SKRIPSI

IDENTIFIKASI TEMPERATUR PANEL SURYA MONOKRISTALIN UNTUK PENINGKATAN DAYA BERBASIS SISTEM INTERNET OF THINGS DI UNIVERSITAS PAKUAN

Oleh

Muhammad Dwi Erlangga

065119084

PROGRAM STUDI ILMU KOMPUTER

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS PAKUAN

BOGOR

2024

HALAMAN PENGESAHAN

Judul	:	Identifikasi Temperatur Panel Surya Monokristalin untuk Peningkatan Daya Berbasis *Internet of Things* di Universitas Pakuan
Nama	:	Muhammad Dwi Erlangga
NPM	:	065119084

Mengesahkan,

Pembimbing Pendamping
Program Studi Ilmu Komputer
FMIPA - UNPAK

Agus Ismangil, S.Si., M.Si.

Pembimbing Utama
Program Studi Ilmu Komputer
FMIPA – UNPAK

Dr. Andi Chairunnas, S.Kom., M.Pd., M.Kom.

Mengetahui,

Ketua Program Studi Ilmu Komputer
FMIPA – UNPAK

Arie Qur'ania, S.Kom., M.Kom.

Dekan
FMIPA - UNPAK

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM UNIVERSITAS PAKUAN

Asep Denih, S.Kom., M.Sc., Ph.D.

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA TULIS SKRIPSI

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

Sejauh saya ketahui, karya tulis ini bukan merupakan karya tulis yang pernah dipublikasikan atau sudah pernah dipakai untuk mendapatkan gelar sarjana di Universitas lain, kecuali bagian-bagian dimana sumber informasinya dicantumkan dengan cara referensi yang semestinya.

Dengan demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya. Apabila kelak dikemudian hari terdapat gugatan, penulis bersedia dikenakan sanksi dengan peratutan yang berlaku.

Bogor, Januari 2025

Muhammad Dwi Erlangga

PERNYATAAN PELIMPAHAN SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama	:	Muhammad Dwi Erlangga
NPM	:	065119084
Judul Skripsi	:	Identifikasi Temperatur Panel Surya Monokristalin Untuk Peningkatan Daya Berbasis Sistem Internet Of Things Di Universitas Pakuan

Dengan ini saya menyatakan bahwa Paten dan Hak Cipta dari produk Skripsi dan Tugas Akhir di atas adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apapun kepada perguruan tinggi manapun.

Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Dengan ini saya melimpahkan Paten, hak cipta dari karya tulis saya kepada Universitas Pakuan.

Bogor, Januari 2025

METERAI TEMPEL
CA2CCAMX115923239

Muhammad Dwi Erlangga

065119084

RIWAYAT HIDUP

Muhammad Dwi Erlangga dilahrikan di Bogor pada 29 Juni 2001 dari pasangan Bapak Mulyono dan Ibu Lilis Holisoh sebagai anak kedua dari tiga bersaudara.

Penulis mulai Pendidikan di Sekolah Dasar (SD) yang bertempat di SDN Cijeruk 01 Bogor, kemudian melanjutkan Sekolah Menengah Pertama (SMP) di SMPN 1 Caringin Bogor dan penulis merupakan alumni dari Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMAN 1 Caringin Bogor.

Pada tahun 2019 penulis melanjutkan Pendidikan tinggi di Universitas Pakuan Bogor dengan program studi Ilmu Komputer, Fakultas Matematika dan Pengetahuan Alam. Pada bulan Juni 2024 penulis menyelesaikan penelitian dengan judul Identifikasi Temperatur Panel Surya Monokristalin Untuk Peningkatan Daya Berbasis Sistem Internet Of Things Di Universitas Pakuan.

RINGKASAN

Muhammad Dwi Erlangga. Identifikasi Temperatur Panel Surya Monokristalin untuk Peningkatan Daya Berbasis *Internet of Things* di Universitas Pakuan. Dibawah bimbingan Dr. Andi Chairunnas, S.Kom., M.Pd., M.Kom. dan Agus Ismangil, S.Si., M.Si.

Sumber energi pembangkit listrik masih bergantung pada sumber energi fosil atau dengan kata lain sumber energi yang tak terbarukan. Jumlah penggunaan fosil sebagai bahan energi menyentuh angka 22.58%, batu bara 37.15% dan gas bumi 20.13%. Sedangkan untuk energi terbarukan digunakan masih sangat kecik yaitu berkisar 9.15% saja. Salah satu energi terbarukan yang tidak akan habis adalah energi matahari. Di Indonesia potensi engeri surya atau matahari berkisar 4.8 kWh/m2 atau setara dengan 112.00 GWp, namun pemanfaatannya saat ini baru berkisar 10MWp. Panel surya adalah alat yang mampu memamfaatkan energi matahari menjadi energi listrik, alat ini mampu bekerja sesuai dengan keadaan lingkungannya. Alat ini bekerja optimal pada suhu normal berkisar 25°C, temperatur panel surya jika teralalu panas maka kinerjanya akan berturun. Penelitian kali ini akan dilakukan penelitian di Universitas Pakuan dengan merancang sebuah sistem pendingin untuk mengoptimalkan temperatur panel surya monokristalin guna meningkatkan pendapatan daya yang dihasilkan. Sistem kali ini akan didukung dengan internet of things untuk memudahkan dalam mengontrol sistem tersebut, serta dilakukan juga penelitian terhadap pendapatan daya panel surya sebelum digunakan sistem yang dibuat.

Kata Kunci : Energi Terbarukan, Sistem Pendingin, Temperatur, Monokristalin, *Internet of Things.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT, karena rahmat dan hidayah-Nya peniliti dapat menyelesaikan Laporan Proposal ini yang berjudul: "Identifikasi Temperatur Panel Surya Monokristalin untuk Peningkatan Daya Berbasis *Internet of Things* di Universitas Pakuan". Penulisan tugas akhir ini ditunjukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Komputer di Program Studi Ilmu Komputer FMIPA – UNPAK Bogor.

Dalam penulisan tugas akhir ini, penulis dengan senang hati ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Andi Chairunnas, S.Kom., M.Pd., M.Kom. selaku Pembimbing Utama yang telah banyak membantu terutama dalam memberikan bimbingan, dukungan dan menyediakan saran yang mendukung.
2. Bapak Agus Ismangil M.Si, selaku Pembimbing Pendamping yang telah memberikan penulis bimbingan dan nasehat serta waktunya dalam membuat laporan penelitian ini.
3. Ibu Arie Qur'ania, M.Kom selaku Ketua Program Studi Ilmu Komputer FMIPA – UNPAK Universitas Pakuan.
4. Kedua orang tua yang selalu memberikan dukungan dan doa kepada penulis.
5. Teman-teman yang selalu memberikan motivasi dan saran kepada penulis.
6. Serta semua pihak yang sudah membantu penyusunan baik secara langsung maupun tidak secara langsung yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari memiliki keterbatasan waktu dan kemampuan dalam penulisan laporan penelitian ini, sehingga masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan adanya kritik serta saran yang membangun dan tentunya akan diterima dengan senang hati. Akhir kata, semoga laporan in dapat bermanfaaat bagi kita semua dan juga Allah SWT akan membalas semua kepada semua pihak. Aamiin

Bogor, Januari 2025

Muhammad Dwi Erlangga

065119084

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN PENGESAHAN ..... **i**

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA TULIS SKRIPSI ..... **ii**

PERNYATAAN PELIMPAHAN SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA ..... **iii**

RIWAYAT HIDUP ..... **iv**

RINGKASAN ..... **v**

KATA PENGANTAR ..... **vi**

DAFTAR ISI ..... **vii**

DAFTAR GAMBAR ..... **x**

DAFTAR TABEL ..... **xi**

DAFTAR LAMPIRAN ..... **xii**

BAB I **1**

PENDAHULUAN **1**

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Tujuan 2

1.3 Ruang Lingkup 2

1.4 Manfaat 2

BAB II **3**

TINJAUAN PUSTAKA **3**

2.1. Landasan Teori 3

2.1.1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya 3

2.1.2 Panel Surya Monokristalin 4

2.1.3 Kelebihan dan Kekurangan Panel Surya Monokristalin 4

2.1.4 Sel Surya 4

2.1.5 Panel Surya 5

2.1.6 Suhu Standar Panel Surya 5

2.1.7 Sistem Pendingin 6

2.1.8 Energi Matahari 6

2.1.9 Arus dan Tegangan 6

2.1.10 Inverter 6

2.1.11 Baterai 6

2.1.12 NodeMCU ESP8266 6

2.1.13 Arduino Uno ... 7
2.1.14 Sensor DHT22 ... 7
2.1.15 Sensor Tegangan DC ... 7
2.1.16 Sensor ACS712 ... 7
2.1.17 Internet Of Things ... 7
2.2. Penelitian Terdahulu ... 7
BAB III ... 11
METODE PENELITIAN ... 11
3.1 Metode Penelitian ... 11
3.1.1 *Hardware Programming* ... 11
3.1.2 *Forecasting* ... 13
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian ... 14
3.3 Alat dan Bahan ... 14
3.3.1 Alat Penelitian ... 14
3.3.2 Bahan Penelitian ... 14
BAB IV ... 15
DESAIN DAN IMPLEMENTASI ... 15
4.1 *Hardware Programming* ... 15
4.1.1 Perencanaan ... 15
4.1.2 Studi Referensi ... 15
4.1.3 Desain Elektrik ... 16
4.1.4 Pengadaan Komponen ... 18
4.1.5 Pengujian Komponen ... 19
4.1.6 Implementasi Elektrik ... 20
4.1.7 Desain Software ... 21
4.1.8 Implementasi Software ... 23
4.1.9 Desain Mekanik ... 23
4.1.10 Implementasi Mekanik ... 24
4.1.11 Integrasi ... 24
4.1.12 Uji Keseluruhan ... 24
4.1.13 Aplikasi ... 24
4.2 Forecasting ... 24
BAB V ... 25
HASIL DAN PEMBAHASAN ... 25

5.1 Hasil Penelitian ... 25
5.1.1 Bagian Utama Model Sistem Pendingin dan Monitoring Panel Surya 25
5.1.2 Bagian Kontrol Sistem Pendingin dan Monitoring Panel Surya ... 26
5.2 Pembahasan ... 27
5.2.1 Pengujian Sistem Pendinginan ... 27
5.2.2 Perbandingan Panel Surya Tanpa Pendinginan dan Menggunakan Pendingin ... 29
5.2.3 Forecasting Exponenstial Smoothing ... 38
5.2.4 Uji Software ... 40
5.2.5 Uji Keseluruhan ... 41
BAB VI ... 43
KESIMPULAN DAN SARAN ... 43
6.1 Kesimpulan ... 43
6.2 Saran ... 43
DAFTAR PUSTAKA ... 44
LAMPIRAN ... 46

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 1. Pembangkit Listrik Tenaga Surya 3
Gambar 2. Panel Surya Monokristalin 4
Gambar 3. Sel Surya Monokristalin 5
Gambar 4. Ilustrasi Panel Surya Monokristalin 5
Gambar 5. Metode Penelitian Hardware Programming 11
Gambar 6. Diagram Blok Sistem Pendingin 15
Gambar 7. Diagram Blok Monitoring Panel Surya 15
Gambar 8. Desain Elektrik Gambaran Umum 16
Gambar 9. Desain Elektrik Sistem Pendinginan 17
Gambar 10. Desain Elektrik Monitoring Panel Surya 17
Gambar 11. Pengujian Arduino Uno 19
Gambar 12. Pengujian NodeMCU ESP8266 20
Gambar 13. Rangkaian Alat Optimalisasi dan Monitoring 21
Gambar 14. Diagram Alir Sistem Secara Umum 22
Gambar 15. Diagram Alir Sistem Pendinginan 22
Gambar 16. Diagram Alir Sistem Monitoring 22
Gambar 17. Implementasi Software 23
Gambar 18. Desain Mekanik Tampak Belakang 23
Gambar 19. Desain Mekanik Tampak Depan 23
Gambar 20. Penempatan Sensor DHT22 25
Gambar 21. Sistem Pendingin Panel Surya 26
Gambar 22. Panel Surya Monokritaslin 26
Gambar 23. Bagian Sistem Kontrol dan Monitoring 26
Gambar 24. Sistem kontrol dan Monitoring 27
Gambar 25. Rancangan Deteksi Temperatur dan Sistem Pendingin 27
Gambar 26. Grafik Tegangan Tanpa Pendingin 30
Gambar 27. Grafik Tegangan Menggunakan Pendingin 31
Gambar 28. Grafik Perbandingan Suhu 33
Gambar 29. Grafik Perbandingan Tegangan 34
Gambar 30. Grafik Perbandingan Arus 36
Gambar 31. Grafik Perbandingan Energi 38
Gambar 32. Hasil model ETS 39
Gambar 33. Model dan Hasil Evaluasi 40
Gambar 34. Server Monitoring 41
Gambar 35. Halaman Website 41
Gambar 36. Kode Untuk Perangkat Keras 42
Gambar 37. Kode Untuk Perangkat Lunak 42

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 1. Perbandingan Penelitian Terdahulu 10
Tabel 2. Pengujian Arduino Uno 19
Tabel 3. Pengujian NodeMCU ESP8266 20
Tabel 4. Pengujian Deteksi Temperatur dan Sistem Pendingin 28
Tabel 5. Hasil Pengujian Tanpa Pendingin 29
Tabel 6. Hasil Pengujian Panel Menggunakan Pendingin 30
Tabel 7. Perbandingan Suhu Panel Surya 32
Tabel 8. Perbandingan Tegangan Panel Surya 33
Tabel 9. Perbandingan Arus Panel Surya 35
Tabel 10. Perbandingan Daya Panel Surya 36
Tabel 11. Pendapatan daya di Universitas Pakuan 38
Tabel 12. Hasil Peramalan Bulan April 2024 39

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 46
Lampiran 2 46
Lampiran 3 47

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dewan Energi Nasional mengemukakan saat ini penggunaan sumber energi sebagai bahan bakar pembangkit listrik masih banyak bergantung pada sumber energi fosil atau dalam kata lain sumber energi yang tidak terbarukan, yang lambat laun akan habis dan tentunya akan berdampak pada kerusakan alam. energi fosil masih sangat dominan baik itu berupa minyak bumi yang menyentuh angka 33,58%, batubara 37,15% dan gas bumi 20,13% sedangkan untuk energi baru terbarukan masih sangat kecil yaitu 9,15% (Alamsyah et al., 2019).

Salah satu energi di Bumi yang dapat diperbaharui dan tidak pernah habis adalah energi surya. Sinar matahari akan selalu ada setiap harinya dalam waktu yang cukup lama yaitu kurang lebih 12 jam. Pemanfaatan sinar matahari juga sangat menguntungkan dikarenakan tidak membutuhkan biaya untuk mendapatkannya, selain itu juga ramah lingkungan, yang harus dilakukan konsumen adalah dengan cara merancang alat untuk mengonversi energi matahari tersebut menjadi energi yang dapat kita gunakan sehari-hari yaitu energi listrik (Amalia et al., 2022). Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral mengemukakan bahwa, Potensi energi surya di Indonesia sangat besar yakni sekitar 4.8 kWh/m2 atau setara dengan 112.000 GWp, namun yang sudah dimanfaatkan baru sekitar 10 MWp. (Alamsyah et al., 2019).

Alat yang dapat mengkonversi energi cahaya matahari menjadi energi listrik adalah panel surya. Panel surya merupakan suatu alat yang digunakan untuk mengkonversi sinar surya menjadi energi listrik (Sukmawaty et al., 2019).Afriandi mengemukakan panel surya akan menghasilkan energi listrik sesuai besar intensitas cahaya yang diterimanya dari pancaran cahaya matahari, suhu panel surya yang bekerja pada standar suhu normal (25ºC) akan bekerja secara optimal (Rahajoeningroem & Jatnika, 2022). Rifaldo juga mengemukakan jika temperatur panel surya tersebut terlalu panas akan menurunkan kinerja dari sel surya tersebut. Tegangan dan arus yang dihasilkan panel surya selalu berubah-ubah tergantung dari besarnya intensitas cahaya matahari yang jatuh ke permukaan panel surya (Rahajoeningroem & Jatnika, 2022).

