi dan listrik ini ditangkap. Karena komposisi khusus dari *sel surya*, *elektron* hanya diperbolehkan bergerak dalam satu arah.
- c. Sebuah *array sel surya* mengubah energi matahari menjadi listrik yang dapat digunakan langsung saat listrik (*DC*)

Pada umumnya panel surya terbuat dari bahan *crystalline silicon* dan dibagi menjadi tiga jenis yaitu, *Monocrystalline*, *polycrystalline* dan *amorphous silicon*.

- a. Jenis panel *polycrystalline* adalah jenis panel surya yang mempunyai susunan kristal acak, modul solar cell *polycrystalline* dengan efisiensi terbaik, dalam desain dan tekstur frame lebih kokoh dan kuat dan jumlah sel surya didalam jenis tipe *polycrystalline* lebih banyak dibandingkan dengan jenis sel surya lainnya. Tipe *polycrystalline* memerlukan luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan jenis *Monocrystalline*.



Gambar 2.4 Jenis panel *polycrystalline*

Sumber: Satria (2016).

- b. Jenis *monocrystalline* memiliki struktur yang teratur dan dibentuk menjadi batangan dan diris, biasanya memiliki warna biru atau hitam. Karena sel terbuat dari kristal tunggal elektron yang dihasilkan pun lebih banyak untuk mengalir. Panel surya jenis ini adalah panel surya yang paling efisien, menghasilkan daya listrik persatuan luas yang paling tinggi.



Gambar 2.5 jenis panel *monocrystalline*

Sumber: Satria,2016

- c. Jenis *Amorphous Silicon* ini memiliki bahan *Amorphous Silicon*, jenis sel ini juga tingkat efisiensinya paling rendah dan harganya yang paling murah, sel jenis ini banyak diterapkan pada kalkulator dan jam tangan, seiring dengan perkembangan teknologi pembuatannya penerapannya menjadi semakin luas dengan teknik disebut *stacking* (susun lapis) dimana beberapa lapis *Amorphous Silicon* ditumpuk membuat sel surya, akan memberikan efisiensi yang lebih baik.



Gambar 2.6 Sel surya *Amorphous Silicon*

Sumber : Satria, 2016

- d. Jenis panel *Thinfilm* ini merupakan jenis panel ini memiliki dua lapisan dengan struktur lapisan tipis *mikrokristal –silicon* dan *amorphous* dengan efisiensi modul hingga 8,5% sehingga untuk luas permukaanya yang diperlukan per watt daya yang dihasilkan lebih besar daripada *monokristal* dan *polykristal*. Ini karena sel – sel di dalam panel *Thin film* kira – kira 350 kali lebih tipis dari pada wafer kristal yang digunakan dalam panel.



Gambar 2.7 Jenis Panel *Thin Film*

Sumber :Yudi Kristian Tiun (2019)

- e. Jenis panel *coumpound gaas* (*Galium Arsenide*) yang lebih efisien pada *temperature* tinggi.



Gambar 2.8 Jenis sel surya *coumpound gaas*

Sumber: satria,2016

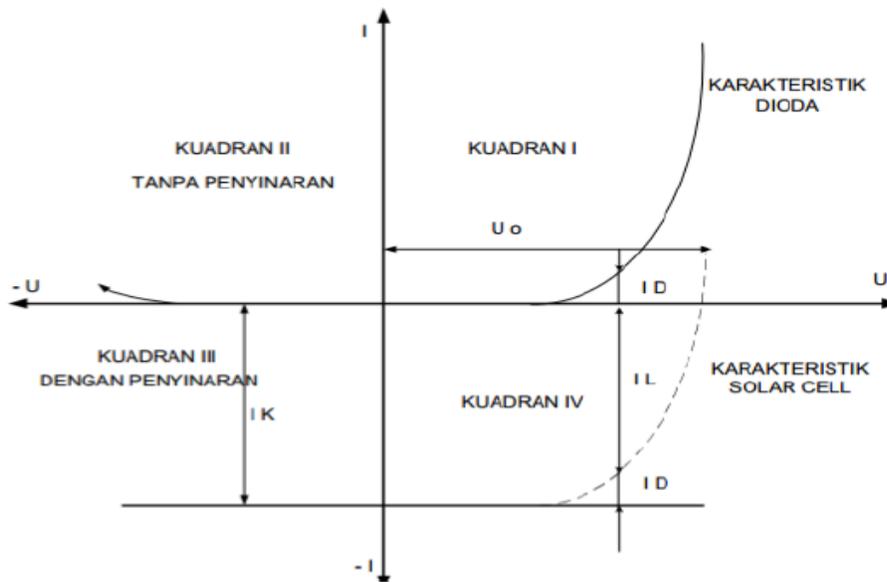
Tabel 2.1 Perbandingan sel surya

Jenis Sel Surya	Efisiensi Perubahan Daya	Daya Tahan	Biaya	Keterangan
<i>Polycrystalline</i>	Baik	Sangat Baik	Sangat Baik	Sehari-hari
<i>Monocrystalline</i>	Sangat Baik	Sangat	Baik	Sehari-hari

		Baik		
<i>Amorphous silicon</i>	Cukup Baik	Cukup Baik	Baik	Sehari-hari & Perangkat komersial (kalkulator)
<i>Coumpound (GaAs)</i>	Sangat Baik	Sangat Baik	Cukup Baik	Pemakaian diluar angkasa

Sumber: Satria, 2016

2.3.2 Karakteristik solar panel surya



Gambar 2.9 Karakteristik sel surya dan dioda

Sumber, satria, 2016

Keterangan :

UO : Tegangan Beban Nol

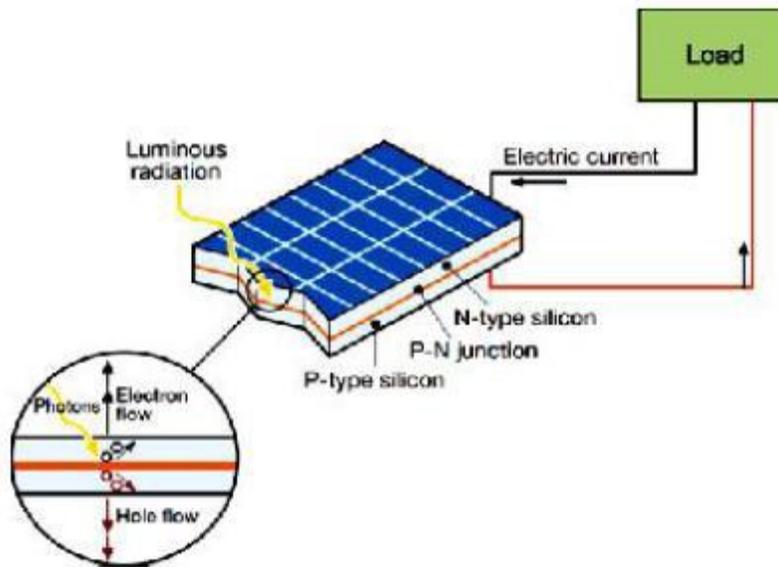
IK : Arus hubungan singkat

ID : Arus dioda

IL : Arus solar cell (*rated current*)

2.4 Prinsip kerja panel sel surya

Sel surya yang disusun dengan cara menggabungkan silikon jenis p dan jenis n. Silikon jenis p adalah silikon yang bersifat positif akibat dari kekurangan *elektron*, sedangkan silikon jenis n adalah silikon silikon yang berifat negatif akibat dari kelebihan elektron. Ketika menerima (dikenai) radiasi surya (berupa foton) pada keduanya (silikon jenis p dan n) terbentuk positif (*hole*) dan negatif (*elektron*). Hal ini menyebabkan terciptanya *polarisasi* dimana *hole* bergerak menuju silikon jenis n. Dengan menyambungkan kedua jenis silikon (jenis p dan jenis n) melalui suatu penghantar luar maka terjadi beda potensial diantara keduanya mengalirkan arus searah . Hal ini dapat dilihat dari pada gambar 2.6 di bawah ini.



Gambar 2.10 Cara kerja panel sel surya

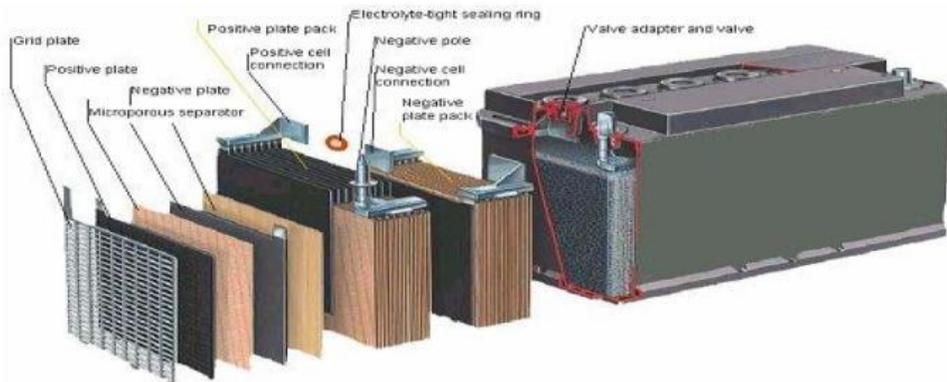
Sumber : Ardath kristi (2020)

2.5 Sistem pendingin solar cell

Sistem pendingin *solar cell* adalah suatu sistem yang bekerja menjaga atau menurunkan suhu pada kondisi *ideal* dengan cara memindahkan panas dari suatu bidang ke air atau udara. Perpindahan panas dasarnya merupakan perpindahan energi dari suatu tempat ke tempat lain dan ada perbedaan suhu diantara dua bagian benda. Panas akan pindah dari suhu tinggi ke suhu rendah. Ada berbagai bentuk sistem pendingin mulai dari hembusan udara, media perpindahan (*heatsink*), aliran air, dan pendingin dengan gabungan dari semua sistem tersebut. (Maruto swatara loegimin, bamabang sumtari dkk. 2020)