Berdasarkan uraian diatas, maka perlu dilakukan penelitian khusus Optimalisasi Temperatur Panel Surya Monokristalin untuk Peningkatan Daya Berbasis *Internet of Things* di Universitas Pakuan sebagai bentuk upaya peningkatan dan pengoptimalan penggunaan energi terbarukan. Maka dari itu perlu dilakukan penelitian untuk memastikan bahwa kondisinya memungkinkan untuk memasang panel surya. Dengan ada nya teknologi Optimalisasi Temperatur Panel Surya Monokristalin untuk Peningkatan Daya Berbasis *Internet of Things* di Universitas Pakuan dapat meberikan potensi untuk menggunakan instalasi panel surya sebagai sarana pembelajaran dan penelitian bagi mahasiswa. Mereka dapat mengkaji efisiensi

panel surya, mengembangkan sistem penyimpanan energi yang lebih baik, atau melakukan penelitian optimalisasi yang terkait dengan energi surya dan juga sistem *internet of things*. Ini akan memberikan kesempatan bagi Universitas untuk berkontribusi pada penelitian energi terbarukan dan inovasi teknologi.

1.2 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk Identifikasi Temperatur Panel Surya Monokristalin untuk Peningkatan Daya Berbasis *Internet of Things* di Universitas Pakuan.

1.3 Ruang Lingkup

Ruang lingkup permasalahan ini dibatasi oleh:

1. Studi kasus yang diangkat adalah untuk mengetahui pengaruh temperatur panel surya terhadap daya yang dihasilkan.
2. Panel surya yang digunakan bertipe Monokritaslin.
3. Monitoring menggunakan sistem *internet of things.*

1.4 Manfaat

Manfaat dari perancangan alat ini yaitu:

1. Dapat mengetahui pengaruh temperatur panel surya terhadap daya yang dihasilkan.
2. Dapat menjadi referensi bahan penelitian selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Landasan Teori

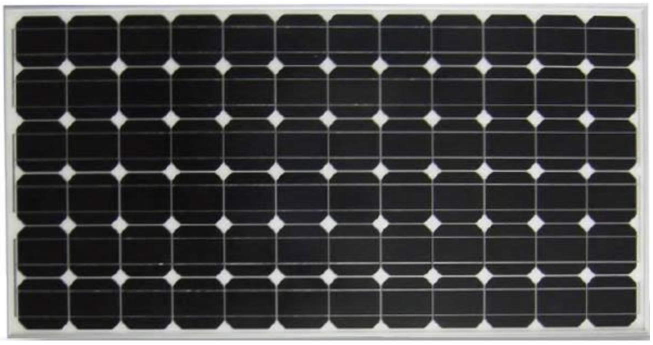
2.1.1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Menurut Djamila Rekioua pada jurnalnya mengemukakan Pembangkit listrik tenaga surya merupakan pembangkit listrik yang mengubah radiasi sinar matahari menjadi energi listrik. Panel surya yang berperan dalam konversi radiasi sinar matahari menjadi energi listrik. Oleh karena itu pemilihan panel surya sangat penting dalam menghasilkan daya keluaran yang dihasilkan panel surya. Keluaran dari panel surya masih bersifat energi listrik searah (DC) yang masih harus dikonversikan menjadi energi listrik bolak-balik dengan menggunakan inverter (Adipradana et al., 2019).

Gambar 1. Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Sinaga menegaskan bahwa sel surya bekerja menggunakan prinsip p-n junction, yaitu junction antara semikonduktor tipe-p dan tipe-n. Semikonduktor ini terdiri dari ikatan-ikatan atom yang dimana terdapat elektron sebagai penyusun dasar. Semikonduktor tipe-n mempunyai kelebihan elektron (muatan negatif) sedangkan semikonduktor tipe-p mempunyai kelebihan hole (muatan positif) dalam struktur atomnya. Kondisi kelebihan elektron dan hole tersebut bisa terjadi dengan mendoping material dengan atom dopant. Sebagai contoh untuk mendapatkan material silikon tipe-p, silikon didoping oleh atom boron, sedangkan untuk mendapatkan material silikon tipe-n, silikon didoping oleh atom fosfor. Ilustrasi dibawah menggambarkan junction semikonduktor tipe-p dan tipe-n (Alamsyah et al., 2019). Suhu panel surya yang bekerja pada standar suhu normal (25ºC) akan bekerja secara optimal (Rahajoeningroem & Jatnika, 2022).

2.1.2 Panel Surya Monokristalin



Gambar 2. Panel Surya Monokristalin

Panel surya Monokristalin merupakan panel yang paling efisien yang dihasilkan dengan teknologi terkini & menghasilkan daya listrik persatuan luas yang paling tinggi. Monokristal dirancang untuk penggunaan yang memerlukan konsumsi listrik besar pada tempat-tempat yang beriklim ekstrim dan dengan kondisi alam yang sangat ganas. Kelemahan dari panel jenis ini adalah tidak akan berfungsi baik ditempat yang cahaya mataharinya kurang (teduh), efisiensinya akan turun drastis dalam cuaca berawan (Adi S, 2023). Menurut Setiawan Salah satu jenis panel dari bahan silikon yang banyak dipakai yaitu Monokristalin tingkat ke efisensinya tinggi 17% - 18% (Agustina et al., 2019).

2.1.3 Kelebihan dan Kekurangan Panel Surya Monokristalin

Kelebihan Panel Surya Monokristalin

a. Tingkat efisiensi konversi sinar matahari menjadi energi listrik dari 15% hingga 20%.
b. Panel surya monokristalin memerlukan tempat yang lebih kecil dibandingkan dengan jenis yang lainnya.
c. Memiliki umur pakai yang lama dan banyak dari pabrikan pembuat panel surya monokristalin memberi garansi hingga 25 tahun umur pemakaian.
d. Panel surya monokristalin mempunyai performa yang lebih baik sehingga sangat tepat bila digunakan pada daerah yang sering mendung/hujan (Wibowo, 2022).

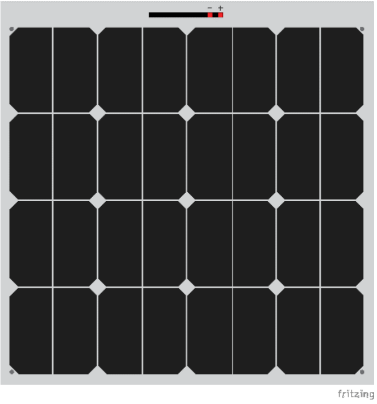
Kekurangan Panel Surya Monokristalin

a. Panel surya monokristalin merupakan jenis panel surya yang paling mahal sehingga biaya investasi untuk pembuatan listrik tenaga surya menjadi lebih besar.
b. Kinerja dapat menurun pada saat terjadi cuaca panas yang ekstrim. Tetapi ini merupakan kerugian yang umum pada semua jenis panel surya.
c. Banyak limbah silikon yang terbuang pada saat proses pembuatan panel surya (Wibowo, 2022).

2.1.4 Sel Surya

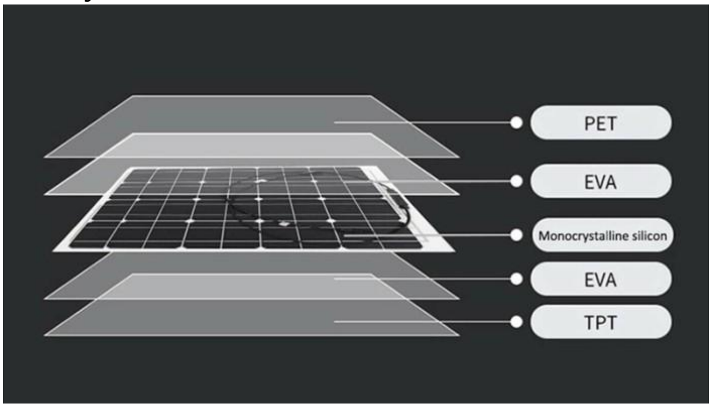
Sel surya atau bisa juga disebut dengan *Photovoltaic* (PV) merupakan suatu alat yang digunakan untuk mengkonversi sinar surya menjadi energi listrik (Sukmawaty et al., 2019). Konversi ini disebut efek *Photovoltaic,* dengan kata lain lain

efek ini adalah suatu fenomena dimana suatu sel PV dapat menyerap energi cahaya dan merubahnya menjadi energi listrik. Secara sederhana sel surya terdiri dari persambungan bahan semikonduktor bertipe p dan n (p-n junction semiconductor) yang jika terkena sinar matahari maka akan terjadi aliran elektron, aliran elektron inilah yang disebut sebagai aliran arus listrik (Kaban et al., 2020).



Gambar 3. Sel Surya Monokristalin

2.1.5 Panel Surya



Gambar 4. Ilustrasi Panel Surya Monokristalin

Luque mengemukakan Panel surya merupakan komponen penting dalam pembangkit listrik tenaga surya. Panel surya bekerja mengkonversi cahaya matahari menjadi energi listrik DC (Adipradana et al., 2019). Safitri juga mengemukakan panel surya merupakan perangkat yang terdiri atas sel-sel yang mampu mengubah sinar matahari menjadi listrik. Matahari merupakan sumber cahaya yang energinya dapat dimanfaatkan, kemudian dapat diubah menjadi listrik arus searah (DC) (Ricardo, 2022).

2.1.6 Suhu Standar Panel Surya

Suhu menjadi bahasan utama dalam melakukan pengujian dan penerapan alat elektronika. Panel surya memiliki *Standar Test Condition (STC)* yaitu pada intesitas cahaya 1000Watt permeter persegi, AM 1.5 Spektrum atau dengan kondisi atmosfer bumi dengan sudut matahari 48.5º dan dengan suhu panel diharuskan 25ºC. Dengan kata lain, panel surya akan bekerja maksimal pada suhu normal atau 25ºC.

2.1.7 Sistem Pendingin

Gumilang menyebutkan Sistem pendingin 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 temapt yang lain dan ada perbedaan suhu di antara dua bagian benda. Panas akan pindah dari suhu tinggi ke suhu rendah (Loegimin et al., 2020).

2.1.8 Energi Matahari

Yandri mengemumkakan energi surya atau energi matahari adalah salah satu jenis energi terbarukan yang dipancarkan oleh matahari melalui peralatan tertentu untuk menjadi sumber daya dalam bentuk yang berbeda dan dapat digunakan sebagai salah satu energi alternatif (Lubna et al., 2021). Energi matahari memancarkan cahaya dan panas sebagai energi surya, maka dari situlah energi surya dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik tenaga surya. Energi ini adalah salah satu sumber dari energi alternatif yang dapat digunakan secara masal.

2.1.9 Arus dan Tegangan

Arus listrik merupakan energi yang dapat disalurkan melalui penghantar berupa kabel. Arus listrik ini timbul karena adanya perubahan muatan yang pindah melewati suatu titik per muatan waktu dalam suatu konduktor listrik (Prima Satya et al., 2020).

Tegangan atau beda potensial (*voltage*) adalah kerja yang dilakukan untuk menggerakkan satu muatan (sebesar satu coulomb) pada elemen atau komponen dari satu terminal/kutub ke terminal/kutub lainnya, atau pada kedua terminal/kutub akan mempunyai beda potensial (Rosman N et al., 2019).

2.1.10 Inverter

Inverter adalah rangkaian yang mengubah tegangan DC menjadi AC. Atau lebih tepatnya inverter memindahkan tegangan dari sumber DC ke beban AC. Sumber tegangan inverter dapat berupa baterai, Panel Surya maupun sumber tegangan DC lainnya (Alamsyah et al., 2019).

2.1.11 Baterai

Baterai untuk pemakaian PLTS lazim dikenal dan menggunakan deep cycle lead acid, artinya muatan baterai jenis ini dapat dikeluarkan (discharge) secara terus menerus secara maksimal mencapai kapasitas nominal. Baterai adalah komponen utama PLTS yang membutuhkan biaya investasi awal terbesar setelah panel surya dan inverter (Alamsyah et al., 2019).

2.1.12 NodeMCU ESP8266

NodeMCU ESP8266 merupakan platform berbasis IoT yang bersifat opensource. Terdiri dari perangkat keras berupa System OnChip ESP8266. Saat ini NodeMCU telah mengalami 3 kali upgrade. Perangkat yang kita pakai adalah NodeMCU versi ke 3 (V1.0) dimana memiliki kemampuan yang lebih baik dari versi sebelumnya (Boy Panroy Manullang et al., 2021).

2.1.13 Arduino Uno

Arduino Uno R3 adalah papan pengembangan mikrokontroler yang berbasis chip ATmega328P. Arduino Uno memiliki 14 digital pin input / output (atau biasa ditulis I/O, dimana 14 pin diantaranya dapat digunakan sebagai output PWM antara lain pin 0 sampai 13), 6 pin input analog, menggunakan crystal 16 MHz antara lain pin A0 sampai A5, koneksi USB, jack listrik, header ICSP dan tombol reset (Auliya Saputra, 2020).

2.1.14 Sensor DHT22

Abdullrazzak mengungkapkan sensor DHT22 sensor digital kelembaban dan suhu relatif. Sensor DHT22 menggunakan kapasitor dan termistor untuk mengukur udara disekitarnya dan keluar sinyal pada pin data. DHT22 diklaim memiliki kualitas pembacaan yang baik, dinilai dari respon proses akuisisi data yang cepat dan ukurannya yang minimalis, serta dengan harga relatif murah jika dibandingkan dengan alat thermohygrometer (Puspasari et al., 2020).

2.1.15 Sensor Tegangan DC

Imron mengungkapkan sensor tegangan DC merupakan rangkaian pembagi tegangan yang dibuat menjadi sebuah modul. Modul sensor tegangan DC dapat mengukur tegangan hingga 25V (Adi S, 2023).

2.1.16 Sensor ACS712

Sensor ACS 712 ini merupakan salah satu sensor yang mampu mendeteksi arus AC atau DC. Sensor ACS712 memiliki nilai akurasi yang lebih tinggi, linearitas yang lebih baik, dipasok oleh 5V DC; tegangan output adalah 4.5V, dan perlu lebih sedikit rangkaian untuk pengolahan data. Sensor arus ACS 712 tersebut dibuat secara compact oleh pabrik dalam bentuk IC yang bekerja dengan prinsip merespon dan mengukur medan magnet yang timbul disekitar kawat berarus dengan mengkombinasikan fungsi resistor shun dan current transformer sebagai sensor arus AC maupun DC yang memiliki tingkat akurasi pembacaan yang tinggi (Prima Satya et al., 2020).

2.1.17 Internet Of Things

Internet of Things, yang sering dikenal dengan istilah IoT adalah sistem embedded yang bertujuan untuk memperluas pemanfaatan dari konektivitas internet yang tersambung secara terus-menerus. Kemampuan seperti berbagi data, remote control, dan sebagainya, termasuk juga pada benda di dunia nyata contohnya seperti bahan pangan, elektronik, peralatan yang terhubung dengan sensor dan terhubung dengan jaringan (Susanto et al., 2022).

2.2. Penelitian Terdahulu

1. Nama : (Prima Dewi et al., 2022)
   Judul : Implementasi Sistem Pendingin Panel Surya Untuk Mempertahankan Suhu Permukaan Panel
   Isi : Energi surya merupakan jenis energi ramah lingkungan yang tergolong mudah dalam segi instalasi. Dengan wilayah geografis Indonesia yang mendukung, yakni memiliki sinar matahari sepanjang tahun, maka penggunaan energi surya merupakan

pilihan yang paling tepat untuk menningkatan penggunaan energi terbarukan. Eefisiensi panel surya dipengaruhi beberapa faktor salah satunya suhu permukaan panel surya. Saat suhu permukaan panel surya mengalami kenaikan, justru output dayanya menjadi menurun. Dalam penelitian ini suhu permukaan panel surya akan dipertahankan tidak lebih dari 40°C guna mengurangi rugi-rugi daya akibat suhu panas permukaan panel. Suhu permukaan panel diukur oleh sensor suhu DS18B20 kemudian dikirimkan ke NodeMCU ESP8622 sehingga dapat ditampilkan melalui aplikasi bylink di smartphone. Saat suhu panel surya diatas 40°C maka sistem pendingin akan menyala secara otomatis, maka rata-rata waktu yang dibutuhkan sistem pendingin untuk mencapai suhu dibawah 40°C adalah sebesar 1,5 menit. Dari 3 hari percobaan, diketahui bahwa sistem pendingin dan monitoring suhu yang dibuat berhasil berjalan dengan baik. Sensor suhu dapat membaca suhu permukaan panel, sistem pendingin dapat bekerja secara otomatis, dan aplikasi dapat menampilkan hasil pembacaan sensor.