2.6 Baterai

Baterai merupakan obyek kimia penyimpan arus listrik dalam sistem *solar cell*, di dalam baterai terjadinya Proses elektro kimia *reversible* (dapat berkebalikan) elektrokimia *reversible* adalah di dalam baterai dapat berlangsung proses perubahan kimia menjadi listrik (proses pengosongan) dan sebaliknya dari tenaga listrik menjadi tenaga kimia (proses pengisian) dengan cara meregenerai dari *elektroda-elektroda* yang dipakai yaitu, dengan melewati arus listrik dalam arah polaritas yang berlawanan di dalam sel. Baterai terdiri dari dua jenis yaitu, baterai primer dan baterai *sekunder*. Setiap baterai terdiri dari terminal positif (*katoda*) dan terminal negatif (*anoda*), serta *elektroit* yang berfungsi sebagai penghantar. Output arus listrik dari baterai adalah arus searah atau DC (*direct current*)



Gambar 2.11 Konstruksi baterai sel surya

Sumber: satria 2016

2.6.1 Dua jenis baterai berdasarkan penggunaannya

a. *Baterai primer* (baterai sekali pakai / *Single Use*)

Baterai primer atau baterai sekali pakai ini merupakan baterai yang paling sering ditemukan di pasaran, hampir semua toko dan supermarket *elektronik* menjualnya. Penggunaannya yang luas dengan harga yang lebih terjangkau. Baterai jenis ini pada umumnya memberikan tegangan 1,5 volt dan terdiri dari berbagai jenis ukuran AAA (sangat kecil), AA (kecil), dan c (medium) dan D (besar). Disamping itu, terdapat juga baterai primer (sekali pakai) yang berbentuk kotak dengan tegangan 6 volt atau pun 9 volt. Jenis jenis baterai yang tergolong dalam kategori baterai primer (sekali pakai / *Single use*) diantaranya yaitu, baterai Zinc-Carbon (seng-karbon), Baterai *Lithium* dan Baterai *silver oxide* (asy'ari,2019).

b. *Baterai Sekunder* (Baterai isi ulang / *Rechargeable*)

Baterai jenis ini adalah jenis baterai yang dapat diisi ulang atau *Rechargeable battery*. Pada prinsipnya, cara baterai sekunder menghasilkan arus listrik adalah sama dengan baterai primer. Hanya saja reaksi kimia baterai sekunder ini dapat berbalik (*Reversible*) Pada saat baterai digunakan dengan menghubungkan beban pada terminal baterai (*Discharge*). *Elektron* akan mengalir dari negatif ke positif. Sedangkan pada saat sumber energi luar (*Charger*) dihubungkan ke baterai sekunder, elektron akan mengalir dari positif ke negatif sehingga terjadi pengisian muatan pada baterai. Jenis-jenis baterai yang dapat di isi ulang (*Rechargeable battery*) yang sering kita temukan antara lain

seperti: Baterai *Ni-cd* (*Nickel-cadmium*). *Ni- Mh* (*Nickel – Metal Hybride*) dan *Li-ion* (*Lithium-Ion*). Jenis-jenis baterai yang tergolong dalam kategori baterai sekunder (Baterai isi ulang) diantaranya yaitu, Baterai *Rechargeable alkaline*. Baterai *NI-CD* (Nickel-Cadmium), Baterai *Ni-MH* (*Nickel – Metal Hydride*), Baterai *Li –Ion* (*Lithum-ion*) dan Baterai *Lead Acid*(Asyri,ari,2019)

2.7 Motor DC

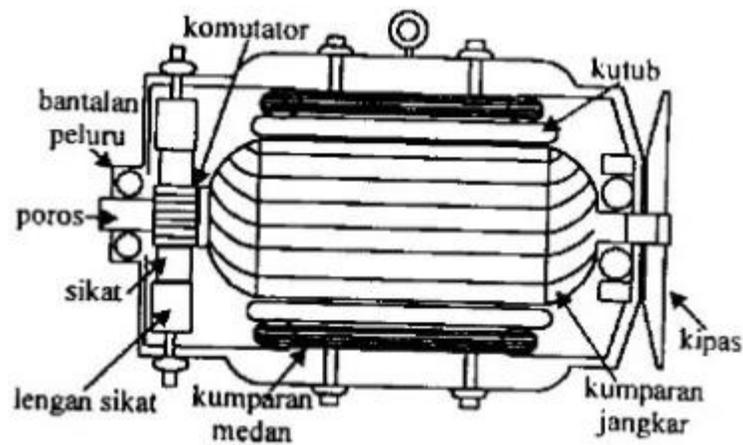
Motor DC merupakan sebuah perangkat *elektromagnetis* yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini digunakan untuk misalnya, memutar *impeller* pompa, *fan*, atau *blower*, menggerakkan kompresor mengangkat bahan dll. Keuntungan utama motor Dc adalah sebagai pengendali kecepatan,yang tidak mempengaruhi kualitas pasokan daya . Motor ini dapat dikendalikan dengan mengatur:

- a. Tegangan *dinamo* ,meningkatkan tegangan *dinamo* akan meningkatkan kecepatan.
- b. Arus medan, menurunkan arus medan akan meningkatkan kecepatan.

Mekanisme Kerja Motor DC mekanisme kerja untuk seluruh jenis motor secara umum sama :

- a. Arus listrik dalam magnet akan memberikan gaya.
- b. Jika kawat yang membawa arus di bengkokkan menjadi sebuah lingkaran *loop*, maka kedua sisi *loop*,yaitu sudut kanan medan magnet akan mendapatkan gaya pada arah yang berlawanan.

- c. Pasangan gaya menghasilkan tenaga putar / *torque* untuk memutar kumparan .
- d. Motor –motor memiliki beberapa *loop* pada dinamanya untuk memberikan tenaga putaran yang lebih seragam dan medan mangnetnya dihasilkan oleh susunan elektromagnetik yang disebut kumparan medan.



Gambar 2.12 Konstruksi Motor DC

Sumber : Rosalina,ibnu (2017)

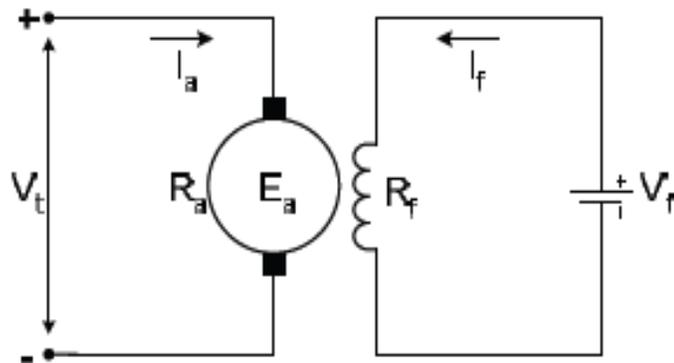
Konstruksi motor arus searah terdiri dari beberapa komponen :

1. Badan motor yaitu tempat meletakkan sebagian besar komponen mesin dan melindungi bagian mesin.
2. Kutub Fungsinya untuk menahan kumparan medan di tempatnya, kemudian menghasilkan distribusi *fluks magnet* yang lebih merata diseluruh jangkar dengan menggunakan permukaan yang melengkung inti kutub dari lamisani plat-plat baja yang terisolasi satu sama yang lain, setiap *kutub dilaminasi* dan dibalut ke inti kutub.

3. Inti jangkar yang terbuat dari bahan *ferromagnetik* dengan maksud agar komponen-komponen (*lilitan jangkar*) terletak dalam daerah yang induksi magnetnya besar, supaya *ggl induksi* dapat bertambah besar.
4. Kumputan yang merupakan tempat dibangkitkannya *ggl induksi*.
5. Kumputan medan adalah susunan *konduktor* yang dibelitkan pada inti kutub. Rangkaian medan yang berfungsi untuk menghasilkan *fluksi* utama dibentuk dari kumputan pada setiap kutub.
6. Komutator terdiri dari sejumlah segmen tembaga yang terbentuk lempengan-lempengan yang dirakit ke dalam *slinder* yang terpasang pada poros. Dimana tiap-tiap lempengan atau *segmen-segmen komutator terisolasi* dengan baik antara satu sama lainnya.
7. Sikat-sikat ini berfungsi sebagai jembatan bagi aliran arus ke kumputan jangka. Dimana permukaan sikat ditekan ke permukaan *segmen komutator* untuk menyalurkan arus listrik.

Fungsi dari celah udara adalah sebagai tempat mengalirnya *fluksi* yang dihasilkan oleh *kutub - kutub* medan. (Rosalina, ibnu, 2017)

- a. Motor arus serah muatan terpisah :



Gambar 2.13 Rangkaian ekivalen motor arus searah penguatan bebas

Sumber : Rosalina,ibnu (2017)

Persamaan umum motor arus searah penguatan terpisah.

$$V_t = E_a + I_a.R_a$$

$$V_f = I_f + R_f$$

Dimana:

V_t = teg. Terminal jangkar motor arus searah (v)

I_a = arus jangkar (amp)

R_a = tahanan jangkar (ohm)

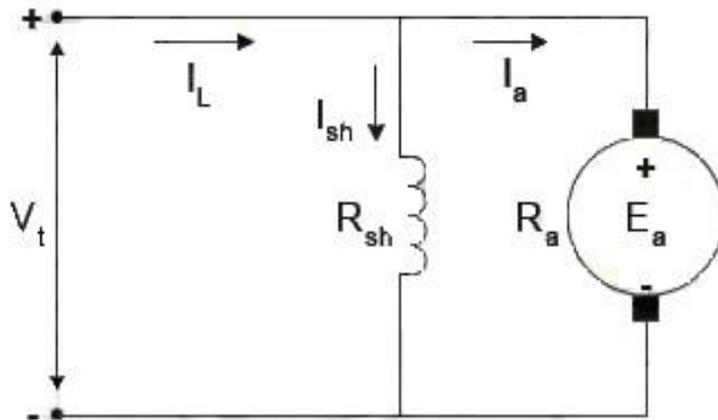
E_a = gaya gerak listrik motor arus searah (volt)

V_f = teg. Terminal medan penguatan bebas (volt)

I_f = arus medan penguatan bebas (amp)

R_f = tahanan medan penguatan bebas (ohm)

b. Motor arus searah penguatan sendiri *shunt*.