2. Nama : (Sariman et al., 2022)
   Judul : Sistem Pendingin Menggunakan Air Untuk Optimasi Kinerja Panel Surya Berbasis Arduino
   Isi : Salah satu energi alternatif yang paling banyak digunakan adalah sel surya. Namun sel surya hanya dapat bekerja optimal pada suhu 25°C. Ini menjadi kendala bagi negara tropis seperti Indonesia yang memiliki suhu rata-rata pada siang hari 32°C. Air akan mengalir pada permukaan panel surya jika suhu lebih dari 35°C. Pengamatan akan dilakukan terhadap tegangan, arus dan daya sel surya untuk mengetahui kinerja sistem pendingin. Hasil penelitian menunjukkan sistem pendingin menggunakan air pada panel surya berhasil menurunkan suhu rata-rata permukaan pada panel surya sebesar 27,56°C, serta bahwa terjadi perbedaan tegangan, arus dan daya yang dihasilkan adalah sebesar 1,18V, 103,55mA dan 2210mW. Parameter yang paling berpengaruh dengan penambahan sistem pendingin adalah arus. Sehingga pengisian baterai 5.5Ah lebih cepat 1,48 jam dibandingkan tanpa menggunakan sistem pendingin. Ini menunjukkan bahwa sistem pendingin panel surya dengan air mampu meningkatkan kinerja sel surya dengan mempercepat waktu pengisian baterai.
3. Nama : (Rahajoeningroem & Jatnika, 2022)
   Judul : Sistem Pendingin Otomatis Panel Surya Untuk Peningkatan Daya Output Berbasis Mikrokontroler
   Isi : Panel surya akan menghasilkan energi listrik sesuai besar intensitas cahaya yang diterimanya dari pancaran cahaya matahari. Dimana suhu panel surya yang bekerja pada standar suhu normal (25°C) akan bekerja secara optimal. Apabila temperatur dari panel surya tersebut terlalu panas akan menurunkan kinerja dari sel surya tersebut. Tujuan dari penelitian ini adalah merancang sebuah sistem pendingin panel surya

otomatis. Adapun metode yang dilakukan dengan cara mengalirkan air pada permukaan belakang panel surya melalui pipa saluran air yang terbuat dari alumunium pada bagian belakang panel surya. Dengan tujuan agar dapat menjaga temperatur dari panel surya tersebut agar tidak menerima panas berlebih yang mengakibatkan kinerja dari panel suryanya tidak maksimal. Pada pengujian ini menggunakan panel surya 50 Wp yang menggunakan pendingin dan tanpa pendingin. Didapat hasil daya rata-rata dari panel surya tanpa pendingin sebesar 22.32Watt dan efisiensi nya sebesar 12.62%, sedangkan daya rata-rata panel surya menggunakan pendingin didapat 27.8Watt dan efisiensinya 15.09%. jika dibandingkan panel surya tanpa pendingin, panel surya yang menggunakan pendingin efisiensi nya lebih besar didapat peningkatan efisiensi sebesar 2.47%.

Tabel 1. Perbandingan Penelitian Terdahulu

Peneliti	Sistem Pendingin			Sensor Suhu			Mikrokontroler		Tampilan	
	Air	Sabut kelapa	Kipas	LM35	DS18B20	DHT22	Arduino Uno	ESP8266	LCD	IoT
(Prima Dewi et al., 2022)		✓			✓			✓	✓	✓
(Sariman et al., 2022)	✓			✓			✓		✓	
(Rahajoeningroem & Jatnika, 2022)	✓				✓		✓		✓	
(Muhammad Dwi Erlangga, 2023)			✓			✓	✓	✓	✓	✓

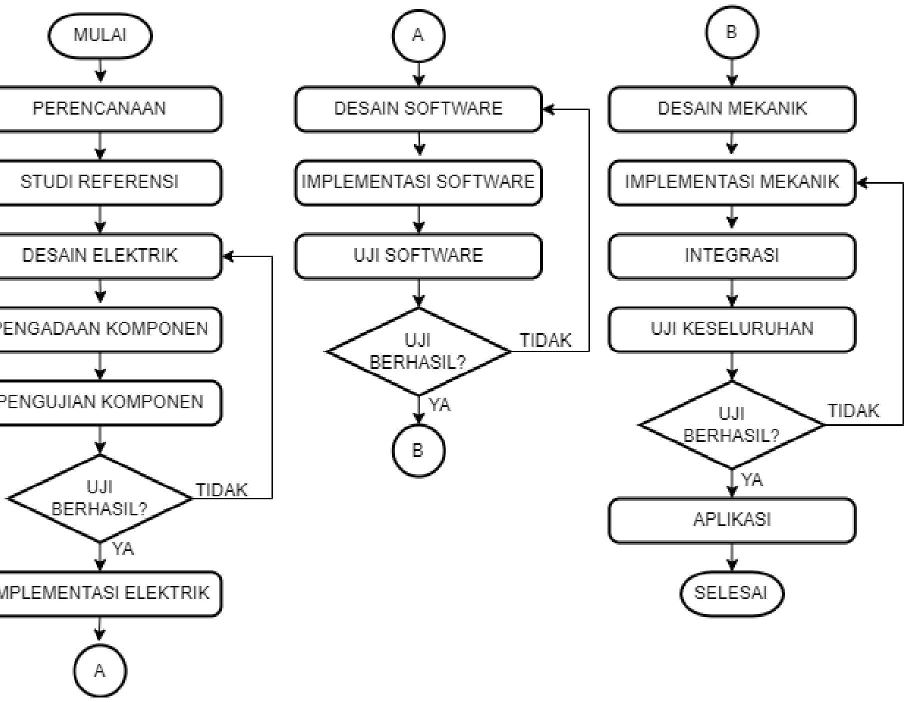
BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

3.1.1 *Hardware Programming*

Metode penelitian yang digunakan untuk perancangan dan pengembangan Optimalisasi Temperatur Panel Surya Monokristalin untuk Peningkatan Daya Berbasis *Internet of Things* di Universitas Pakuan ini adalah menggunakan metode penelitian bidang Hardware Programming yang ditunjukan pada gambar berikut.



Gambar 5. Metode Penelitian Hardware Programming

3.1.1.1 Perencanaan

Tahap perencanaan ini merupakan proses awal dari penelitian dengan judul "Optimalisasi Temperatur Panel Surya Monokristalin untuk Peningkatan Daya Berbasis *Internet of Things* di Universitas Pakuan". Dalam perancangan proyek penelitian, perancangan menentukan bagaimana sistem tersebut berjalan dari awal hingga ke tujuan akhir yang sudah ditetapkan. Pada tahap ini pembuatan diagram blok sistem. Blok sistem ini bertujuan untuk memperoleh pengertian dari alur sistem yang dibuat.

3.1.1.2 Studi Referensi

Studi referensi dari penelitian ini dibatasi oleh pencarian topik yang terkait dengan "Optimalisasi Temperatur Panel Surya Monokristalin untuk Peningkatan Daya Berbasis *Internet of Things* di Universitas Pakuan".

Studi referensi ini menggunakan jurnal dengan jangka waktu 5 tahun sebelum penelitian ini dilaksanakan. Studi referensi yang dicari berupa:

1. Skripsi terdahulu dengan topik yang serupa.
2. Jurnal nasional dengan topik yang serupa.
3. Jurnal internasional dengan topik yang serupa.

3.1.1.3 Desain Elektrik

Dalam desain elektrik terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan, anatara lain:

1. Sumber catu daya dan pembagian daya untuk masing-masing komponen.
2. Kebutuhan tegangan dan arus mikrokontrol, sensor dan panel surya.
3. Desain sistem kontrol yang diterapkan.
4. Pengetesan sistem listrik yang telah dirancang.

3.1.1.4 Pengadaan Komponen

Pengadaan komponen adalah mempersiapkan bahan-bahan yang akan digunakan untuk proyek penelitian ini, pengadaan komponen meliputi:

1. Pemilihan modul mikrokontroler.
2. Pemilihan solar panel.
3. Pemilihan sistem pendingin.
4. Pemilihan sensor.

3.1.1.5 Pengujian Komponen

Tahap ini adalah pengujian terhadap fungsi kerja dari komponen-komponen yang akan dilakukan pada Arduino IDE melalui serial monitor yang terhubung dengan Arduino Uno dan NodeMCU ESP8266 melalui koneksi USB.

3.1.1.6 Implementasi Elektrik

Implementasi elektrik adalah melakukan pengecekan tegangan terhadap komponen-komponen yang akan digunakan, hal ini bertujuan untuk menstabilkan dan mengontrol arus yang digunakan sesuai dengan kebutuhan sistem.

3.1.1.7 Desain Software

Dalam perancangan perangkat lunak yang dibutuhkan adalah Arduino IDE, Fritzing, Ms. Word, Ms. Excel, Draw IO, Visual Studio Code, dan XAMPP.

3.1.1.8 Implementasi Software

Dalam implementasi software ini bertujuan untuk menyelesaikan suatu sistem perangkat lunak yang sudah di tentukan pada rancangan sebelumnya.

3.1.1.9 Uji Software

Uji software ini memastikan serta menguji perangkat lunak, sesuai rancangan untuk mengetahui adanya kerusakan pada software tersebut.

3.1.1.10 Desain Mekanik

Desain mekanik merupakan hal penting yang harus diperhatikan dalam perancangan sistem perangkat keras. Kebutuhan sistem terhadap desain mekanik antara lain:

1. Penempatan komponen elektronik yang dibuat semaksimal mungkin untuk menghasilkan kinerja system yang optimal.

2. Sistem pendingin harus disimpan pada panel surya dengan susunan yang tepat agar hasil pendinginan maksimal.
3. Penempatan sensor suhu pada panel surya disimpan pada titik yang tepat, agar pendapatan suhu dari panel surya didapatkan lebih baik.

3.1.1.11 Implementasi Desain Mekanik

Dalam implementasi desain mekanik bertujuan untuk mempersiapkan serta menyelesaikan suatu rangkaian alat penelitian dan mengcek keseluruhan komponen yang sudah ditentukan pada rancangan sebelumnya.

3.1.1.12 Integrasi

Integrasi suatu struktur mekanik kelistrikan dan software yang dirancang untuk dilakukannya tes uji keseluruhan pada sistem yang dibuat.

3.1.1.13 Uji Keseluruhan

Uji keseluruhan ini dilakukan untuk mengetahui apakah seluruh fungsi sistem pada rancangan yang sudah ditentukan sesuai konsep. Jika sistem tidak berjalan dengan baik maka akan dilakukan pemeriksaan pada implementasi sistem.

3.1.1.14 Aplikasi

Aplikasi dimana untuk meningkatkan sebuah sistem yang sudah dirancang sedemikian rupa untuk lebih memaksimalkan serta mengoptimalkannya agar sistem yang dibuat jauh lebih baik.

3.1.2 *Forecasting*

Forecasting atau bisa disebut peramalan adalah alat atau teknik untuk memprediksi atau memperkirakan suatu nilai pada masa mendatang dengan memperhatikan data atau informasi yang relevan, baik data atau informasi masa lalu maupun data atau informasi saat ini, dan peramalan hampir selalu dilakukan oleh setiap orang, baik itu dalam pemerintahan, perusahaan, bahkan orang awam sekalipun. Peramalan merupakan suatu hal penting yang mencakup berbagai bidang termasuk bisnis dan industri, pemerintah, ekonomi, ilmu lingkungan, kedokteran, ilmu sosial, politik, dan keuangan (Azman Maricar, 2019).

Forecasting dengan Exponential Smoothing digunakan untuk mendapat nilai prediksi dari daya panel surya dengan sistem pendingin. Exponential smoothing merupakan salah satu model yang dapat digunakan untuk melakukan forecasting data deret waktu (Fiqri, 2021).

$$F_{t+1} = F_t + \alpha(Y_t - F_t) \tag{1}$$

Keterangan:
F_{t+1} = Perkiraan baru (untuk periode waktu t + 1)
F_t = Ramalan sebelumnya (untuk periode waktu t)
α = Nilai penghalusan($0 \leq \alpha \leq 1$)
Y_t = Permintaan aktual periode sebelumya

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Waktu pelaksanaan penelitian ini berjalan mulai 20 Oktober 2023 di Kampus Universitas Pakuan Bogor.

3.3 Alat dan Bahan

3.3.1 Alat Penelitian

Alat yang digunakan untuk melakukan peneltian berupa perangkat keras dan perangkat lunak, sebagai berikut:

Perangkat keras	:	Laptop MSI A11M, 16GB RAM, 500GB SSD, Intel I7-1195G7, Intel Iris Xe, Printer, Multimeter, Solder, gunting, Obeng, Perkakas
Perangkat lunak	:	Arduino IDE, Visual Studio Code, Google Colab, Microsoft Office, Google Chrome, Fritzing, Tinkercad, Mendeley Refrence

3.3.2 Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan sebagai sumber informasi pada penelitian in diantaranya:

1. Jurnal, buku, penelitian, artikel dan sumber internet sebagai referensi dalam pembuatan laporan penelitian ini.
2. Artikel seputar pendingin sistem panel surya.
3. Pengumpulan data-data mengenai panel surya.

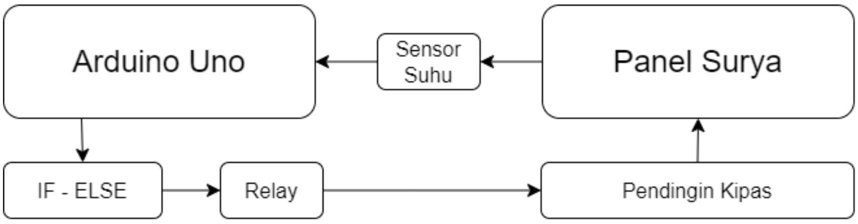
BAB IV

DESAIN DAN IMPLEMENTASI

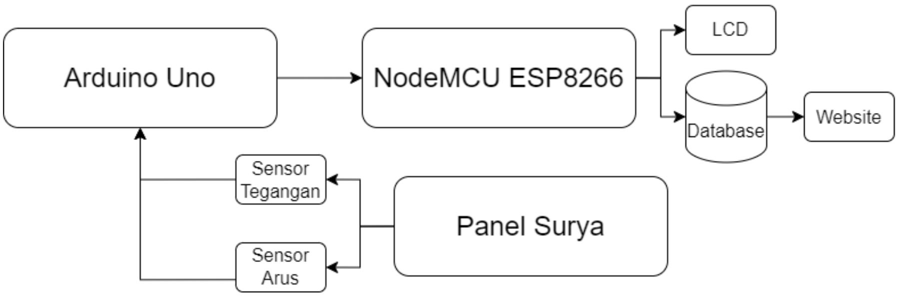
4.1 *Hardware Programming*

4.1.1 Perencanaan

Tahap perencanaan ini merupakan proses awal dari penelitian dengan judul "Optimalisasi Temperatur Panel Surya Monokristalin untuk Peningkatan Daya Berbasis *Internet of Things* di Universitas Pakuan". Dalam perancangan proyek penelitian, perancangan menentukan bagaimana sistem tersebut berjalan dari awal hingga ke tujuan akhir yang sudah ditetapkan. Pada tahap ini pembuatan diagram blok sistem. Blok sistem ini bertujuan untuk memperoleh pengertian dari alur sistem yang dibuat. Berikut dibawah ini adalah gambar diagram blok dapat dilihat pada gambar 6 dan gambar 7.