Gambar 2.14 Motor arus searah penguatan shunt.

Sumber : Rosalina,ibnu (2017)

$$V_t = E_a + I_a.R_a$$

$$V_{sh} = V_t = I_{sh} . R_{sh}$$

$$I_L = I_a + I_{sh}$$

Dimana :

I_{sh} = arus kumparan medan shunt (ohm)

V_{sh} = teg. Terminal medan motor arus searah (v)

R_{sh} = tahanan medan shunt (ohm)

I_L = arus beban (ampere)

Dalam memahami sebuah motor listrik, penting untuk mengerti apa yang dimaksud dengan beban motor. Beban mengacu pada keluaran tenaga putar/torsi sesuai dengan kecepatan yang diperlukan. Beban umumnya dapat dikategorikan kedalam tiga kelompok :

- a. Beban torsi konstan adalah beban dimana permintaan keluaran energinya bervariasi dengan kecepatan operasinya ,namun torsinya tidak bervariasi. Contoh beban dengan torsinya konstan adalah *conveyors,rotary klins*, dan pompa *displacement konstan*.
- b. Beban dengan *torsi variabel*, adalah beban dengan *torsi yang bervariasi* dengan kecepatan operasi Contoh: beban dengan *torsi variabel* adalah pompa *sentrifugal* dan *fan* (torsi bervariasi sebagai kwadrat kecepatan).
- c. Beban dengan energi konstan, adalah beban dengan permintaan torsi yang berubah dan berbanding terbalik dengan kecepatan Contoh untuk beban dengan daya konstan adalah peralatan-peralatan mesin.

2.7.1 Jenis – Jenis motor DC / Arus searah

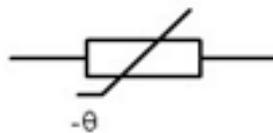
- a. Motor DC sumber daya terpisah / *Separately excited*, Jika arus medan dipasokan dari sumber terpisah maka disebut motor DC sumber daya terpisah / *Separately excited*.
- b. Motor *DC* sumber daya sendiri *Self excited: motor shunt*. pada *motor shunt*. Pada *motor shunt*, gulungan medan (*medan shunt*) disambungkan secara paralel dengan gulungan dinamo. Oleh karena itu total arus dalam jalur merupakan penjumlahan arus medan dan arus dinamo.
- c. Motor *DC* daya sendiri: motor seri, dalam motor seri gulungan medan (*medan shunt*) dihubungkan secara seri dengan gulungan dinamo.

- d. Motor komponen DC merupakan gabungan motor seri dan shunt .pada motor komponen, gulungan medan (medan *shunt*) dihubungkan secara paralel dan seri dengan gulungan dinamo.

2.8 *Negative Temperature Coefficient (NTC)*

Negative temperature coefficient (NTC) adalah salah satu jenis sensor suhu golongan termistor. *Negative temperature coefficient (NTC)* merupakan resistor yang mempunyai *koefisien temperature* dan umumnya nilai tahanannya turun terhadap temperatur secara *exponensial* atau tahanannya menurun ketika suhu meningkat. Selain itu sensor golongan *termistor* ini memiliki stabilitas jangka panjang yang sangat baik. NTC merupakan salah satu jenis sensor suhu yang paling akurat dalam pengukurannya. *Themistor* jenis ini dibuat dari oksida dari kelompok elemen transisi besi (misalnya *FE2O3, NiO CoO* dan bahan *NTC* yang lain) .

Simbol NTC



Gambar 2.15 Simbol NTC
Sumber : dunia elektro (2017)

NTC adalah resistor yang dapat berubah nilai resistensinya apabila terdapat perubahan suhu disekeliling resistor tersebut. NTC layaknya seperti resistor biasa terdiri dari berbagai macam bentuk sesuai dengan besarnya nilai tahanan berdasarkan batasan suhu yang dapat dideteksinya, fungsi dan produk pabrikan.



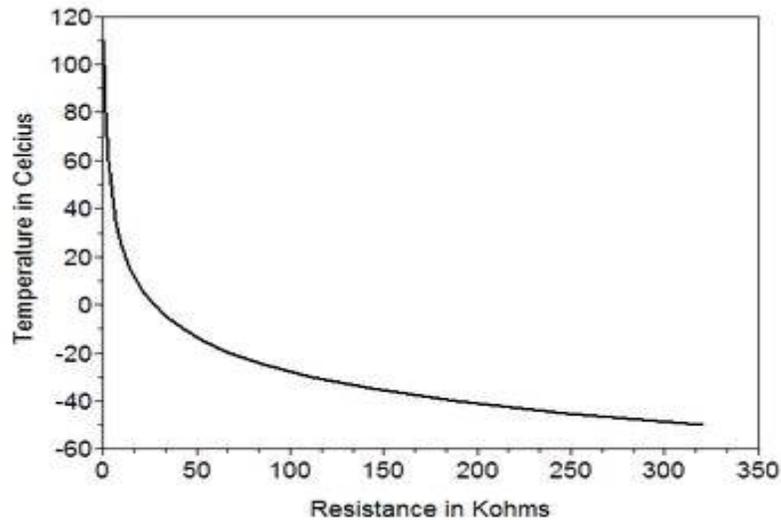
Gambar 2.16 bentuk fisik *Negative temperature coefficient (NTC)*

Sumber : Jhobsheet (2016)

NTC umumnya terbuat dari keramik atau polimer. Bahan yang berbeda yang digunakan pada *NTC* mengakibatkan respon suhu yang berbeda pula. Sebagian besar *NTC* biasanya cocok digunakan dalam kisaran suhu antara -55°C dan 200°C , namun ada juga *NTC* yang dapat digunakan pada suhu mendekati nol mutlak ($-273,15^{\circ}\text{C}$). Sensitivitas suhu sensor *NTC* dinyatakan sebagai perubahan presentase per $^{\circ}\text{C}$ tergantung pada bahan yang digunakan dan spesifikasi dari proses produksi, nilai-nilai khas sensitivitas temperatur berkisaran dari -3% sampai -6% per $^{\circ}\text{C}$. (Jhobsheet, 2016)

2.8.1 Prinsip kerja dan karakteristik NTC

Thermistor NTC dibuat dari bahan semi konduktor sehingga prinsip kerja *NTC* yaitu ketika suhu meningkat, maka resistensi *thermistor NTC* akan menurun. Hal ini karena *thermistor* terbuat dari bahan semi konduktor yang mempunyai sifat menghantarkan elektron ketika suhu naik.



Gambar 2.17 karakteristik *thermistor NTC*

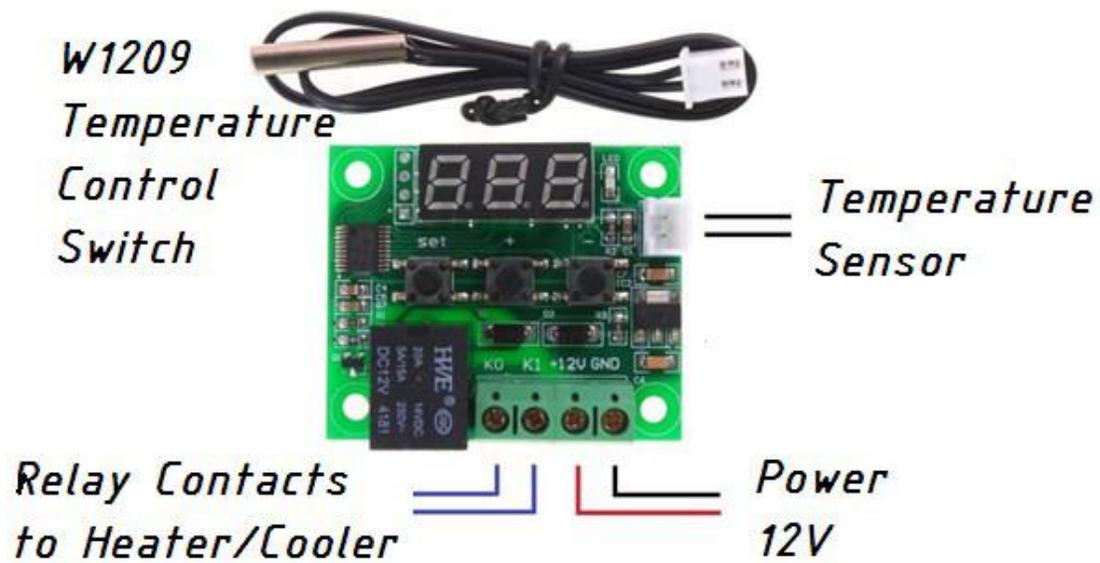
Sumber : Zelin fitri (2017)

Prinsip kerja *NTC* yaitu ketika suhu meningkat ,maka *resistensi thermistor NTC* akan menurun, Hal ini disebabkan karena *Thermistor* terbuat dari bahan *semikonduktor* yang mempunyai sifat menghantarkan *elektron* ketika suhu naik. Memiliki sensitivitas yang lebih besar,*stabilitas* dan akurasi dari termokopel pada suhu lebih rendah. Fungsi *NTC* yaitu :

- a. Untuk mengukur suhu.
- b. Untuk mengukur temperatur kontrol.
- c. Untuk mengukur komensasi suhu.
- d. Untuk mendeteksi ada atau tidak adanya cairan.
- e. Sebagai perangkat yang membatasi aus dalam rangkaian listrik.