Gambar 6. Diagram Blok Sistem Pendingin

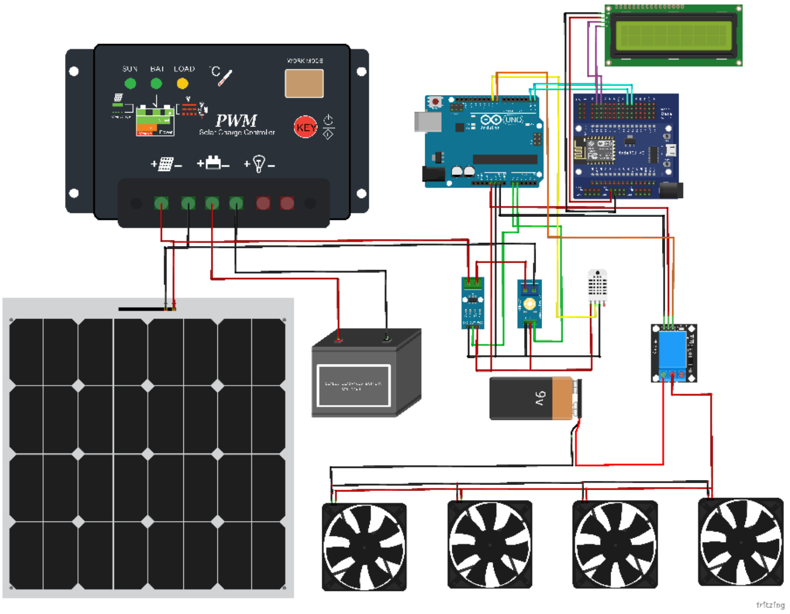


Gambar 7. Diagram Blok Monitoring Panel Surya

4.1.2 Studi Referensi

Setelah pada tahap perencanaan sudah selesai, maka dilanjtkan dengan penelitian awal dari sistem yang akan dibuat. Tahapan penelitian ini merujuk pada pengecekan bahwa semua komponen dapat berjalan dengan optimal. Alat yang digunakan berupa panel surya dengan jenis monokristalin 120WP, sensor arus ACS712, sensor tegangan, sensor suhu DHT22, relay, Arduino Uno dan NodeMCU ESP8266.

4.1.3 Desain Elektrik

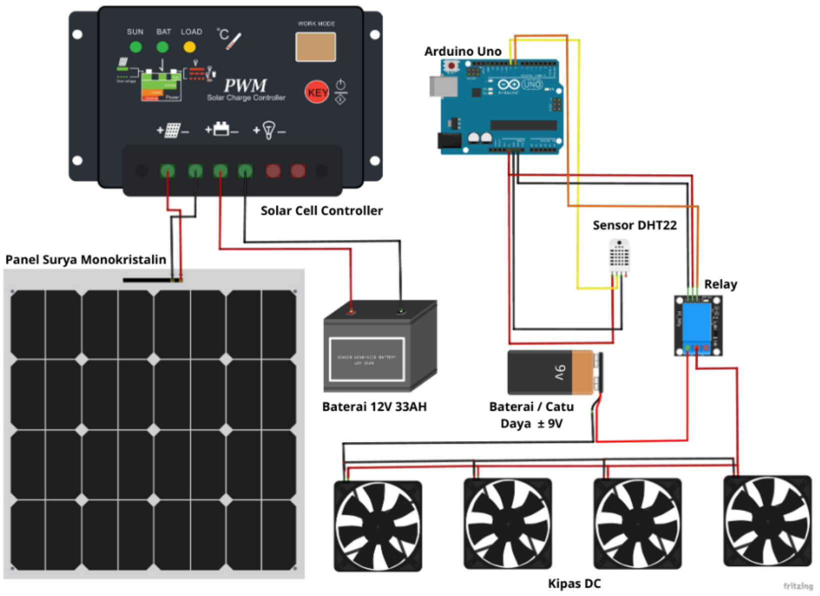


Gambar 8. Desain Elektrik Gambaran Umum

Gambaran umum pada sistem ini terdiri dari panel surya monokristalin 120WP, batarai 12V 33AH, *solar cell controller / inverter*, Arduino Uno, NodeMCU ESP8266, relay, LCD I2C 16x2, sensor tegangan, sensor ACS712, sensor DHT22, baterai atau catu daya ±9V dan kipas DC. Mula-mula sensor suhu DHT22 membaca suhu pada panel surya, lalu data tersebut akan dikirim ke Arduino Uno untuk mengintrusikan relay untuk hidup atau mati agar kipas bisa menyala atau tidak.

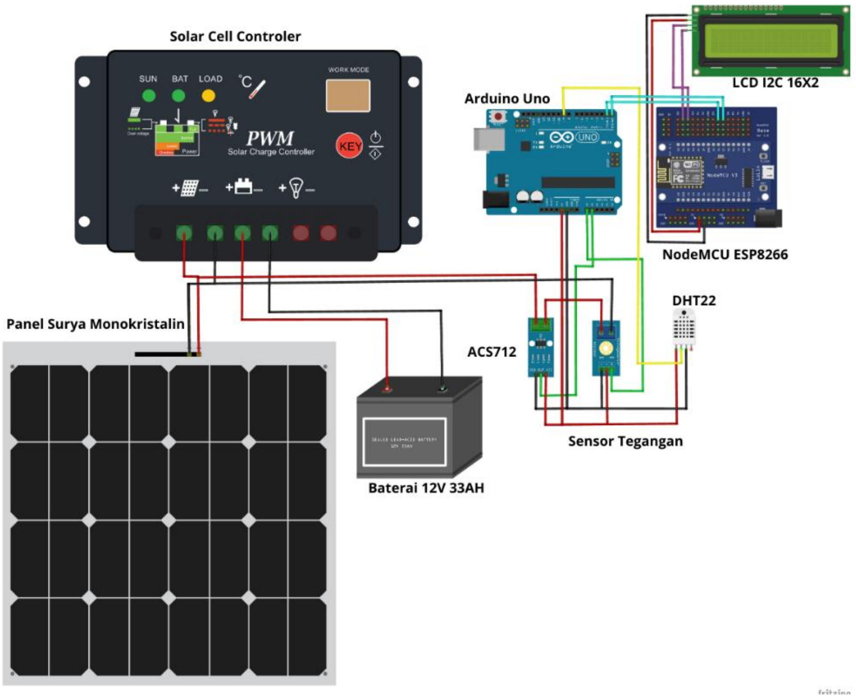
Sensor tegangan dan ACS712 juga akan membaca hasil tegangan dan arus dari panel surya yang datanya akan dikirim kepada Arduino Uno. Semua data yang didapatkan sensor tegangan, ACS712 dan DHT22 akan diberikan ke NodeMCU ESP8266 lalu akan ditampilkan pada LCD. NodeMCU ESP8266 juga akan mengunggah semua data ke dalam webserver atau database XAMPP serta data dapat dilihat pada halaman web.

Desain elektrik pendinginan dibuat untuk menunjukan rangkaian yang terhubung pada komponen Arduino Uno mengacu pada port yang terkoneksi pada setiap bagian dari sistem, skematik rangkaian dapat ditunjukan pada Gambar 9.



Gambar 9. Desain Elektrik Sistem Pendinginan

Desain elektrik monitoring panel surya dibuat untuk menunjukan rangkaian yang terhubung pada komponen Arduino Uno dan NodeMCU ESP8266 yang mengacu pada penempatan port yang terkoneksi pada setiap bagian dari sistem, skematik rangkaian dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Desain Elektrik Monitoring Panel Surya

4.1.4 Pengadaan Komponen

Tahapan ini membutuhkan pengamatan dan ketelitian dalam memilih komponen yang tepat dan sesuai. Berikut adalah komponen yang disiapkan dalam penelitian ini:

1. Pemilihan Mikrokontroler

Mikrokontroller yang digunakan untuk membangun sistem ini adalah modul mikrokontroller Arduino Uno dan NodeMCU ESP8266.

A. Arduino Uno

Arduino Uno digunakan untuk membaca dan memproses data dari sensor DHT22, sensor tegangan dan sensor arus ACS712. Kemudian Arduino Uno ini digunakan untuk memberi intruksi kepada Relay untuk memutus atau menghubungkan arus listrik yang terhubung pada catu daya dan kipas. Data-data yang didaptkan dan diproses didalam Arduino Uno ini akan diberikan kepada NodeMCU ESP8266 yang nantinya akan diunggah kedalam database dan ditampilkan pada LCD dan website.

B. NodeMCU ESP8266

NodeMCU ESP8266 ini digunakan dan difokuskan sebagai penerima data-data dari Arduino Uno. Data tersebut akan disimpan pada databse lalu akan ditampilkan melalui LCD dan website.

2. Pemilihan Sensor

Pemilihan sensor dalam sistem ini adalah sensor tegangan, sensor arus ACS712 dan sensor suhu DHT22.

A. Sensor Tegangan

Sensor ini merupakan sensor pembaca tegangan DC yang dihubungkan dengan panel surya lalu akan diberikan kepada Arduino Uno untuk diolah. Sensor ini dapat membaca data tegangan dari 0V hingga 25V.

B. Sensor Arus ACS712

Sensor arus yang digunakan dalah bertipe AS712, sensor ini bisa membaca data hingga 30 Amper. Arus ini juga dihubungkan dengan daya keluaran panel surya. Data yang sudah didapatkan akan dikirim ke Arduino Uno untuk dilakukan proses lanjutan.

C. Sensor Suhu DHT22

Sensor ini digunakan sebagai pembaca suhu yang dihasilkan oleh panel surya. Panel surya memiliki suhu optimal untuk bekerja, maka sensor ini akan memberikan data suhu yang terbaca kepada Arduino Uno untuk memberikan intruksi kepada Relay ketika suhu panel surya melibihi suhu optimalnya.

3. Pemilihan Relay

Relay adalah komponen atau modul yang berfungsi sebagai penghubung atau pemutus sebuah arus listrik. Relay berfungsi dalam penelitian ini untuk pemotong dan penghubung listrik yang terhubung dengan kipas pendingin. Relay disini akan

bekerja sesuai perintah Arduino Uno dengan patokan suhu yang dibaca sensor DHT22.

4. Pemilihan Layar Tampilan

Pemilihan layar tampilan dalam penelitian ini menggunakan LCD 16x2 I2C. LCD ini mudah digunakan karena menggunakan modul I2C sebagai komunikasi data antara mikrokrokontroler dan LCD. Komponen ini digunakan sebagai tampilan data yang sudah diproses pada Arduino Uno.

5. Pemilihan Sistem Pendingin Kipas

Kipas yang digunakan dalam sistem pendingin adalah kipas dengan tegangan 9V hingga 12V. kipas ini digunakan sebanyak 4 buah untuk memaksimalkan sistem pendinginan panel surya.

6. Pemilihan Panel Surya

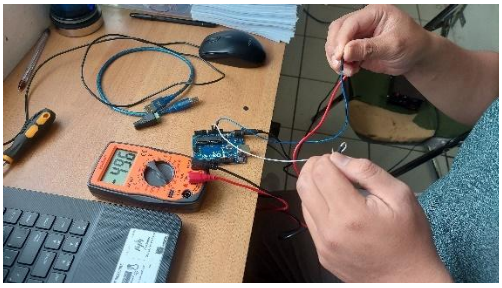
Panel surya yang dipakai adalah panel surya Monokristalin 120WP dengan dimensi 90cm x 67cm x 3 cm. Panel surya ini memiliki efesiensi sebesar 17%-18%.

4.1.5 Pengujian Komponen

Tahapan in idulakukan untuk mengetes komponen yang akan digunakan pada model sistem ini. Dalam pengetesan ini dilakukan testing terhadap fungsi komponen menggunakan multimeter untuk mengetauhui input dan output tegangan yang ada pada komponen tersebut.

1. Pengujian Mikrokontroler Arduino Uno

Untuk pengujian Arduino uno yang digunakan telah diberikan tegangan sebesar 6V dan 9V menggunakan catu daya. Setelah itu tegangan dicek pada pin 5V yang dihubungkan dengan phobe positif dan pin GND terhubung dengan negative pada multimeter.



Gambar 11. Pengujian Arduino Uno

Tabel 2. Pengujian Arduino Uno

Tegangan masukan	Tegangan keluaran
6V	4.96V
9V	5.08V

Dari pengujian tersebut tegangan input 6V dari catu daya, menghasilkan keluaran daya sebesar 4.94V dimana komponen elektronik seperti sensor tegangan, sensor ACS712 dan sensor DHT22 dapat bekerja pada daya ±5V. Output tegangan yang

dkeluarkan oleh Arduino UNO sudah dikonversi IC regulator serta komponen tambahan lainnya untuk menyesuaikan tegangan yang dibutuhkan oleh modul elektronik.

2. Pengujian Mikrokontroler NodeMCU ESP8266

Untuk pengujian Arduino uno yang digunakan telah diberikan tegangan sebesar 6V dan 9V menggunakan catu daya. Setelah itu tegangan dicek pada pin 5V dan 3.3V yang dihubungkan dengan phobe positif dan pin GND terhubung dengan negative pada multimeter.

Gambar 12. Pengujian NodeMCU ESP8266

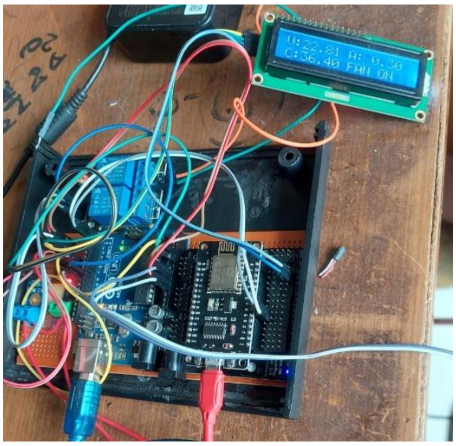
Tabel 3. Pengujian NodeMCU ESP8266

Tegangan Masukan	Tegangan Keluaran Pin 5V	Tegangan Keluaran Pin 3.3V
6V	4.89V	3.25V
9V	5.14	3.35V

Dari pengujian tersebut tegangan input 6V dari catu daya, menghasilkan keluaran daya sebesar 4.89V dimana komponen elektronik LCD 16x2 I2C dapat bekerja pada daya ±5V. Output tegangan yang dkeluarkan oleh NodeMCU ESP8266 sudah dikonversi IC regulator serta komponen tambahan lainnya untuk menyesuaikan tegangan yang dibutuhkan oleh modul elektronik.

4.1.6 Implementasi Elektrik

Implementasi elektrik dilakukan untuk mengetes apakah tegangan yang dimasukan hingga dikeluarkan maksimal. Pengetesan ini bermaksud agar semua komponen berjalan dengan baik dan sesuai fungsi yang dituju. Rangkaian dapat dilihat pada Gambar 13.

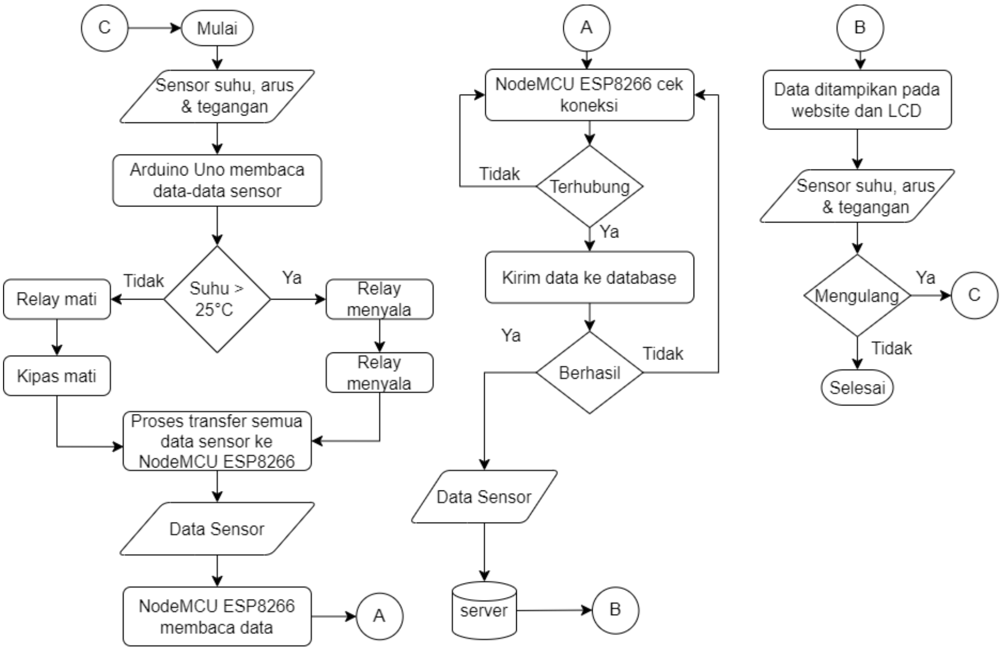


Gambar 13. Rangkaian Alat Optimalisasi dan Monitoring

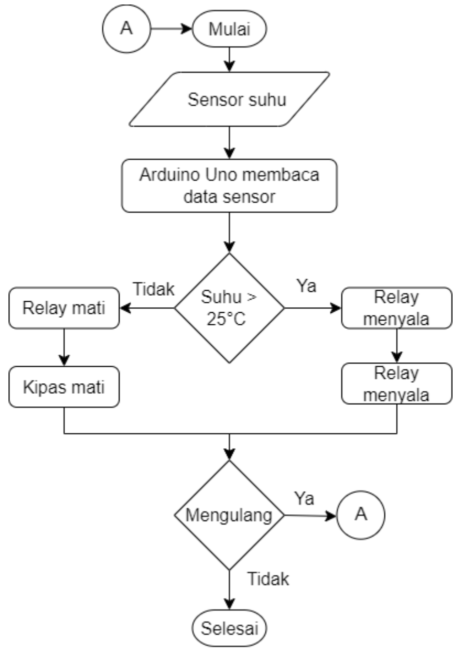
Keterangan:
1. Box hitam digunakan untuk menjadi tempat sistem dan komponen berjalan.
2. Arduino Uno sebagai pengolah data dari sensor-sensor.
3. NodeMCU ESP8266 sebagai penerima data yang sudah diolah oleh Arduino Uno lalu diunggah kedalam database dan ditampilkan pada LCD dan website.
4. Sensor tegangan sebagai pembaca tegangan yang dihasilkan panel surya.
5. Sensor ACS712 sebagai pembaca arus yang dihasilkan panel surya.
6. Sensor DHT22 sebagai pembaca suhu yang dihasilkan panel surya.
7. Relay sebagai penghubung dan pemutus arus listrik untuk kipas.