2.9 *Temperature control thermostat switch W 1209*

Thermostat adalah komponen yang dapat mendeteksi suhu dari suatu sistem dapat dipertahankan mendekati *set point* yang diinginkan. *Thermostat* mempertahankan suhu mendekati *set point* dengan cara mendinginkan atau memanaskan suatu sistem tersebut dengan cara mematikan dan menghidupkan elemen pada sistem tersebut sehingga suhu dapat mencapai *set point* yang telah ditentukan. *Thermostat* dapat mengontrol pemanas atau pendingin, *thermostat* memiliki suatu komponen sensor yang digunakan untuk pengukuran suhu, sehingga hasil dari pengukuran sensor dapat digunakan untuk mengendalikan pemanasan atau pendingin suatu sistem tersebut. Pada kali ini digunakan *Temperature control thermostat switch W 1209*, menggunakan *NTC* temperatur sensor sebagai pengukur suhu pada modul tersebut.



Gambar 2.18 Thermostat Modul W1209
 Sumber : Reski septiana (2020)

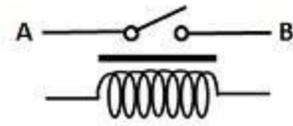
2.10 Relay

Relay adalah saklar (switch) yang dioperasikan secara listrik dan *elektromechanical (coil)* dan mekanikal (seperangkat kontak saklar/ switch). Relay menggunakan prinsip *elektromagnetik* untuk menggerakkan kontak saklar sehingga dengan arus listrik yang kecil (low power) dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi.

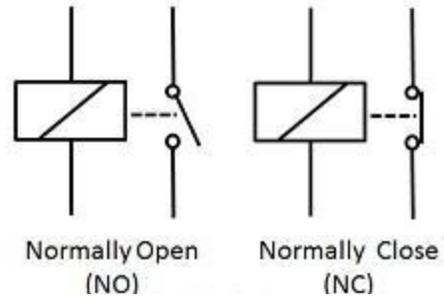
Gambar bentuk Relay



Simbol Relay



atau



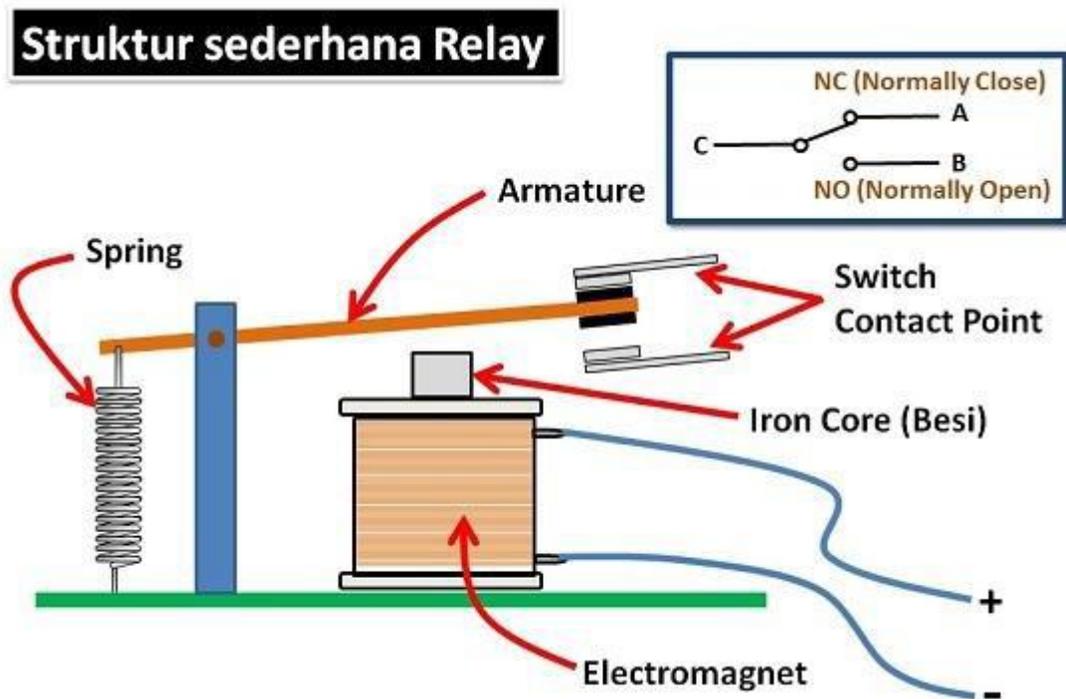
Gambar 2.19 Gambar bentuk relay dan simbol relay

Sumber : Muhamad saleh 2017

Komponen relay terdiri dari :

1. Elektromagnet (coil)
2. Armature
3. Switch contact point (saklar)
4. Spring

2.11.1 Struktur sederhana relay



Gambar 2.20 Struktur sederhana relay

Sumber : muhamad saleh (2007)

- Normally close (NC)* yaitu kondisi awal sebelum diaktifkan akan selalu berada posisi *Close* (tertutup).
- Normally Open (No)* yaitu kondisi awal sebelum diaktifkan akan selalu berada di posisi *open* (terbuka).

Karena relay merupakan salah satu jenis dan saklar, maka istilah *poledan throw* yang dipakai dalam saklar juga berlaku pada *relay*. Berikut ini adalah penjelasan singkat mengenai istilah *pole dan throw*.

- Pole : Banyaknya kontak (*Contact*) yang dimiliki oleh sebuah relay.
- Throw : Banyaknya kondisi yang dimiliki oleh sebuah kontak (*Contact*).

Berdasarkan penggolongan jumlah pole dan throw-nya sebuah relay, maka relay dapat digolongkan menjadi :

- *Single pole single throw (SPST)* : Relay golongan ini memiliki 4 terminal, 2 terminal untuk saklar 2 terminal lagi untuk coil.
- *Double pole single Throw (DPST)* : Relay golongan ini memiliki 6 terminal, diantaranya 4 terminal yang terdiri dari 2 pasang. Terminal saklar sedangkan 2 terminal lainnya untuk coil. Relay DPST dapat disajikan 2 saklar yang dikendalikan oleh 1 coil.
- *Double pole double throw (DPDT)* : Relay golongan ini memiliki terminal sebanyak 8 terminal, diantaranya 6 terminal yang merupakan 2 pasang relay SPDT yang dikendalikan oleh 1 (single) coil.

2.11 Pengaruh suhu terhadap panel sel surya

Dampak suhu matahari terhadap panel sel surya sangat berpengaruh dalam sistem kerja panel sel surya, dikarenakan semakin besar suhu panel surya akan berdampak pada daya (tegangan) yang dihasilkan oleh panel sel surya. Panel sel surya akan bekerja secara optimal pada suhu 25 °C (iqtimeal, zian, dkk 2018) panel surya akan semakin optimal ketika berhadapan langsung dengan matahari, dalam artian posisi permukaan panel sel surya berhadapan langsung 2/6 iradian yang tegak lurus menghadap matahari.

BAB 3

KONSEP PERANCANGAN

3.1 Tempat dan waktu pelaksanaan

Tempat pelaksanaan penelitian ini bertempat ,di JL. Bunga herba raya no.16, Kec, Medan selayang, Kel, Sempakata, Kota Medan, Sumatera Utara (INDONESIA). Waktu pelaksanaan penelitian ini dimulai pada tanggal 28 Februari – 10 November 2021.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Peralatan yang digunakan dalam peniitian ini adalah :

- a) Multimeter,
- b) Clamn meter,
- c) Obeng (+)dan (-),
- d) Tang kombinasi,
- e) Tang Potong.

3.2.2 Bahan

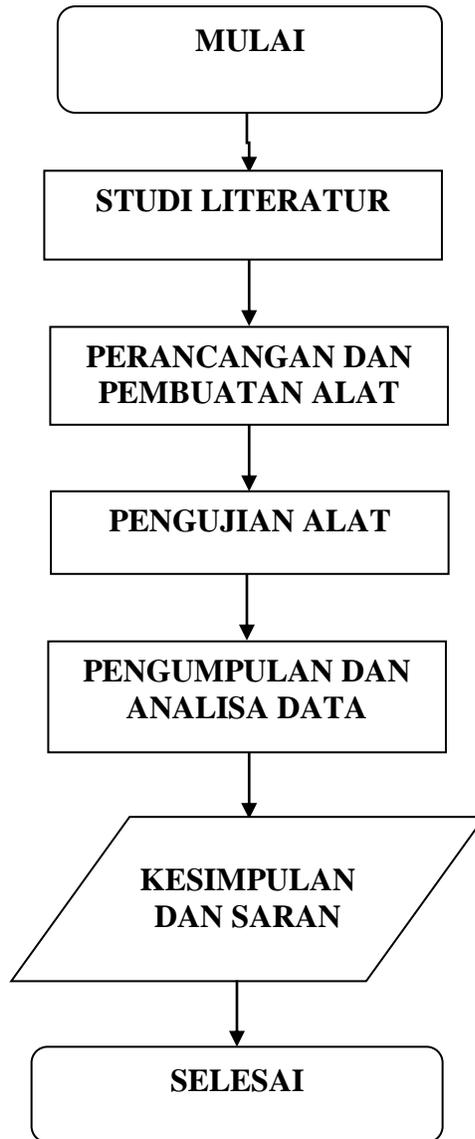
Bahan – bahan yang perlukan antara lain :

- a) Solar panel 50 wp
- b) Baterai 12 Volt/7Ah
- c) Sensor NTC
- d) Thermostat w 1209

- e) Relay
- f) Pompa DC
- g) Selang
- h) Nozzle Kabel
- i) Box panel

3.3 Diagram Alir Penelitian

Gambaran umum langkah – langkah diagram alir dalam penelitian ini dapat dilihat di dalam Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Metode Penelitian

Rencana atau desain penelitian dalam arti sempit dimaknai sebagai suatu proses pengumpulan dan analisis data penelitian. Dalam arti luas sebagai rancangan penelitian meliputi proses perencanaan dan pelaksanaan penelitian. Langkah langkah dalam merancang sistem alat pendingin panel surya untuk mengoptimalkan keluar *output* panel surya pada PLTS sebagai berikut :

A. Studi literatur

Studi literatur, yaitu metode pengumpulan data pustaka dan informasi dengan cara membaca atau mereferensikan. *E-book*, *Website*, dokumen-dokumen yang didalamnya termasuk penelitian yang pernah diangkat, buku, artikel dan jurnal yang berkaitan dengan objek penelitian. Studi literatur dimaksud yaitu mengumpulkan data tentang sel surya dan pengaruh suhu terhadap sel surya.