4.1.7 Desain Software

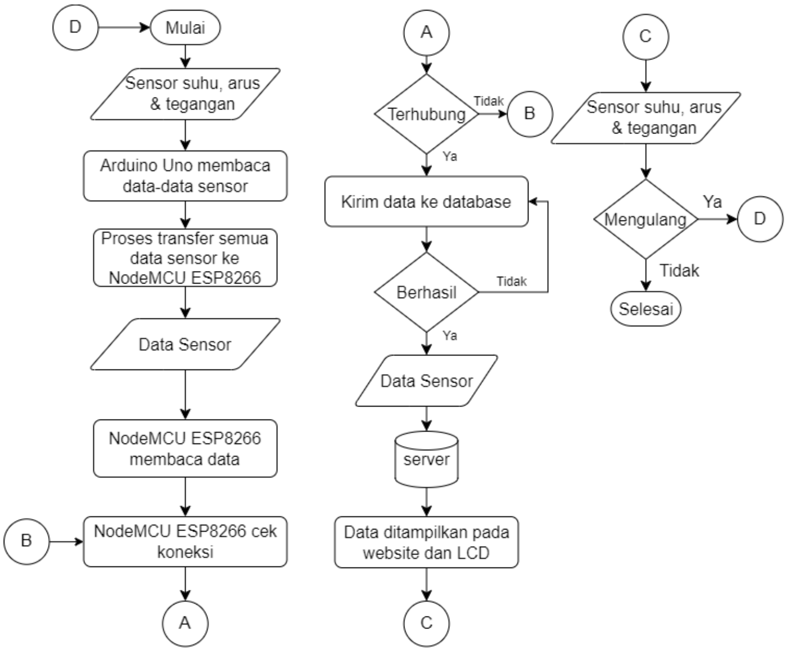
Diagram alir atau biasa disebut dengan *flowchart* berisi sebuah alur dari kerja sistem yang berjalan, tujuan dari diagram alir ini adalah bentuk dari mempermudah pembacaan dari masukan, proses dan keluaran dari pada sistem yang dibuat. Diagram alir bisa dilihat pada Gambar 14, 15 dan 16.



Gambar 14. Diagram Alir Sistem Secara Umum

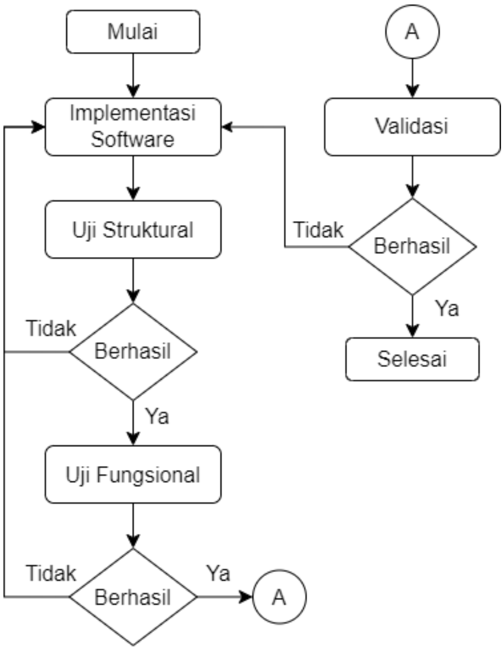


Gambar 15. Diagram Alir Sistem Pendinginan



Gambar 16. Diagram Alir Sistem Monitoring

4.1.8 Implementasi Software

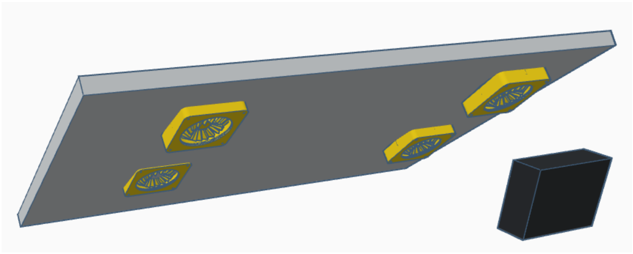


Gambar 17. Implementasi Software

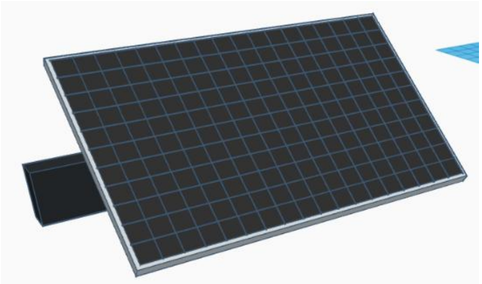
Pada tahap ini dilakukan pengetesan semua perangkat lunak yang akan digunakan pada model sistem ini. Dalam pengetesan ini dilakukan testing terhadap fungsi komponen yang digunakan dan meilhat output pada aplikasi.

4.1.9 Desain Mekanik

Desain mekanik merupakan hal penting yang harus diperhatikan dalam perancangan sistem perangkat keras. Berikut merupakan desai mekanik pada penelitian dapat dilihat pada Gambar 18 dan Gambar 19.



Gambar 18. Desain Mekanik Tampak Belakang



Gambar 19. Desain Mekanik Tampak Depan

Keterangan:

1. Gambar 18 dapat dilihat terdapat 4 buah kipas berada pada sisi belakang panel surya dan disampingnya terdapat box untuk menyimpan alat sistem.
2. Gambar 19 menunjukan tampak depan desain mekanik.

4.1.10 Implementasi Mekanik

Tahapan ini merupakan pengimplementasian sebuah sistem pendingin terhadap panel surya serta sistem ini dapat memonitoring data yang terbaca baik secara *offline* atau *online*. Penempatan sistem ini berada didalam ruangan atau terhindar dari atap terbuka untuk menghindari percikan air agar tidak mudah rusak dan terhindari dari korosi sehingga sistem dapat bekerja dengan optimal.

4.1.11 Integrasi

Tahap ini melakukan perakitan berdasarkan proses desain elektrik, desain mekanik dan desain *software.*

4.1.12 Uji Keseluruhan

Tahapan ini adalah pengujian fungsionalitas keseluruhan dari sistem yang sudah dibuat untuk memastikan sistem berjalan dengan baik dan optimal. Sistem ini melakukan pengujian structural, fungsional dan validasi.

4.1.13 Aplikasi

Aplikasi pada penelitian ini dapat melihat data keluaran yang digunakan pada *solar cell controller* melalui sebuah website atau dapat dilihat juga pada LCD yang tersedia.

4.2 Forecasting

Setelah dilakukan perhitungan menggunakan rumus Exponential Smoothing didapat hasil watt forecasting selama 45 hari. Data forecasting akan ditampilkan pada tabel 8.

BAB V

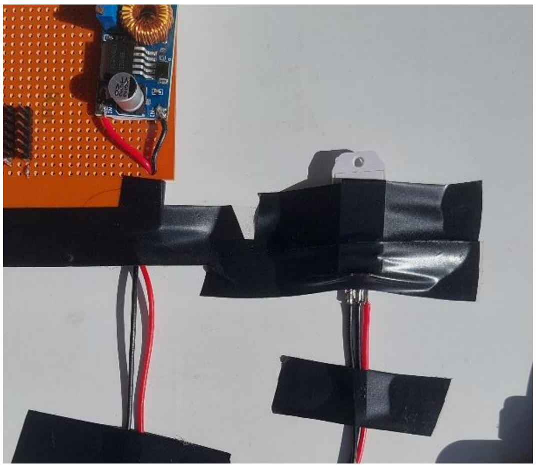
HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Penelitian

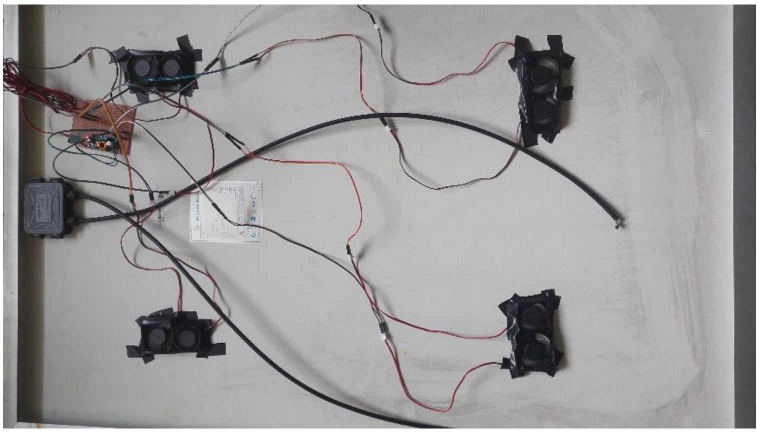
Pada tahapan sebelumnya sudah dijelaskan proses perancangan hingga implmentasi Sistem Pendingin dan Monitoring Panel Surya dengan menggunakan mikrokontroler Arduino Uno dan NodeMCU ESP8266. Alat ini tidak perlu tempat yang begitu besar, alat ini dapat disimpan pada samping *Solar Cell Controller / inverter*, namun membutuhkan kabel yang cukup panjang untuk menempatkan sensor pada panel surya dan perkabelan kipas.

5.1.1 Bagian Utama Model Sistem Pendingin dan Monitoring Panel Surya

Bagian utama dari sistem pendignan panel surya menggunakan kipas terdapat pada sensor suhu DHT22 yang terintegrasi dengan Arduino Uno sebagai pemrosesan sistem dan mengatur hidup dan matinya Relay untuk menyalurkan arus listrik pada kipas. Sensor tegangan dan ACS712 juga akan mengambil data panel yang masuk lalu akan diproses didalam Arduino Uno. Arduino Uno akan mengirimkan semua data sensor ke dalam NodeMCU ESP8266 yang nantinya akan diunggah kedalam server dan ditampilkan pada website dan LCD. Bagian utama dari sistem pendingin dan monitoring panel surya dapat dilihat pada Gambar 20, 21, 22 dan 23.

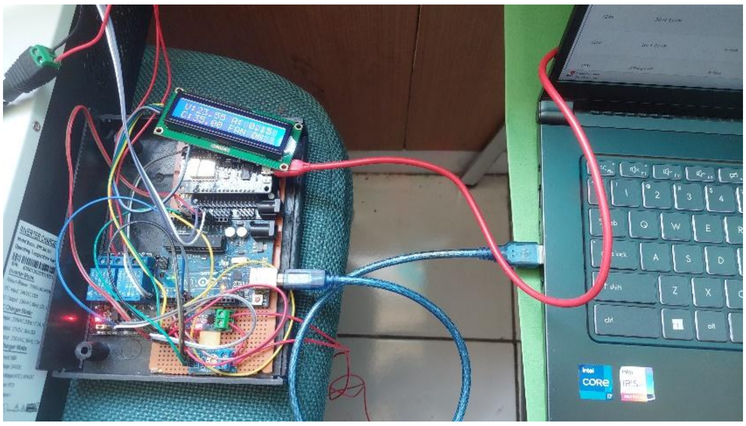


Gambar 20. Penempatan Sensor DHT22



Gambar 21. Sistem Pendingin Panel Surya

Gambar 22. Panel Surya Monokritaslin



Gambar 23. Bagian Sistem Kontrol dan Monitoring

5.1.2 Bagian Kontrol Sistem Pendingin dan Monitoring Panel Surya

Pada bagian kontrol sistem pendingin dan monitoring panel surya terdapat Mikrokontroler Arduino Uno dan NodeMCU ESP8266, catu daya 12V, sensor tegangan, sensor ACS712, sensor DHT22 dan inverter. Dapat dilihat pada Gambar 24.

Gambar 24. Sistem kontrol dan Monitoring

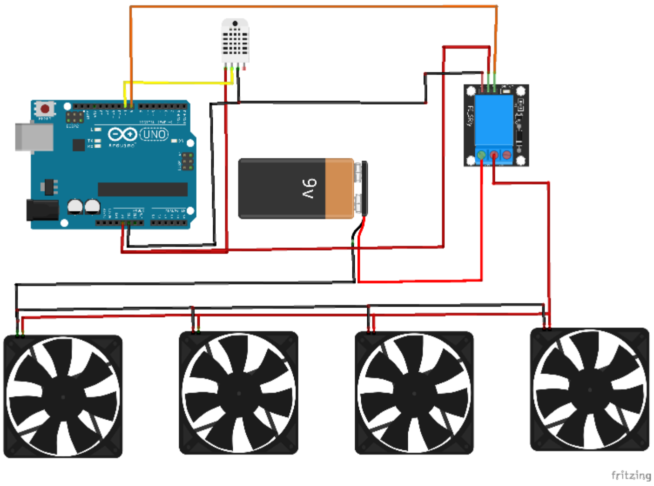
5.2 Pembahasan

Pada tahapan ini akan menjelaskan bagaimana sistem bekerja, ada beberapa komponen beserta fungsinya diantaranya mikrokontroler Arduino Uno dan NodeMCU ESP8266 sebagai pemrosesan dan pengolahan data, catu daya 12V untuk menghidupkan kipas, relay untuk memutus dan menghubungkan listrik catu daya, sensor tegangan untuk mengambil data tegangan panel surya, sensor ACS712 untuk mengambil data arus panel surya, sensor DHT22 untuk menghitung temperatur panel surya, LCD untuk menampilkan data serta *Solar Cell Controler/inverter* sebagai pembacaan data dari panel surya.

Pembacaan data temperatur panel surya oleh DHT22 yang akan diproses Arduino Uno, lalu jika keadaan temperatur diatas 25°C maka Arduino Uno akan mengintruksikan Relay untuk menghubungkan arus listrik sehingga kipas akan menyala.

5.2.1 Pengujian Sistem Pendinginan

Skema rancangan sensor DHT22 pada sistem pendinginan dapat dilihat pada Gambar 25.