B. Konsultasi

Konsultasi dengan dosen pembimbing dilakukan dengan tujuan untuk menyelesaikan permasalahan yang dihadapi pada saat perancangan alat pembuatan maupun saat penyelesaian laporan tugas akhir.

C. Perencanaan dan perancang Alat

Melakukan perencanaan dan perancangan Alat pendingin permukaan panel surya, Menggunakan Pompa air DC untuk mengalirkan air ke permukaan panel surya dan Sensor suhu NTC (*Negative temperature coefficient*) untuk mengukur suhu pada permukaan panel surya dan thermostat switch w 1209 untuk mengatur suhu yang diinginkan agar pada saat suhu melebihi batas yang diinginkan dia mengirimkan arus

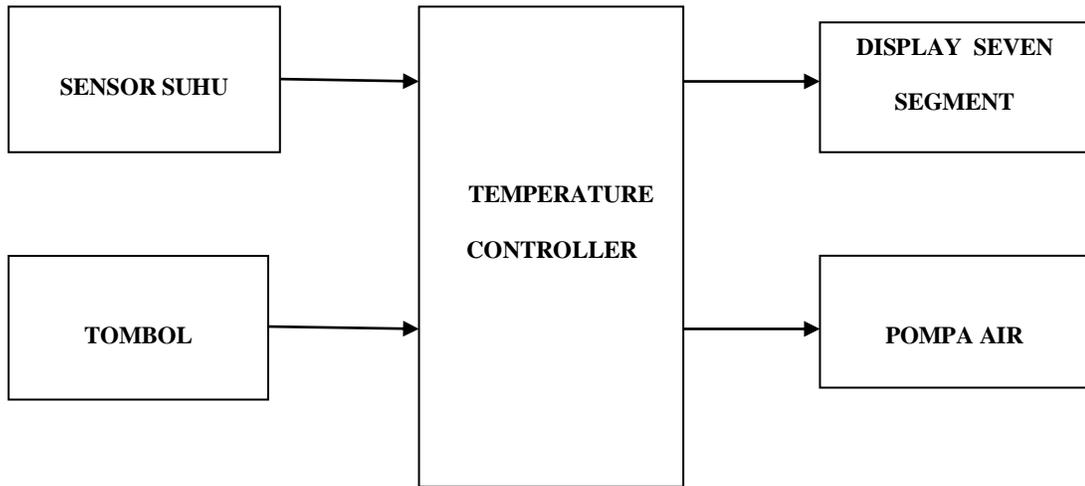
pada pompa air dc agar menyiram panel surya, dan pada saat suhu permukaan panel surya sudah turun pompa air akan berhenti berkerja secara otomatis.

D. Pengujian alat

Pengujian alat dilakukan dengan mengadakan percobaan, Pengujian modul surya, Pengujian pengaruh suhu terhadap permukaan panel surya, pengujian optimalisasi tegangan out put keluaran dari panel surya, Pengujian efisiensi dari alat pendingin permukaan panel surya.

3.5 Blok Diagram

Tegangan keluaran solar *cell* saat intensitas matahari naik akan mengalami penurunan tegangan out put solar sel. Sehingga dibutuhkan sistem pendingin permukaan *Photovoltaic* (panel sel surya) agar tegangan keluaran dapat menghasilkan tegangan yg optimal. Modul yang digunakan adalah jenis *polycristaline* berjumlah satu buah berkapasitas 50 WP. *Thermistor NTC W1209* sebagai sensor suhu otomatis dan pompa air *DC* penyalur air ke panel sel surya sebagai pendingin panel sel surya.



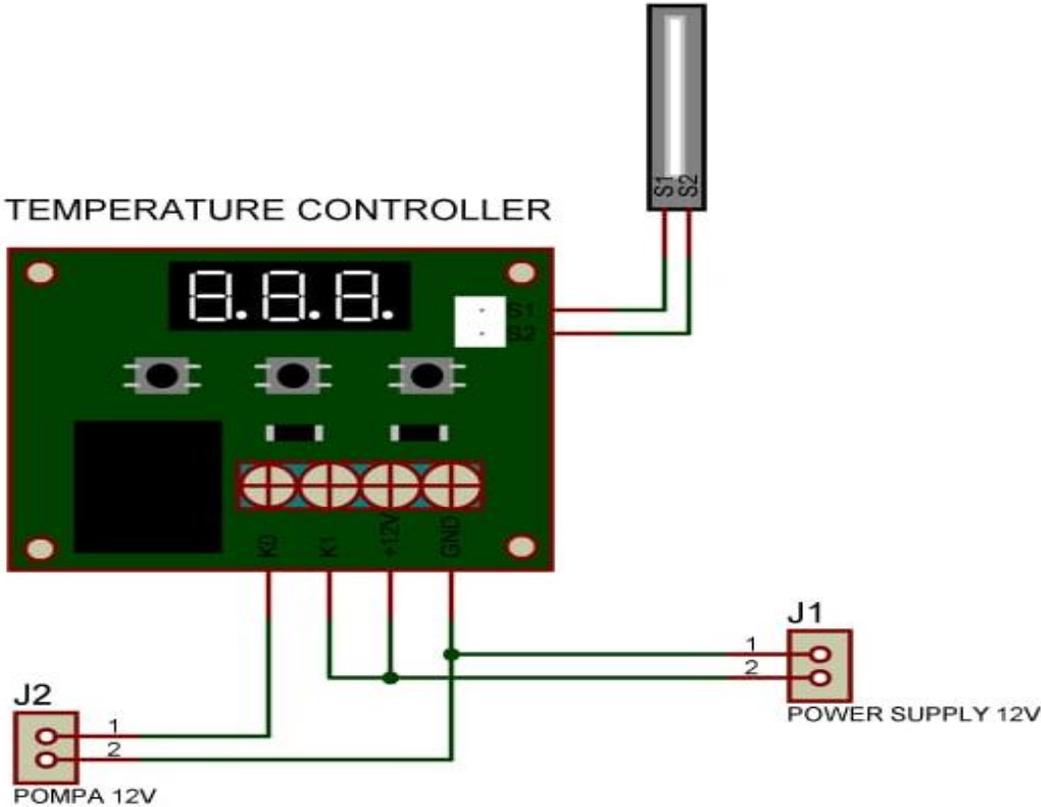
3.2 Gambar Block Diagram

Di dalam gambar block diagram ini terlihat bahwasanya setiap komponen rancangan alat sistem pendingin permukaan panel surya ini memiliki komponen berhubungan secara otomatis, Yang di control oleh *temperature controller*.

3.6 Diagram Rangkaian

Sistem dimulai dengan menyambungkan *power supply ke thermostat switching w 1209* dan memberikan beberapa perintah penampilan pada layar *display* dan menampilkan hasil dari keluaran *output* tegangan panel *sel surya*, selanjutnya program memerintahkan *sensor* untuk mengambil data *temperature* permukaan panel *sel surya*, di sini *thermostat switcing w 1209* di *setting* sesuai pengaturan *temperatur* yang *disetting* sesuai keinginan *temperature* yang ingin di uji. Apabila *temperature* permukaan panel *sel surya* melebihi *temperature* yang di *setting*, maka *relay* akan *on* sehingga pompa air akan mengaktifkan untuk menyemprotkan (menyiram) air ke permukaan panel sel surya. Sebaliknya apabila *temperature* permukaan panel *sel*

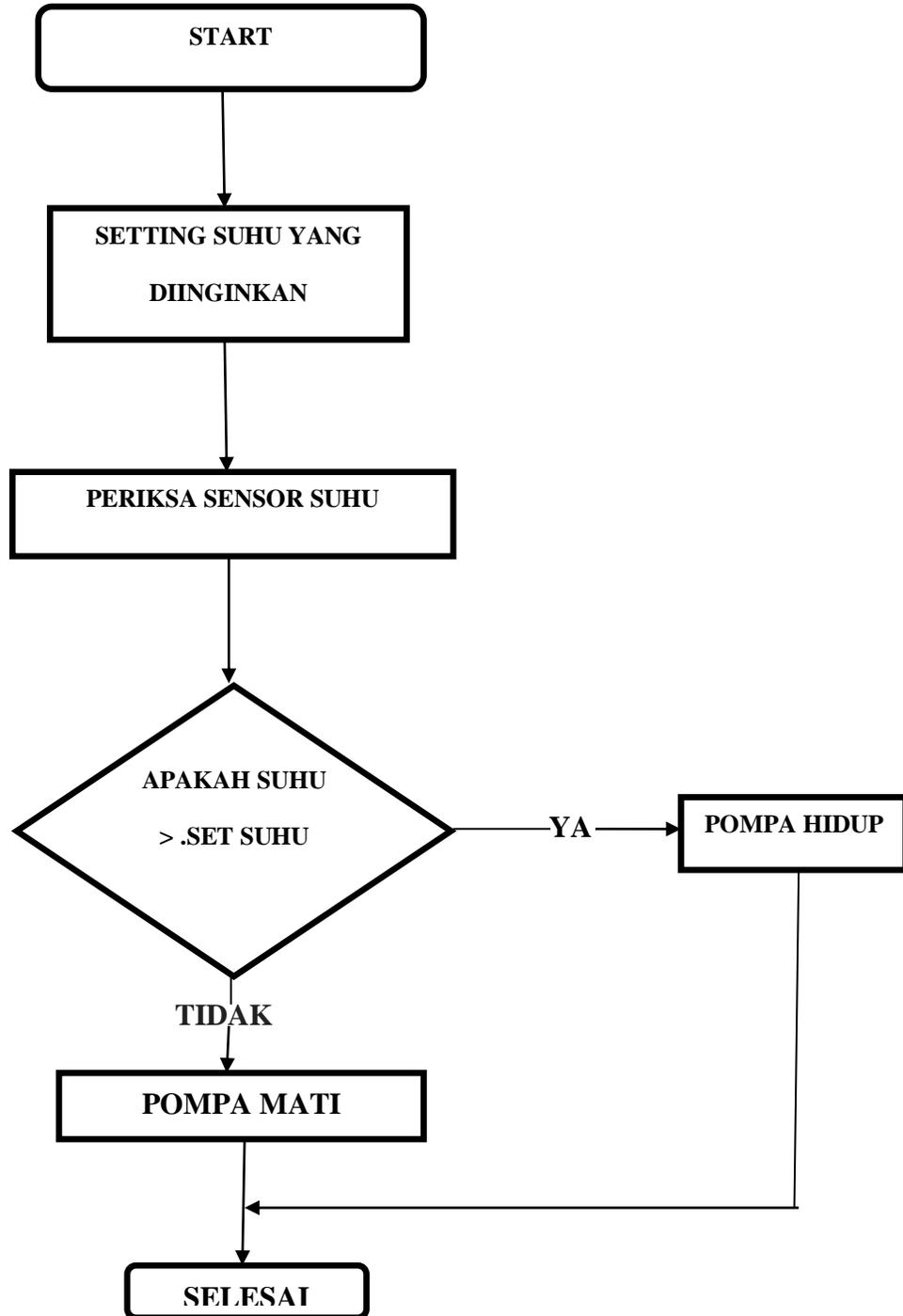
surya kurang dari suhu yang setting maka pompa akan berhenti menyembrotkan air ke permukaan *panel sel surya* Berikut gambar rangkaian:



3.3 Gambar rangkain

3.6.1 Flowchart diagram rangkaian

Berikut ini adalah flowchart diagram rangkaian dapat dilihat di **gambar 3.4** :



Gambar 3.4 Flowchart Diagram rangkaian

Berikut adalah penjelasan dari flowchart diagram rangkaian di atas :

- a. Memulai sistem pendingin panel sel surya.
- b. Setting suhu modul *thermostat swticing w 1209* yang diinginkan.
- c. Memeriksa sensor suhu dan mengecek kondisi dari letak sensor suhu pada permukaan panel sel surya, agar mendapatkan data suhu yang valid.
- d. Relay sebagai swticing atau sebagai *ON/OFFotomatis pompa DC* air.
- e. Pompa air *DC* sebagai pendingin atau penyiram permukaan panel surya disaat suhu panel surya melebihi batas normal
- f. Setelah pengambilan data, maka selesai.

BAB 4

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

1.1 Tujuan Pengujian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh sistem pendingin solar cell terhadap keluaran out put permukaan *solar cell*, dan untuk mengoptimalkan tegangan keluaran dari *solar cell* yang memiliki keluaran sama ketika menerima cahaya dengan intensitas yang sama. Sebagai perbandingan terhadap dua sensor suhu panel sel surya yang diletak sejajar dan berdekatan agar mendapatkan data suhu permukaan panel sel surya, sensor yang digunakan yaitu, sensor suhu *thermostat w 1209* dan digital sensor suhu.

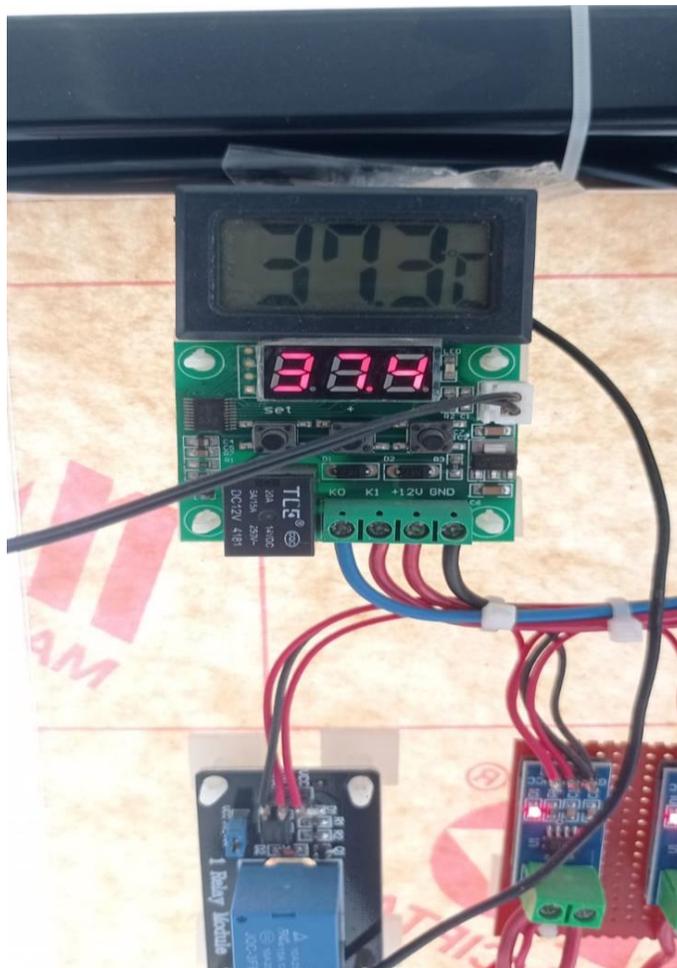
4.2 Pengujian Sensor Suhu

- a. Tujuan pengujian sensor suhu *thermostat switcing w 1209* dan *thermostat digital* untuk mengetahui hasil dari suhu *thermostat switcing w 1209* dan *thermostat digital*.
- b. Tujuan pengujian sensor suhu dalam ini hal ini adalah untuk mengetahui apakah terjadi perbedaan suhu antara *thermostat switcing w 1209* dan *thermostat digital* dalam waktu yang sama dan suhu permukaan panel sel surya yg sama. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.1

Tabel 4.1 Perbedaan suhu antara thermostt switching w1209 dan thermostat digital.

<i>Pukul</i>	<i>Thermostat switching w 1209</i>	<i>Thermostat digital</i>
<i>15:00</i>	<i>48,8</i>	<i>48,6</i>
<i>15:10</i>	<i>45,5</i>	<i>45,3</i>
<i>15: 13</i>	<i>37,4</i>	<i>37,3</i>
<i>15: 15</i>	<i>32,00</i>	<i>31,9</i>
<i>15:20</i>	<i>43,1</i>	<i>42,9</i>
<i>15:25</i>	<i>33,1</i>	<i>33</i>

Sumber : penulis 2022



Gambar 4.1 Pengujian perbandingan thermostat switching w 1209 dan thermostat digital

Sumber: penulis 2022

4.3 Pengujian tegangan output solar panel

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah terjadi perbedaan tegangan output pada solar panel pada saat sebelum dan sesudah penyiraman pada solar panel. Pengujian ini dilakukan menggunakan multimeter digital, multimeter diatur pada range 20V dc. Positif multimeter dihubungkan ke output positif solar panel, negatif multimeter dihubungkan ke output negatif solar panel. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.2

No	PUKUL (WAKTU)	LUX METER (IX)	SUHU AWAL (°C)	TEGANGAGAN OUTPUT AWAL (VOLT)	SUHU AKHIR (°C)	TEGANGAGAN OUTPUT AKHIR (VOLT)
1.	11.00	18.349	42,6	19,5	34,1	20,0
2.	11.15	19.543	41,0	20,7	38,5	21,5
3.	11.30	19.873	45,5	20,8	42,6	21,1
4.	12.05	23.711	43,1	20,9	41,0	21,2
5.	12.45	18.567	44,7	20,6	39,5	20,9

Tabel 4.2 Hasil tegangan output solar panel sell surya

Sumber : Penulis 2022

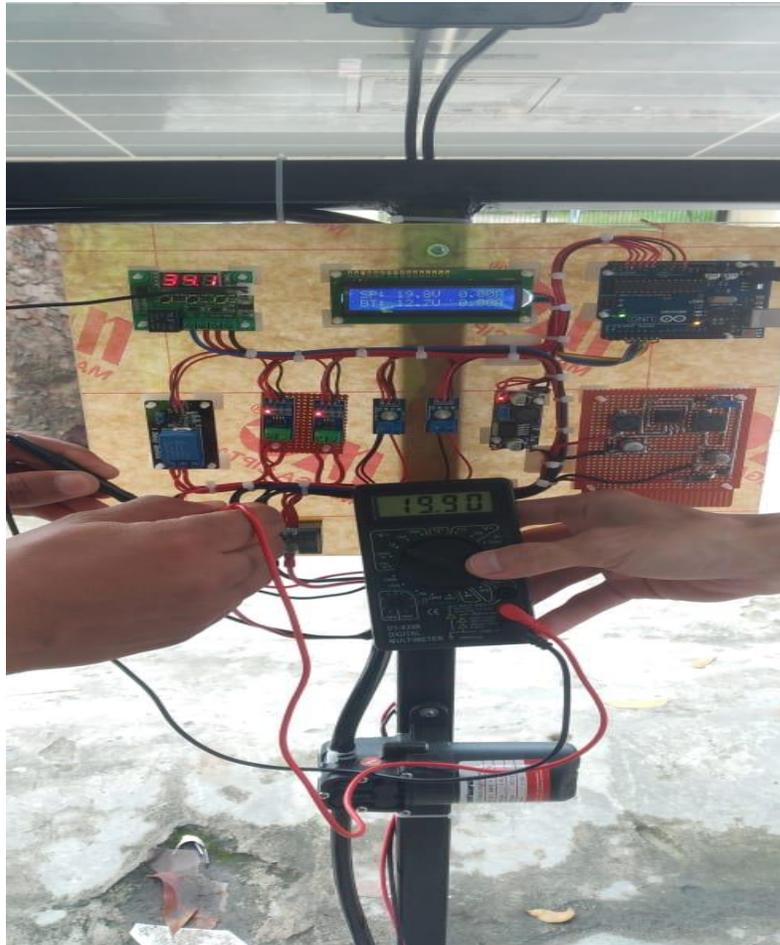
Keterangan :

Lux meter (IX) = Hasil dari Intensitas Cahaya matahari.