Gambar 25. Rancangan Deteksi Temperatur dan Sistem Pendingin

Tabel 4. Pengujian Deteksi Temperatur dan Sistem Pendingin

No	Waktu	Suhu	Keterangan	No	Waktu	Suhu	Keterangan
1	9:02:43	29.7	Kipas Menyala	20	12:23:37	32.6	Kipas Menyala
2	9:12:47	29.3	Kipas Menyala	21	12:33:41	33.5	Kipas Menyala
3	9:22:50	29.2	Kipas Menyala	22	12:43:45	33.6	Kipas Menyala
4	9:32:53	28.8	Kipas Menyala	23	12:53:48	33.3	Kipas Menyala
5	9:42:57	28.5	Kipas Menyala	24	13:03:52	33.1	Kipas Menyala
6	9:53:01	28.6	Kipas Menyala	25	13:13:55	32.9	Kipas Menyala
7	10:03:04	28.6	Kipas Menyala	26	13:23:58	32.8	Kipas Menyala
8	10:13:08	28.4	Kipas Menyala	27	13:34:01	32.6	Kipas Menyala
9	10:23:11	28.7	Kipas Menyala	28	13:44:04	32.5	Kipas Menyala
10	10:43:14	28.9	Kipas Menyala	29	13:54:07	32	Kipas Menyala
11	10:53:18	29.1	Kipas Menyala	30	14:04:10	31.7	Kipas Menyala
12	11:03:21	29.3	Kipas Menyala	31	14:14:13	31.3	Kipas Menyala
13	11:13:25	29.7	Kipas Menyala	32	14:24:16	31.1	Kipas Menyala
14	11:23:28	30	Kipas Menyala	33	14:34:19	30.6	Kipas Menyala
15	11:33:21	30.7	Kipas Menyala	34	14:44:23	30.1	Kipas Menyala
16	11:43:24	31	Kipas Menyala	35	14:54:27	31.3	Kipas Menyala
17	11:53:27	31.3	Kipas Menyala	36	15:04:31	30.5	Kipas Menyala
18	12:03:30	32.1	Kipas Menyala	37	15:14:34	29.7	Kipas Menyala
19	12:13:34	32.3	Kipas Menyala				

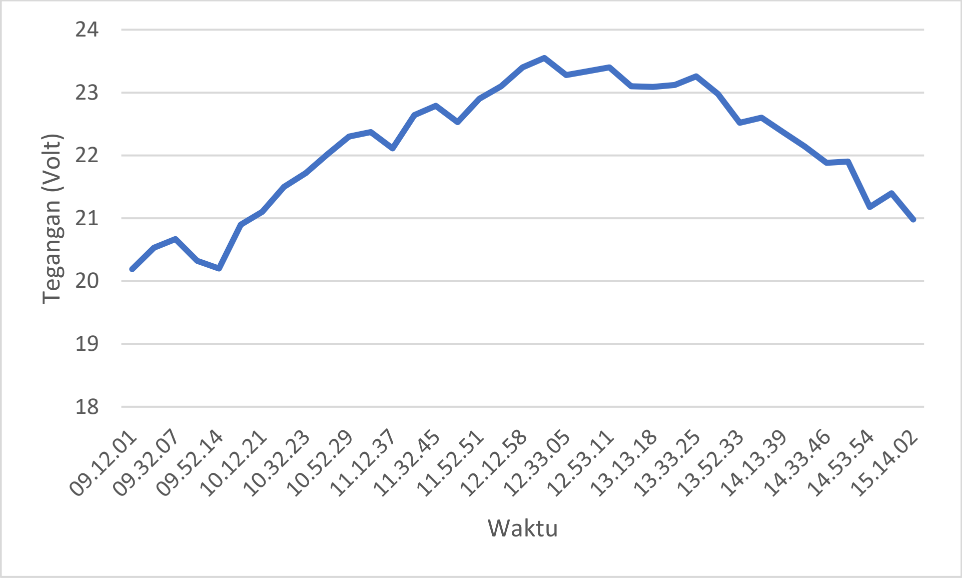
5.2.2 Perbandingan Panel Surya Tanpa Pendinginan dan Menggunakan Pendingin

1. Hasil Panel Surya tanpa Pendingin

Hasil yang diperoleh ketika pengujian panel surya tanpa menggunakan sistem pendingin pada hari Kamis, 15 Februari 2024 dapat dilihat pada Tabel 5 dan grafik pada Gambar 26.

Tabel 5. Hasil Pengujian Tanpa Pendingin

No	Waktu	Suhu (°C)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (Watt)
1	9:12:01	28.2	20.19	0.74	14.94
2	9:22:04	28.7	20.53	1.04	21.35
3	9:32:07	29.6	20.67	1.33	27.49
4	9:42:10	30.1	20.32	0.96	19.51
5	9:52:14	30.4	20.20	1.11	22.42
6	10:02:18	30.5	20.90	1.04	21.74
7	10:12:21	30.9	21.10	1.18	24.9
8	10:22:25	31.4	21.50	1.19	25.59
9	10:32:23	31.5	21.72	1.26	27.37
10	10:42:26	31.8	22.02	1.18	25.98
11	10:52:29	32.0	22.30	1.06	23.64
12	11:02:33	32.5	22.37	1.11	24.83
13	11:12:37	32.5	22.11	1.01	22.33
14	11:22:41	32.7	22.64	0.98	22.19
15	11:32:45	32.9	22.79	1.22	27.80
16	11:42:48	33.3	22.53	1.18	26.59
17	11:52:51	33.5	22.90	1.04	23.82
18	12:02:54	33.6	23.10	0.93	21.48
19	12:12:58	33.8	23.40	1.04	24.34
20	12:23:01	34.2	23.55	1.04	24.49
21	12:33:05	35.5	23.28	0.91	21.18
22	12:43:08	35.6	23.34	0.59	13.77
23	12:53:11	35.7	23.40	1.01	23.63
24	13:03:15	35.3	23.10	1.01	23.33
25	13:13:18	34.8	23.09	1.11	25.63
26	13:23:21	34.3	23.12	1.18	27.28
27	13:33:25	34.1	23.26	1.11	25.82
28	13:43:29	33.8	22.98	1.01	23.21
29	13:52:33	33.8	22.52	1.01	22.75
30	14:03:36	33.3	22.6	0.74	16.72
31	14:13:39	32.7	22.37	0.67	14.99
32	14:23:42	32.6	22.14	0.74	16.38
33	14:33:46	32.2	21.88	0.74	16.19
34	14:43:50	31.8	21.90	0.67	14.67
35	14:53:54	31.5	21.18	0.59	12.50
36	15:03:58	31.4	21.40	0.74	15.84
37	15:14:02	30.9	20.98	0.74	15.53
Rata-rata		32.52	22.14	0.97	21.68



Gambar 26. Grafik Tegangan Tanpa Pendingin

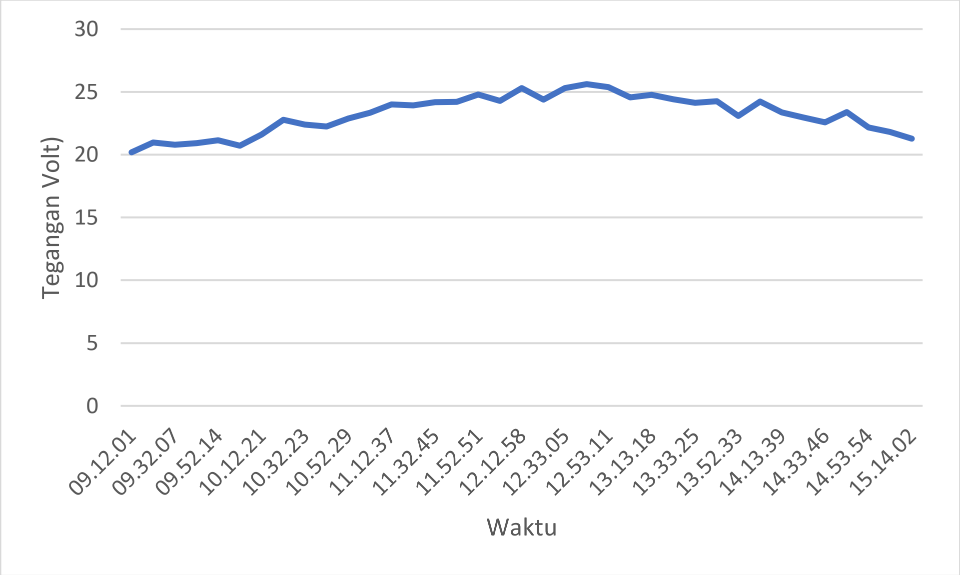
2. Hasil Panel Surya dengan Pendingin

Hasil yang diperoleh ketika pengujian panel surya dengan menggunakan sistem pendingin pada hari Kamis, 15 Februari 2024 dapat dilihat pada Tabel 6 dan grafik pada Gambar 27.

Tabel 6. Hasil Pengujian Panel Menggunakan Pendingin

No	Waktu	Suhu (°C)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (Watt)
1	9:12:01	28.7	20.19	0.89	17.96
2	9:22:04	29.0	20.98	1.18	24.75
3	9:32:07	29.2	20.78	1.42	29.50
4	9:42:10	28.5	20.93	1.18	24.69
5	9:52:14	28.6	21.16	0.89	18.83
6	10:02:18	28.2	20.71	1.18	24.43
7	10:12:21	28.6	21.62	1.32	28.58
8	10:22:25	28.4	22.78	1.33	30.29
9	10:32:23	28.7	22.40	1.42	31.80
10	10:42:26	28.5	22.24	1.33	29.57
11	10:52:29	29.1	22.89	1.20	27.46
12	11:02:33	29.3	23.35	1.20	28.02
13	11:12:37	29.5	24.01	1.18	28.33
14	11:22:41	29.6	23.93	1.42	33.98
15	11:32:45	30.1	24.17	1.33	32.14
16	11:42:48	30.6	24.20	1.20	29.04
17	11:52:51	30.4	24.79	1.33	32.97
18	12:02:54	30.9	24.28	1.10	26.70
19	12:12:58	31.4	25.31	1.33	33.66
20	12:23:01	31.7	24.38	1.18	28.76
21	12:33:05	32.1	25.30	1.10	27.83
22	12:43:08	32.9	25.62	1.18	30.23
23	12:53:11	33.1	25.37	1.20	30.44

24	13:03:15	32.8	24.57	1.33	32.67
25	13:13:18	32.9	24.76	1.33	32.93
26	13:23:21	32.8	24.41	1.33	32.46
27	13:33:25	32.1	24.13	1.20	28.95
28	13:43:29	32.5	24.26	1.20	29.11
29	13:52:33	31.8	23.08	1.15	26.58
30	14:03:36	31.1	24.24	0.88	21.33
31	14:13:39	31.3	23.36	0.81	18.92
32	14:23:42	30.6	22.97	1.18	27.10
33	14:33:46	30.4	22.57	1.10	24.82
34	14:43:50	30.1	23.38	0.88	20.57
35	14:53:54	30.5	22.17	0.81	17.95
36	15:03:58	29.9	21.80	0.88	19.18
37	15:14:02	29.3	21.27	1.10	23.39
Rata-rata		30.41	23.19	1.17	27.19



Gambar 27. Grafik Tegangan Menggunakan Pendingin

3. Perbandingan

Berdasarkan pengujian panel surya tanpa pendingin dan pengujian panel surya menggunakan pendingin sesuai dengan Tabel 5 dan 6 serta Gambar 26 dan 27, diketahui didapatkan hasil sebagai berikut:

A. Hasil Perbandingan temperatur

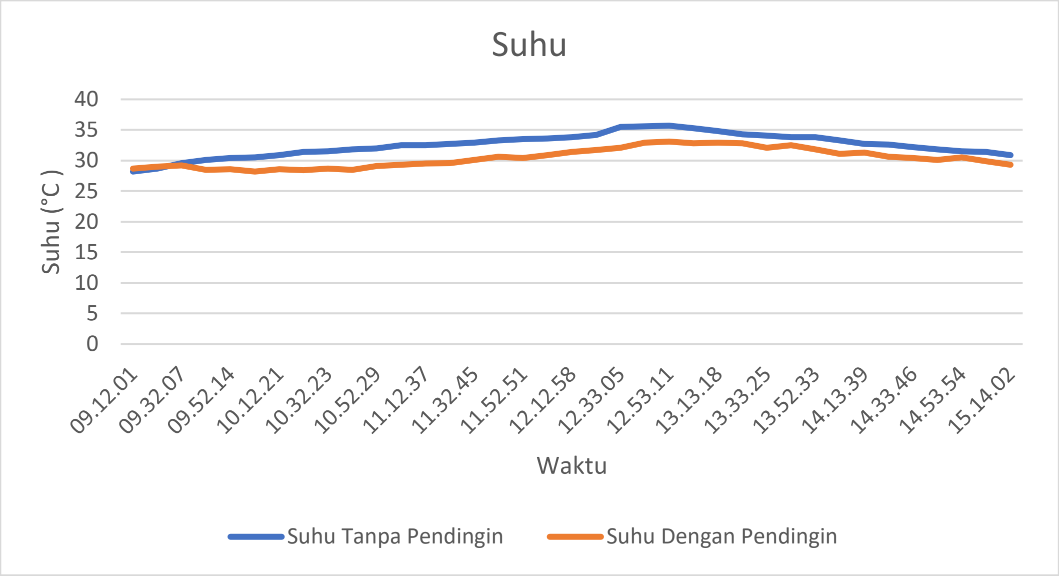
$$\% \, Penurunan \, Temperatur = \left(\frac{T1 - T2}{T1}\right) x \; 100 \qquad (2)$$

Keterangan:
T1 = Temperatur tanpa pendingin
T2 = Temperatur dengan pendingin

Dengan rumus diatas (2), dapat ditentukan nilai presentase perbandingan dari penurunan suhu panel surya. Dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Perbandingan Suhu Panel Surya

No	waktu	Suhu Tanpa Pendingin (°C)	Suhu Dengan Pendingin (°C)	Presentase penurunan
1	9:12:01	28.20	28.70	-1.77%
2	9:22:04	28.70	29.00	-1.05%
3	9:32:07	29.60	29.20	1.35%
4	9:42:10	30.10	28.50	5.32%
5	9:52:14	30.40	28.60	5.92%
6	10:02:18	30.50	28.20	7.54%
7	10:12:21	30.90	28.60	7.44%
8	10:22:25	31.40	28.40	9.55%
9	10:32:23	31.50	28.70	8.89%
10	10:42:26	31.80	28.50	10.38%
11	10:52:29	32.00	29.10	9.06%
12	11:02:33	32.50	29.30	9.85%
13	11:12:37	32.50	29.50	9.23%
14	11:22:41	32.70	29.60	9.48%
15	11:32:45	32.90	30.10	8.51%
16	11:42:48	33.30	30.60	8.11%
17	11:52:51	33.50	30.40	9.25%
18	12:02:54	33.60	30.90	8.04%
19	12:12:58	33.80	31.40	7.10%
20	12:23:01	34.20	31.70	7.31%
21	12:33:05	35.50	32.10	9.58%
22	12:43:08	35.60	32.90	7.58%
23	12:53:11	35.70	33.10	7.28%
24	13:03:15	35.30	32.80	7.08%
25	13:13:18	34.80	32.90	5.46%
26	13:23:21	34.30	32.80	4.37%
27	13:33:25	34.10	32.10	5.87%
28	13:43:29	33.80	32.50	3.85%
29	13:52:33	33.80	31.80	5.92%
30	14:03:36	33.30	31.10	6.61%
31	14:13:39	32.70	31.30	4.28%
32	14:23:42	32.60	30.60	6.13%
33	14:33:46	32.20	30.40	5.59%
34	14:43:50	31.80	30.10	5.35%
35	14:53:54	31.50	30.50	3.17%
36	15:03:58	31.40	29.90	4.78%
37	15:14:02	30.90	29.30	5.18%



Gambar 28. Grafik Perbandingan Suhu

Hasil Perbandingan temperatur terbaik adalah pada waktu 10:42:26 dengan memperoleh besaran presentase 10.38% penurunan suhu. Dengan suhu awal 31.50°C menjadi 28.50°C.

B. Hasil Perbandingan tegangan

$$\% \; Peningkatan \; Tegangan = \left(\frac{V2 - V1}{V1}\right) x \; 100 \qquad (3)$$

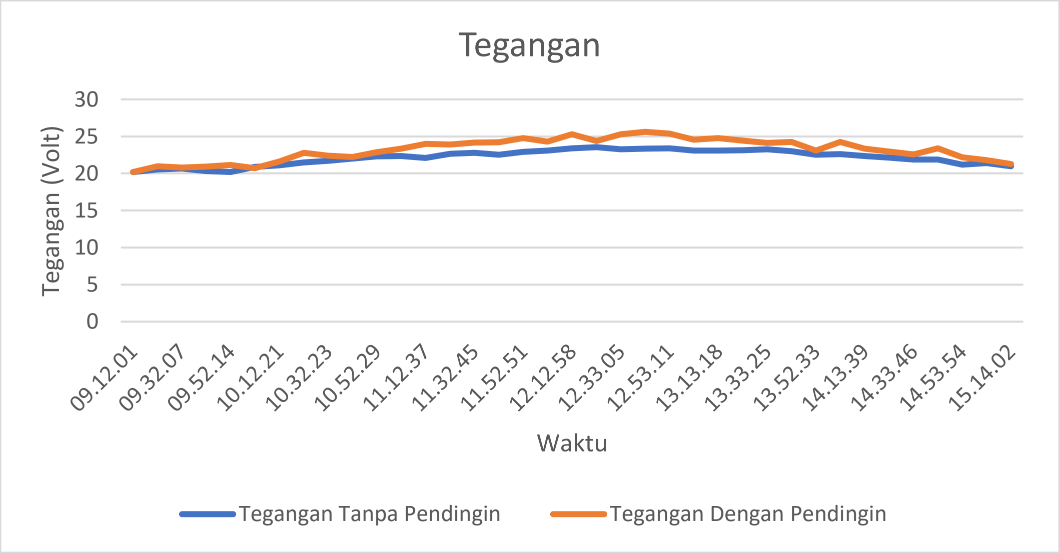
Keterangan:
V1 = Tegangan tanpa pendingin
V2 = Tegangan dengan pendingin

Dengan rumus diatas (3), dapat ditentukan nilai presentase perbandingan dari kenaikan tegangan panel surya. Dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Perbandingan Tegangan Panel Surya

No	Waktu	Tegangan Tanpa Pendingin (Volt)	Tegangan Dengan Pendingin (Volt)	Presentase Kenaikan
1	9:12:01	20.19	20.19	0.00%
2	9:22:04	20.53	20.98	2.19%
3	9:32:07	20.67	20.78	0.53%
4	9:42:10	20.32	20.93	3.00%
5	9:52:14	20.20	21.16	4.75%
6	10:02:18	20.90	20.71	-0.91%
7	10:12:21	21.10	21.62	2.46%
8	10:22:25	21.50	22.78	5.95%
9	10:32:23	21.72	22.40	3.13%
10	10:42:26	22.02	22.24	1.00%
11	10:52:29	22.30	22.89	2.65%
12	11:02:33	22.37	23.35	4.38%
13	11:12:37	22.11	24.01	8.59%

14	11:22:41	22.64	23.93	5.70%
15	11:32:45	22.79	24.17	6.06%
16	11:42:48	22.53	24.20	7.41%
17	11:52:51	22.90	24.79	8.25%
18	12:02:54	23.10	24.28	5.11%
19	12:12:58	23.40	25.31	8.16%
20	12:23:01	23.55	24.38	3.52%
21	12:33:05	23.28	25.30	8.68%
22	12:43:08	23.34	25.62	9.77%
23	12:53:11	23.40	25.37	8.42%
24	13:03:15	23.10	24.57	6.36%
25	13:13:18	23.09	24.76	7.23%
26	13:23:21	23.12	24.41	5.58%
27	13:33:25	23.26	24.13	3.74%
28	13:43:29	22.98	24.26	5.57%
29	13:52:33	22.52	23.08	2.49%
30	14:03:36	22.60	24.24	7.26%
31	14:13:39	22.37	23.36	4.43%
32	14:23:42	22.14	22.97	3.75%
33	14:33:46	21.88	22.57	3.15%
34	14:43:50	21.90	23.38	6.76%
35	14:53:54	21.18	22.17	4.67%
36	15:03:58	21.40	21.80	1.87%
37	15:14:02	20.98	21.27	1.38%



Gambar 29. Grafik Perbandingan Tegangan

Hasil Perbandingan tegangan terbaik adalah pada waktu 12:43:08 dengan memperoleh besaran presentase 9.77% kenaikan tegangan. Dengan tegangan awal 23.34V menjadi 25.60V.

C. Hasil Perbandingan arus

$$\%\ Peningkatan\ Arus = \left(\frac{A2 - A1}{A1}\right) x\ 100 \quad (4)$$

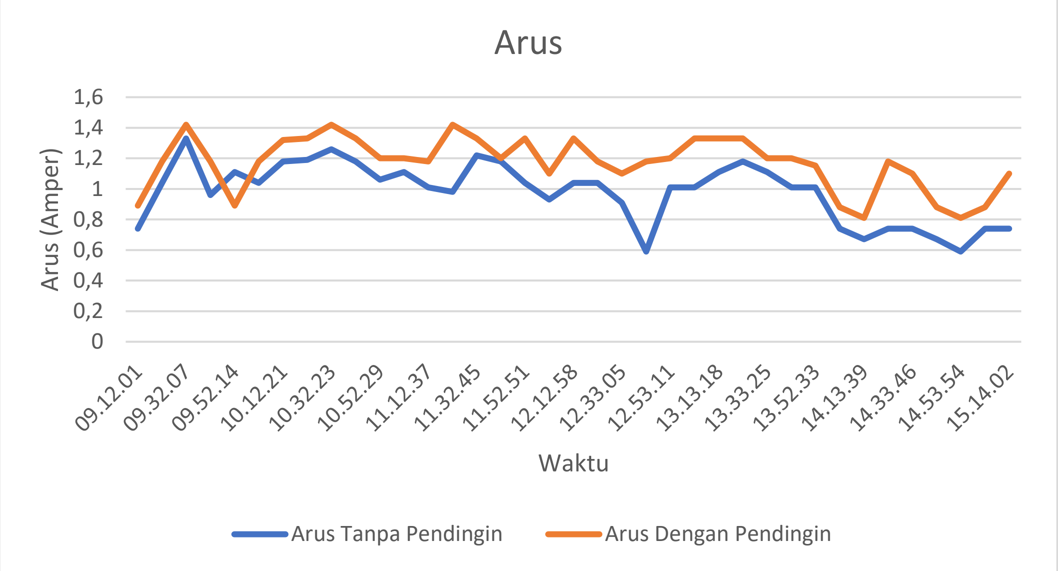
Keterangan:
A1 = Arus tanpa pendingin
A2 = Arus dengan pendingin

Dengan rumus diatas (4), dapat ditentukan nilai presentase perbandingan dari kenaikan arus panel surya. Dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Perbandingan Arus Panel Surya

No	Waktu	Arus Tanpa Pendingin (Amper)	Arus Dengan Pendingin (Amper)	Presentase Kenaikan
1	9:12:01	0.74	0.89	20.27%
2	9:22:04	1.04	1.18	13.46%
3	9:32:07	1.33	1.42	6.77%
4	9:42:10	0.96	1.18	22.92%
5	9:52:14	1.11	0.89	-19.82%
6	10:02:18	1.04	1.18	13.46%
7	10:12:21	1.18	1.32	11.86%
8	10:22:25	1.19	1.33	11.76%
9	10:32:23	1.26	1.42	12.70%
10	10:42:26	1.18	1.33	12.71%
11	10:52:29	1.06	1.20	13.21%
12	11:02:33	1.11	1.20	8.11%
13	11:12:37	1.01	1.18	16.83%
14	11:22:41	0.98	1.42	44.90%
15	11:32:45	1.22	1.33	9.02%
16	11:42:48	1.18	1.20	1.69%
17	11:52:51	1.04	1.33	27.88%
18	12:02:54	0.93	1.10	18.28%
19	12:12:58	1.04	1.33	27.88%
20	12:23:01	1.04	1.18	13.46%
21	12:33:05	0.91	1.10	20.88%
22	12:43:08	0.59	1.18	100.00%
23	12:53:11	1.01	1.20	18.81%
24	13:03:15	1.01	1.33	31.68%
25	13:13:18	1.11	1.33	19.82%
26	13:23:21	1.18	1.33	12.71%
27	13:33:25	1.11	1.20	8.11%
28	13:43:29	1.01	1.20	18.81%

29	13:52:33	1.01	1.15	14.06%
30	14:03:36	0.74	0.88	18.92%
31	14:13:39	0.67	0.81	20.90%
32	14:23:42	0.74	1.18	59.46%
33	14:33:46	0.74	1.10	48.65%
34	14:43:50	0.67	0.88	31.34%
35	14:53:54	0.59	0.81	37.29%
36	15:03:58	0.74	0.88	18.92%
37	15:14:02	0.74	1.10	48.65%



Gambar 30. Grafik Perbandingan Arus

Hasil Perbandingan arus terbaik adalah pada waktu 12:43:08 dengan memperoleh besaran presentase 100% kenaikan arus. Dengan arus awal 0.59A menjadi 1.18A.

D. Hasil Perbandingan daya

$$\%\ Peningkatan\ Daya = \left(\frac{W2 - W1}{W1}\right) x\ 100 \qquad (5)$$

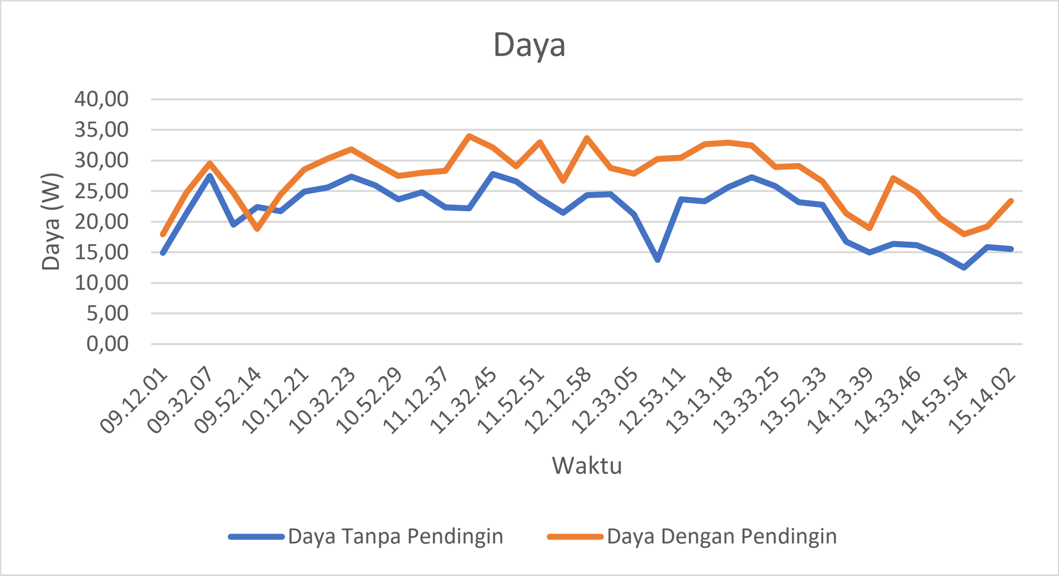
Keterangan:
W1 = Daya tanpa pendingin
W2 = Daya dengan pendingin

Dengan rumus diatas (5), dapat ditentukan nilai presentase perbandingan dari kenaikan daya panel surya. Dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Perbandingan Daya Panel Surya

No	Waktu	Daya Tanpa Pendingin (Watt)	Daya Dengan Pendingin (Watt)	Presentase Kenaikan
1	9:12:01	14.94	17.97	20.27%
2	9:22:04	21.35	24.76	15.95%

3	9:32:07	27.49	29.51	7.34%
4	9:42:10	19.51	24.70	26.61%
5	9:52:14	22.42	18.83	-16.01%
6	10:02:18	21.74	24.44	12.43%
7	10:12:21	24.90	28.54	14.62%
8	10:22:25	25.59	30.30	18.42%
9	10:32:23	27.37	31.81	16.23%
10	10:42:26	25.98	29.58	13.84%
11	10:52:29	23.64	27.47	16.20%
12	11:02:33	24.83	28.02	12.84%
13	11:12:37	22.33	28.33	26.87%
14	11:22:41	22.19	33.98	53.15%
15	11:32:45	27.80	32.15	15.62%
16	11:42:48	26.59	29.04	9.23%
17	11:52:51	23.82	32.97	38.44%
18	12:02:54	21.48	26.71	24.32%
19	12:12:58	24.34	33.66	38.32%
20	12:23:01	24.49	28.77	17.46%
21	12:33:05	21.18	27.83	31.37%
22	12:43:08	13.77	30.23	119.54%
23	12:53:11	23.63	30.44	28.81%
24	13:03:15	23.33	32.68	40.06%
25	13:13:18	25.63	32.93	28.49%
26	13:23:21	27.28	32.47	19.00%
27	13:33:25	25.82	28.96	12.15%
28	13:43:29	23.21	29.11	25.43%
29	13:52:33	22.75	26.59	16.90%
30	14:03:36	16.72	21.33	27.55%
31	14:13:39	14.99	18.92	26.25%
32	14:23:42	16.38	27.10	65.44%
33	14:33:46	16.19	24.83	53.34%
34	14:43:50	14.67	20.57	40.22%
35	14:53:54	12.50	17.96	43.71%
36	15:03:58	15.84	19.18	21.14%
37	15:14:02	15.53	23.40	50.70%



Gambar 31. Grafik Perbandingan Energi

Hasil Perbandingan daya terbaik adalah pada waktu 12:43:08 dengan memperoleh besaran presentase di 119.54% kenaikan daya. Dengan daya awal 13.77 Watt menjadi 30.23 Watt.

5.2.3 Forecasting Exponenstial Smoothing

Data diambil selama 45 hari pada bulan Oktober hingga Desember 2023, dengan kondisi lingkungan standar selama pengujian. Data dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Pendapatan daya di Universitas Pakuan

No	Tanggal	Data Daya Panel (watt)	No	Tanggal	Data Daya Panel (watt)
1	20/10/2023	107.12	26	18/11/2023	106.57
2	21/10/2023	98.27	27	20/11/2023	106.57
3	23/10/2023	99.65	28	21/11/2023	107.26
4	24/10/2023	107.26	29	22/11/2023	101.73
5	25/10/2023	103.11	30	23/11/2023	97.57
6	26/10/2023	99.65	31	24/11/2023	99.65
7	28/10/2023	101.03	32	25/11/2023	96.19
8	30/10/2023	99.65	33	27/11/2023	102.42
9	31/10/2023	99.65	34	28/11/2023	101.03
10	1/11/2023	104.3	35	29/11/2023	101.03
11	2/11/2023	95.50	36	30/11/2023	101.03
12	3/11/2023	97.57	37	1/12/2023	102.42
13	4/11/2023	106.29	38	2/12/2023	101.03
14	6/11/2023	102.42	39	4/12/2023	101.03
15	7/11/2023	102.42	40	5/12/2023	107.26
16	8/11/2023	103.11	41	6/12/2023	98.96
17	9/11/2023	102.42	42	7/12/2023	108.65

18	10/11/2023	98.27	43	8/12/2023	98.96
19	11/11/2023	104.63	44	9/12/2023	101.03
20	12/11/2023	107.26	45	11/12/2023	100.34
21	13/11/2023	105.88			
22	14/11/2023	103.80			
23	15/11/2023	98.27			
24	16/11/2023	99.65			
25	17/11/2023	101.73			

Setelah dilakukan perhitungan menggunakan rumus Exponential Smoothing didapat hasil watt forecasting untuk bulan April 2024. Perhitungan dilakukan menggunakan Google Colab dapat dilihat pada Lampiran 1.