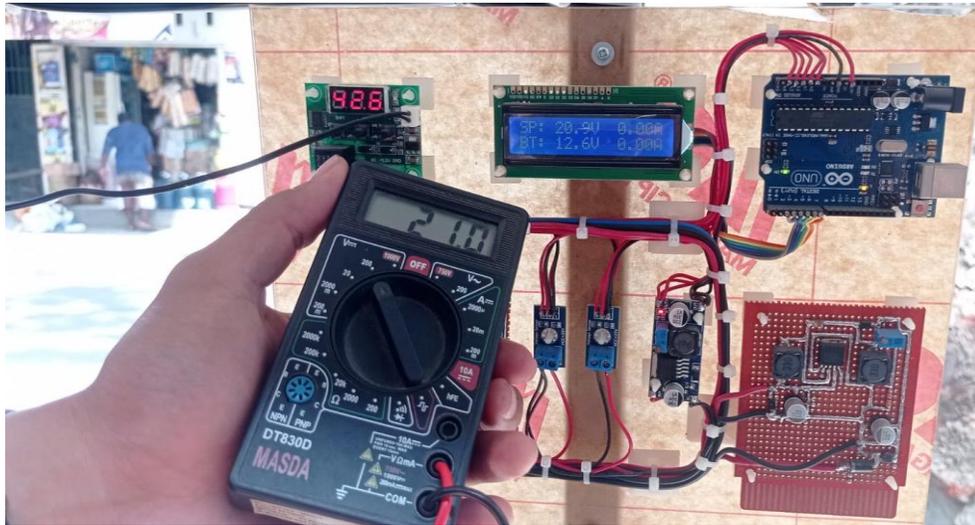
Suhu awal (°C) = Hasil dari suhu awal panel surya.

Tegangan Output = Hasil keluaran tegangan solar panel.

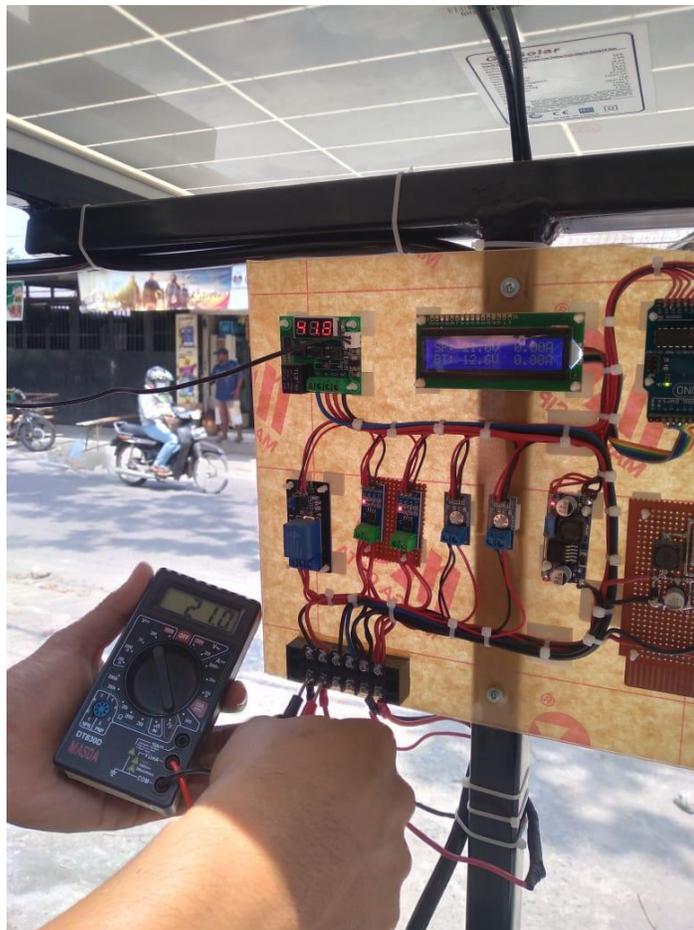
Suhu Akhir (°C) = Hasil dari suhu akhir panel surya.



Gambar 4.2 Pengukuran pertama keluaran ouput solar panel sel surya.
Sumber: penulis 2022



Gambar 4.3 Pengukuran kedua keluaran output panel sel surya
Sumber : penulis 2022



Gambar 4.4 Pengukuran ketiga keluaran output panel sel surya.
Sumber: penulis 2022

4.4 Pengukuran Debit air pada sistem pendingin solar sel.

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui berapa banyak debit air yang dikeluarkan pada saat terjadi penyiraman yg digunakan pada saat penyiraman berlangsung sampai kembali ke suhu normal. Pengujian ini dilakukan menggunakan teko ukur 2000ml yang dihubungkan dengan selang pompa air Dc. Hasil pengukuran debit air ini dapat dilihat pada tabel 4.3

No	SUHU AWAL (°C)	TEGANGAGAN OUTPUT AWAL (VOLT)	ISI DEBIT AIR AWAL (ml)	SUHU AKHIR °C	TEGANGAGAN OUTPUT AKHIR (VOLT)	ISI DEBIT AIR AKHIR
1.	42,6	19,5	2000	34,1	20,0	1400
2.	41,0	20,7	1400	38,5	21,5	900
3.	45,5	20,8	900	42,6	21,1	150
4.	43,1	20,9	2000	41,0	21,2	1380
5.	44,7	20,6	1380	39,5	20,9	780

Tabel 4.3 Hasil pengukuran debit air pada sistem pendingin solar sel.

Sumber: penulis 2022

Keterangan :

Isi Debit air awal (ml) = Hasil dari debit air sebelum sistem pendingin bekerja.

Isi Debit air akhir (ml) = Hasil dari debit air setelah sistem pendingin bekerja.

Suhu awal (°C) = Hasil dari suhu awal panel surya.

Tegangan Output = Hasil keluaran tegangan solar panel.

Suhu Akhir (°C) = Hasil dari suhu akhir panel surya.



Gambar 4.5 pengukuran debit air awal yang dibutuhkan pada saat penyiraman panel solar sell berlangsung sampai ke suhu normal.

Sumber : Penulis 2022



Gambar 4.6 pengukuran debit air kedua yang dibutuhkan pada saat penyiraman panel solar sell berlangsung sampai ke suhu normal

Sumber: Penulis 2022

4.5 Pengukuran waktu yang digunakan pada saat sistem penyiraman berlangsung.

Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui jangka waktu yg dibutuhkan pada saat penyiraman berlangsung sampai kembali ke suhu normal. Pengujian ini dilakukan menggunakan stopwatch, pengukuran waktu akan dimulai pada saat

penyiraman air pada panel solar sel. Hasil pengujian jangka waktu yang digunakan dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel.4.4 Hasil pengujian jangka waktu yang digunakan pada saat sistem penyiraman berlangsung sampai kembali ke suhu normal

No	SUHU AWAL (°C)	TEGANGAGAN OUTPUT AWAL (VOLT)	JANGKA WAKTU (Detik)	SUHU AKHIR °C	TEGANGAGAN OUTPUT AKHIR (VOLT)
1.	42,6	19,5	11,156	34,1	20,0
2.	41,0	20,7	8,56	38,5	21,5
3.	45,5	20,8	10,34	42,6	21,1
4.	43,1	20,9	12,5	41,0	21,2
5.	44,7	20,6	11,22	39,5	20,9

Sumber : penulis 2022



Gambar 4.7 Pengukuran jangka waktu penyiraman berlangsung hingga kembali ke suhu normal.

Sumber : Penulis 2022

4.6 Pengukuran tegangan output pompa DC

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui besaran tegangan output relay ke pompa air pada saat pompa air on dan off. Pengujian ini dilakukan menggunakan

multimeter digital, multimeter diatur pada range 20V dc. Positif multimeter dihubungkan ke positif pompa air, negatif multimeter dihubungkan ke output negatif pompa air. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.5

Tabel 4.5 Hasil pengukuran tegangan output pompa DC

KONDISI POMPA AIR	TEGANGAN OUTPUT (V)
ON	12.08V
OFF	0.0V

Sumber : penulis 2022

4.7 Data optimalisasi energi output

4.7.1 Data hasil optimalisasi energi output yang dihasilkan per Waktu

Pukul	V. Awal	I. Awal	P. Awal	W. Energi	V.Akhir	I.Akhir	P. Akhir	W.Energi	Opimalisasi
(Waktu)	(volt)	(Ampere)	(Watt)	(joule)	(volt)	(Ampere)	(watt)	(joule)	(persen)
11.00	19,5	0,2	3,9	14,04	21,6	0,19	4,104	14,7744	5,2%
11.15	20,1	0,22	4,422	15,91	22,2	0,20	4,44	15,,638	0.4%
11.35	20,7	0,2	4,14	14,904	22,3	0,19	4,237	15,2532	2,3%
12.10	20,9	0,22	4,598	16,5312	22,5	0,21	4,725	17,01	2,8%
12.30	21	0,2	4,2	15,12	22,6	0,19	4,294	15,458	2,2%
12.45	21,4	0,22	4,708	16,9488	22,5	0,21	4,725	17,01	0.4%

TABEL 4.6 Hasil Optimalisasi energi ouput panel surya
Sumber : penulis, 2022

Keterangan :

V. (awal) = Tegangan awal dari panel surya

V. (akhir) = Tegangan akhir dari panel surya

I. (awal) = Arus awal dari panel surya

I. (akhir) = Arus Akhir dari panel surya

P. (awal) = Daya Awal dari hasil panel surya

P (akhir) = Daya akhir dari hasil panel surya

W. (awal) = Energi awal dari hasil panel surya

W. (akhir) = Energi akhir dari hasil panel surya

Optimalisasi = Hasil dari Optimalisasi energi ouput panel surya

4.7.2 Daya Listrik yang dihasilkan panel surya

Daya listrik adalah energi yang diserap atau dihasilkan dalam sebuah sirkuit/rangkain panel surya pada saat pengujian dan pengukuran rangkaian sistem pendingin permukaan panel surya. Dalam pengukurannya memiliki rumus sebagai berikut :

Rumus :

$$P = V \times I$$

Keterangan :

P (watt) = Daya listrik

V (volt) = Tegangan listrik

I (arus) = Arus listrik

4.7.3 Energi Listrik yang dihasilkan panel surya

Energi listrik panel surya adalah energi yang dihasilkan oleh panel surya melalui intensitas cahaya matahari yang diubah menjadi listrik. Sehingga dalam pengujian dan pengukurannya terdapat di dalam rumus sebagai berikut :

Rumus :

$$W = P \times t$$

Keterangan :

W (joule) = Energi listrik

P (watt) = Daya listrik

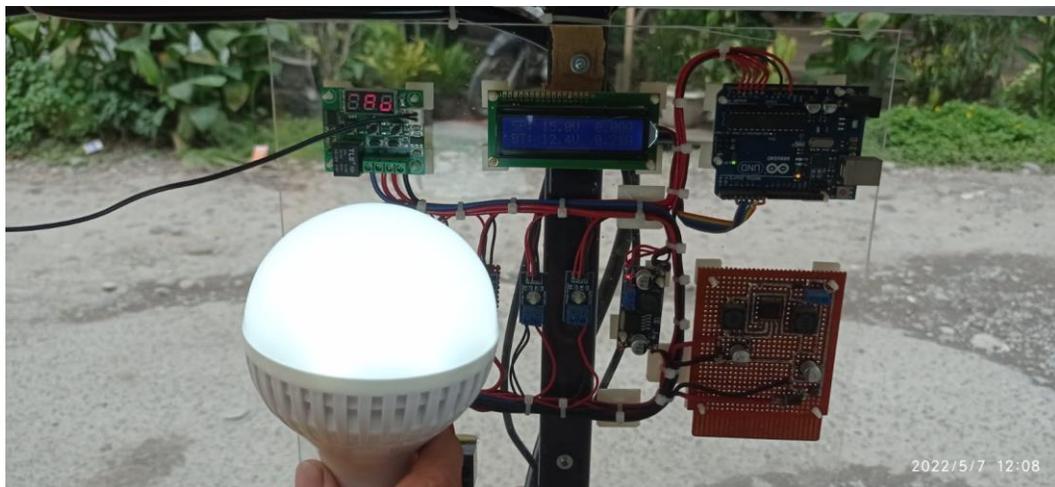
t (detik) = Waktu



4.8 pengujian dan pengukuran pada beban lampu sebelum sistem pendingin bekerja .

Sumber : penulis 2022

Dapat dilihat pada saat suhu panel surya meningkat melebihi 42°C terjadi penurunan tegangan yang mengakibatkan terjadinya sedikit redup pada beban lampu.



4.9 Pengujian dan pengukuran pada beban lampu setelah sistem pendingin bekerja.

Sumber : penulis 2022

Dapat dilihat setelah bekerjanya sistem pendingin panel surya beban lampu dapat kembali normal menghasilkan cahaya lebih baik dari pada sebelumnya.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan hal – hal sebagai berikut :

1. Bahwa intensitas matahari mempengaruhi besar daya dimana bila intensitas rendah daya yang dihasilkan rendah, sedangkan intensitas tinggi daya yang dihasilkan akan naik pula.
2. Sistem penyiraman permukaan panel surya otomatis ini dapat diatur , pada suhu yang diinginkan agar penyiraman bekerja mendinginkan permukaan panel surya.
3. Berdasarkan hasil penelitian bahwasanya permukaan panel surya mempengaruhi output *solar cell*, pada saat sebelum dan sesudah penyiraman pada permukaan *solar cell*.
4. Sistem penyiraman permukaan panel *solar cell* ini cocok digunakan di daerah tropis,karena sinar matahari sangat melimpah .
5. Hasil pengukuran pompa DC menggunakan multimeter pada range 20V, DC menghasilkan out put 12,08 V disaat *ON* dan 0,0 V disaat *OFF*
6. Pengujian perbandingan Thermostat Switching w1209 dan Thermostat digital memiliki hasil pengukuran suhu yang berbeda 0,2°

5.2 SARAN

Untuk pengembangan lebih lanjut dari skripsi ini diberikan saran – saran sebagai berikut :

1. Untuk pengukuran suhu yang lebih akurat,dapat menambahkan beberapa sensor suhu pada permukaan *solar cell*.
2. Agar penyiraman dapat lebih maksimal,dapat menggunakan pompa air yang mempunyai tekanan lebih tinggi.
3. Untuk selanjutnya dapat kembangkan dengan menambahkan IOT, agar dapat di monitoring jarak jauh.

DAFTAR PUSTAKA

- Berisha-Shaqiri, A. (2015). Management Information System and Competitive Advantage. *Mediterranean Journal of Social Sciences*. <https://doi.org/10.5901/mjss.2015.v6n1p204>
- Fachri, B., & Surbakti, R. W. (2021). Perancangan Sistem Dan Desain Undangan Digital Menggunakan Metode Waterfall Berbasis Website (Studi Kasus: Asco Jaya). *JOURNAL OF SCIENCE AND SOCIAL RESEARCH*, 4(3), 263-267.
- Fahmi, K., Haryono, A. T., Astuti, I. F., & Cahyadi, D. (2016). Perancangan Dan Implementasi Aplikasi Perpustakaan Berbasis Multitenant. *Informatika Mulawarman: Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer*, 11(1), 1–8. <https://doi.org/10.30872/jim.v11i1.19>.
- Ginting, A. N., & Amin, M. (2018). Keamanan Rumah Menggunakan Sensor Pir Dan Modul Gsm Arduino. *Jurnal Teknovasi*, 5(01), 46-53.
- Hung, N. V., van Hung, P., & Anh, B. T. (2018). Database Design For E-Governance Applications: A Framework For The Management Information Systems Of The Vietnam Committee For Ethnic Minority Affairs (CEMA). *International Journal of Civil Service Reform and Practice*, 3(1).
- Isa, I. G. T., & Hartawan, G. P. (2017). Perancangan Aplikasi Koperasi Simpan Pinjam Berbasis Web (Studi Kasus Koperasi Mitra Setia). *Jurnal Ilmiah Ilmu Ekonomi (Jurnal Akuntansi, Pajak Dan Manajemen)*, 5(10), 139–151.
- Jogiyanto, H. M. (2016). *Analisis Dan Desain Sistem Informasi, Pendekatan Terstruktur Teori Dan Praktek Aplikasi Bisnis*. Andi Offset.
- Kadir, A. (2019). *Membuat Aplikasi Web dengan PHP + Database MySQL*. Penerbit Andi.
- Kurniawan, T. A. (2018). Pemodelan Use Case (UML): Evaluasi Terhadap beberapa Kesalahan dalam Praktik. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 5(1), 77. <https://doi.org/10.25126/jtiik.201851610>
- Kustiyarningsih, Y., & Devie, R. A. (2017). Pemrograman Basis Data Berbasis Web Dengan Menggunakan PHP & MySQL. In *Edisi Pertama, Graha Ilmu, Yogyakarta*. Graha Ilmu.
- Ladjamudin, A.-B. bin. (2017). *Analisis dan Desain Sistem Informasi*. Graha Ilmu.
- Lasa. (2017). *Manajemen Perpustakaan Sekolah*. Pinus.
- Mallu, S. (2015). Sistem Pendukung Keputusan Penentuan Karyawan Kontrak Menjadi Karyawan Teatap Menggunakan Metode TOPSIS. *Jurnal Imliah Teknologi Informasi Terapan*, 1(2), 36–42.
- Mangematin, V., & Baden-Fuller, C. (2008). Global Contests in the Production of Business Knowledge. *Long Range Planning*, 41(1), 117–139.

Riyan, M., Andie, A., & Amin, M. (2019). APLIKASI RENTAL MOBIL DENGAN FITUR PELACAKAN GPS PADA CV. RAHAYU RENTAL KM 4.5 BANJARMASIN BERBASIS WEB. *Technologia: Jurnal Ilmiah*, 10(1), 5-9.

<https://doi.org/10.1016/j.lrp.2007.11.005>

- Nugroho, B. (2018). *Dasar Pemograman Web PHP – MySQL dengan Dreamweaver*. Gava Media.
- Nurgoho, A. (2019). *Rekayasa Perangkat Lunak Menggunakan UML dan JAVA*. Andi Offset.
- Orantes-Jimenez, S.-D., Zavala-Galindo, A., & Vazquez-Alvarez, G. (2015). Paperless Office: a new proposal for organizations. *Systemics, Cybernetics and Informatics*, 13(3), 47–55.
- Ramadhani, C. (2019). *Dasar Algoritma dan Struktur Data dengan Bahasa Java*. Andi Offset.
- Shiau, W.-L. (2015). MANAGEMENT INFORMATION SYSTEMS ISSUES: CO-CITATION ANALYSIS OF JOURNAL ARTICLES. *International Journal of Electronic Commerce Studies*, 6(1), 145–162. <https://doi.org/10.7903/ijecs.1393>
- Sukmawati, R., & Priyadi, Y. (2019). Perancangan Proses Bisnis Menggunakan UML Berdasarkan Fit/Gap Analysis Pada Modul Inventory Odoo. *INTENSIF: Jurnal Ilmiah Penelitian Dan Penerapan Teknologi Sistem Informasi*, 3(2), 104. <https://doi.org/10.29407/intensif.v3i2.12697>
- Sutarno, N. S. (2018). *Perpustakaan dan Masyarakat*. Sagung Seto.
- Yakub. (2019). *Pengantar Sistem Informasi*. Graha Ilmu.