Tahap pertama adalah melakukan modelling menggunakan model forecast ETS(AAN), ETS adalah *Error Trend Seasonality*, metode ini menggunakan peramalan data deret waktu dengan memperhitungkan kesalahan, kecendrungan dan musiman.

```
                                 ETS Results
==============================================================================
Dep. Variable:                     Watt   No. Observations:                   45
Model:                         ETS(AAN)   Log Likelihood                -121.768
Date:                  Mon, 06 May 2024   AIC                            249.537
Time:                          03:55:12   BIC                            254.957
Sample:                               0   HQIC                           251.557
                                   - 45   Scale                           13.119
Covariance Type:                 approx
===================================================================================
                      coef    std err          z      P>|z|      [0.025      0.975]
-----------------------------------------------------------------------------------
smoothing_level     0.1315      0.088      1.490      0.136      -0.041       0.304
smoothing_trend     0.0076      0.007      1.093      0.274      -0.006       0.021
==============================================
              initialization method: heuristic
----------------------------------------------
initial_level                         103.1653
initial_trend                          -0.2115
===================================================================================
Ljung-Box (Q):                        0.35   Jarque-Bera (JB):                 1.86
Prob(Q):                              0.84   Prob(JB):                         0.39
Heteroskedasticity (H):               0.81   Skew:                             0.15
Prob(H) (two-sided):                  0.69   Kurtosis:                         2.05
===================================================================================
```

Gambar 32. Hasil model ETS

Berdasarkan hsasil pada Gambar 32, dapat diambil bahwa nilai α = 0.1315. berikut hasil peramalan data untuk bulan April 2024 dengan nilai α = 0.1315 dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12. Hasil Peramalan Bulan April 2024

No	Tanggal	Peramalan bulan April 2024 (Watt)	No	Tanggal	Peramalan bulan April 2024 (Watt)
1	4/1/2024	103.09	16	4/16/2024	104.58
2	4/2/2024	98.2	17	4/17/2024	102.26
3	4/3/2024	99.35	18	4/18/2024	102.61
4	4/4/2024	104.46	19	4/19/2024	106.41
5	4/5/2024	102.14	20	4/20/2024	101.75

6	4/6/2024	102.49	21	4/21/2024	101.23
7	4/7/2024	106.29	22	4/22/2024	101.26
8	4/8/2024	101.63	23	4/23/2024	101.22
9	4/9/2024	101.11	24	4/24/2024	102.26
10	4/10/2024	101.14	25	4/25/2024	103.33
11	4/11/2024	101.1	26	4/26/2024	98.44
12	4/12/2024	102.14	27	4/27/2024	99.59
13	4/13/2024	103.21	28	4/28/2024	104.7
14	4/14/2024	98.32	29	4/29/2024	102.38
15	4/15/2024	99.47	30	4/30/2024	102.73

Tahap selanjutnya adalah melakukan evaluasi model dengan menggunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) merupakan rata-rata difrensiasi absolut antara nilai pramalan dan nilai actual, untuk perhitungannya sebagai rata-rata difrensiasi absolut antara nilai yang diramalkan dan aktual (Adnan Rusdy, 2022). Proses Evaluasi dapat dilihat pada Gambar 33.

```
# Menghitung data aktual untuk bulan April 2024
data_aktual_april_2024 = [102.98, 98.09, 99.24, 104.35, 102.04, 102.38, 106.16,
                          101.51, 100.99, 101.02, 100.98, 102.03, 103.09, 98.21,
                          99.36, 104.47, 102.15, 102.50, 106.28, 101.63, 101.11,
                          101.14, 101.10, 102.14, 103.21, 98.32, 99.47, 104.58,
                          102.27, 102.61]

def mean_absolute_percentage_error(y_true, y_pred):
    return np.mean(np.abs((y_true - y_pred) / y_true)) * 100

mape_april_2024 = mean_absolute_percentage_error(data_aktual_april_2024, prediksi_april_2024)
mape_april_2024_percantage = mape_april_2024*100

print(f"MAPE April 2024: {mape_april_2024:.4f}")
print(f"nilai presentase MAPE: {mape_april_2024_percantage:.2f}%")
```

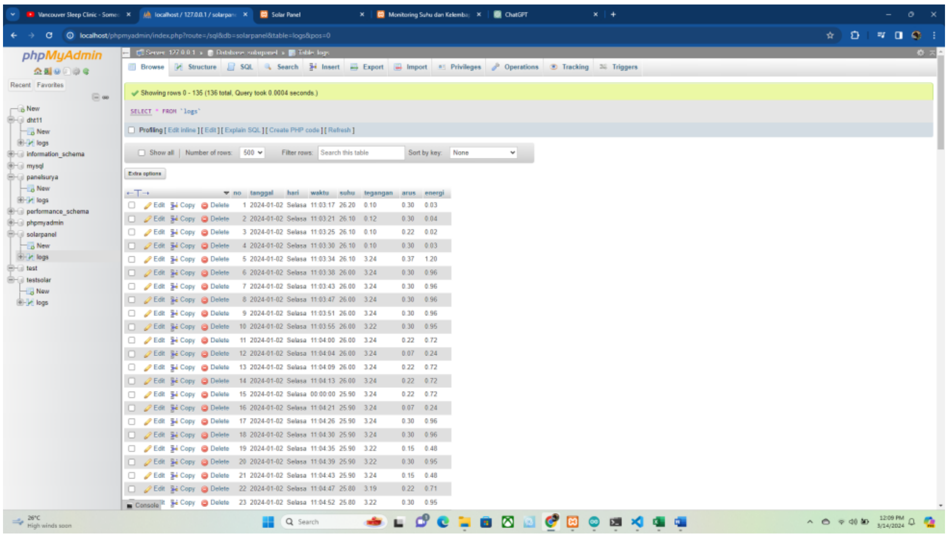
```
MAPE April 2024: 0.1147
nilai presentase MAPE: 11.47%
```

Gambar 33. Model dan Hasil Evaluasi

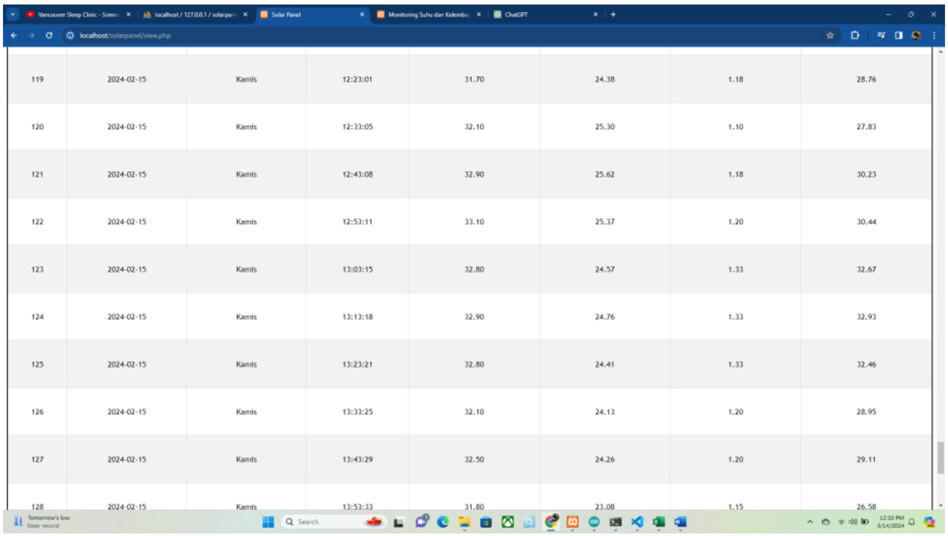
5.2.4 Uji Software

1. Uji Coba Struktural

Pengujian ini dimaksudkan untuk membandingkan konsep awal dalam perencanaan dengan hasil yang telat didapatkan. Uji coba ini dengan cara menghubungkan alat dengan server lalu membuka halaman monitoring atau websitenya. Dapat dilihat pada Gambar 34 dan 35.



Gambar 34. Server Monitoring



Gambar 35. Halaman Website

2. Uji Coba Fungsional

Tahapan ini bertujuan untuk menguji fungsi dari setiap fitur yang ada pada halaman. Hasil uji ini dapat dilihat pada Gambar 35.

3. Uji Coba Validasi

Uji validasi adalah untuk memastikan aplikasi sudah dibuat sesuai dengan keinginan serta mudah digunakan. Website ini bersifat *localhost* yang dapat diakses pada halaman http://192.168.46.233/solarpanel/view.php.

5.2.5 Uji Keseluruhan

1. Uji Coba Struktural

Tahapan ini dilakukan untuk menentukan keterhubungan perangkat keras terhubung dengan benar dan sistem berfungsi dengan baik serta alat berjalan dengan perencanaan awal.

2. Uji Coba Fungsional

Uji fungsional meliputi perangkat keras yang terkoneksi dengan database, untuk memastikan data tersebut bisa tersimpan dengan benar. Untuk melakukan pengiriman data dari perangkat keras ke database, dapat menggunakan seperti gambar 36 dan 37.

```
postData = "&status1=" + temp2 + "&status2=" + voltage2 + "&status3=" + current2 + "&status4=" + energy2;
link = "http://192.168.90.233/panelsurya/postdemo.php";
http.begin(client, link);
http.addHeader("Content-Type", "application/x-www-form-urlencoded");
```

Gambar 36. Kode Untuk Perangkat Keras

```
$status1 = $_POST['status1'];
$status2 = $_POST['status2'];
$status3 = $_POST['status3'];
$status4 = $_POST['status4'];
```

Gambar 37. Kode Untuk Perangkat Lunak

3. Uji Coba Validasi

Pada tahapan ini melakukan pengetesan terhadap alat perangkat keras dan perangkat lunak terhubung dengan baik, hal ini dimaksudkan agar sistem keseluruhan berjalan sesuai dengan perencanaan dan tujuan penelitian ini. Pengujian ini dilakukan menggunakna data temperatur, tegangan, arus dan energi yang dihasilkan oleh panel surya.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Penelitian “Identifikasi Temperatur Panel Surya Monokristalin untuk Peningkatan Daya Berbasis *Internet of Things* di Universitas Pakuan” ini dilakukan untuk membuat alat peningkatan dari penyerapan energi matahari pada panel surya dan dapat dimonitoring secara realtime baik melalui website atau dapat dilihat langsung pada LCD yang tersedia. Sensor DHT22 adalah petunjuk dari menyala atau tidaknya sistem pendingin saat suhu mencapai lebih dari 25°C. Sensor tegangan dan sensor arus ACS712 merupakan sensor pembacaan data tegangan, arus dan daya yang dapat membaca data yang dihasilkan oleh panel surya. Pada penelitian ini didapatkan daya terbesar pada waktu 12:43:08, dengan kenaikan daya sebesar 119% serta ditunjukan daya awal 13.77 Watt menjadi 30.23 Watt.

6.2 Saran

Peneletian sistem kontrol dan monitoring “Identifikasi Temperatur Panel Surya Monokristalin untuk Peningkatan Daya Berbasis *Internet of Things* di Universitas Pakuan” ini masih bnanyak kekurangan dari penelitian penulis, lalu penulis memiliki saran apabila ada yang ingin mengembangkan penelitian ini dengan cara meningkatkan sistem pendingin dengan manambahkan sistem pendingin menggunakan air yang mampu menurunkan suhu lebih besar dibandingkan hanya menggunakan kipas. Saran selanjutnya adalah peningkatan sistem monitoring yang lebih atraktif untuk meningkatkan sistem yang lebih baik lagi dalam mengolah dan menampilkan informasi.

DAFTAR PUSTAKA

Adi S, S. (2023). *Optimasi Penyerapan Energi Pada Panel Surya Dengan Teknik Sun Tracking System Dual Axis Menggunakan Raspberry Pi*.

Adipradana, W., Yuniarti, D., Hikmarika, H., & Saputra, R. P. J. (2019). Pembangkit Listrik Tenaga Surya Menggunakan Panel Monokristal 100 Wp Untuk Perumahan Penduduk Transmigrasi Di Desa Bangun Sari. *Prosiding Applicable Innovation of Engineering and Science Research*, *2019*, 369–373.

Adnan Rusdy, A. (2022). *Buletin Sistem Informasi dan Teknologi Islam Penerapan Metode Regresi Linear pada Prediksi Penawaran dan Permintaan Obat Studi Kasus Aplikasi Point of Sales INFORMASI ARTIKEL ABSTRAK*. *3*(2), 121–126.

Agustina, S., Khori, M., & Bayusari, dan I. (2019). Analisa Efisiensi Pengaruh Parameter Cahaya Matahari Pada Fotovoltaik 100wp Jenis Polikristal, Monokristal Dan Amorphous Di Laboratorium Riset Teknologi Energi Unsri Indralaya. In *Seminar Nasional AVoER XI*.

Alamsyah, T., Hiendro, A., & Abidin, Z. (2019). Analisis Potensi Energi Matahari Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Surya Menggunakan Panel Mono-Crystalline dan Poly-Crystalline Di Kota Pontianak dan Sekitarnya. *Jurnal Teknik Elektronika*, 10.

Amalia, D., Abdillah, H., & Hariyadi, T. W. (2022). Analisa Perbandingan Daya Keluaran Panel Surya Tipe Monokristalin 50wp Yang Dirangakai Seri Dan Paralel Pada Instalasi Plts Off-Grid. *Jurnal Politeknik Caltex Riau*, *8*(1), 12–21.

Auliya Saputra, D. (2020). Rancang Bangun Alat Pemberi Pakan Ikan Menggunakan Mikrokontroler. In *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kendali dan Listrik* (Vol. 1, Issue 1). http://jim.teknokrat.ac.id/index.php/teknikelektro/index

Azman Maricar, M. (2019). Analisa Perbandingan Nilai Akurasi Moving Average dan Exponential Smoothing untuk Sistem Peramalan Pendapatan pada Perusahaan XYZ. *Jurnal Sistem Dan Informatika*.

Boy Panroy Manullang, A., Saragih, Y., Hidayat, R., Studi Teknik Elektro, P., Singaperbangsa Karawang Jl HSRonggo Waluyo, U., Telukjambe Tim, K., & Karawang, K. (2021). Implementasi Nodemcu Esp8266 Dalam Rancang Bangun Sistem Keamanan Sepeda Motor Berbasis Iot. In *Jurnal Informatika & Rekayasa Elektronika)* (Vol. 4, Issue 2). http://e-journal.stmiklombok.ac.id/index.php/jireISSN.2620-6900

Fiqri, F. N. (2021). *Kapan PPKM Bisa Dihentikan? Studi Mobilitas Masyarakat dan Forecasting Tingkat Vaksinasi menggunakan Model Exponential Smoothing*. https://doi.org/10.13140/RG.2.2.13044.88963

Kaban, S. A., Jafri, M., & Gusnawati, G. (2020). Optimalisasi Penerimaan Intensitas Cahaya Matahari Pada Permukaan Panel Surya (Solar Cell) Menggunakan

Cermin. *Jurnal Fisika : Fisika Sains Dan Aplikasinya*, *5*(2), 108–117. https://doi.org/10.35508/fisa.v5i2.2243

Loegimin, M. S., Sumantri, B., Nugroho, M. A. B., Hasnira, H., & Windarko, N. A. (2020). Sistem Pendinginan Air Untuk Panel Surya Dengan Metode Fuzzy Logic. *Jurnal Integrasi*, *12*(1), 21–30. https://doi.org/10.30871/ji.v12i1.1698

Lubna, Sudarti, & Yushardi. (2021). Potensi Energi Surya Fotovoltaik. *Jurnal Penelitian Dan Karya Ilmiah*, *21*(1), 76–79.

Prima Dewi, R., Rahmat, S., Musyafiq, A. A., Listrik, T., Cilacap, P. N., & Soetomo, J. (2022). *Implementasi Sistem Pendingin Panel Surya Untuk Mempertahankan Suhu Permukaan Panel*. https://proceeding.winco.cilacapkab.go.id/index.php/winco75

Prima Satya, T., Puspasari, F., Prisyanti, H., & Ruthma Meilani Saragih, E. (2020). *Perancangan dan Analisis Sistem Alat Ukur Arus Listrik menggunakan Sensor ACS712 Berbasis Arduino Uno dengan Standard Clampmeter*.

Puspasari, F., Satya, T. P., Oktiawati, U. Y., Fahrurrozi, I., & Prisyanti, H. (2020). Analisis Akurasi Sistem Sensor DHT22 berbasis Arduino terhadap Thermohygrometer Standar. *Jurnal Fisika Dan Aplikasinya*, *16*(1), 33. https://doi.org/10.12962/j24604682.v16i1.5717

Rahajoeningroem, T., & Jatnika, I. (2022). Sistem Pendingin Otomatis Panel Surya Untuk Peningkatan Daya Output Berbasis Mikrokontroler Solar Panel Automatic Cooling System to Increase the Output Power Based on The Microcontroller. *TELEKONTRAN*, *10*(1). https://doi.org/10.34010/telekontran.v10i1.4712

Ricardo, I. K. (2022). *Analisa Kinerja Panel Surya Kapasitas 50 WP Tipe Monokristalin Sebagai Multipurpose Power Reserve*. *13*(September).

Rosman N, A., Risdayana, Yuliani, E., & Vovi. (2019). *Karakteristik Arus Dan Tegangan Pada Rangkaian Seri Dan Rangkaian Paralel Dengan Menggunakan Resistor*.

Sariman, Putra, M. P., & Rika Wahyuni Arsianti. (2022). Sistem Pendingin Menggunakan Air Untuk Optimasi Kinerja Panel Surya Berbasis Arduino. *J-Eltrik*, *3*(1), 41–50. https://doi.org/10.30649/je.v3i1.64

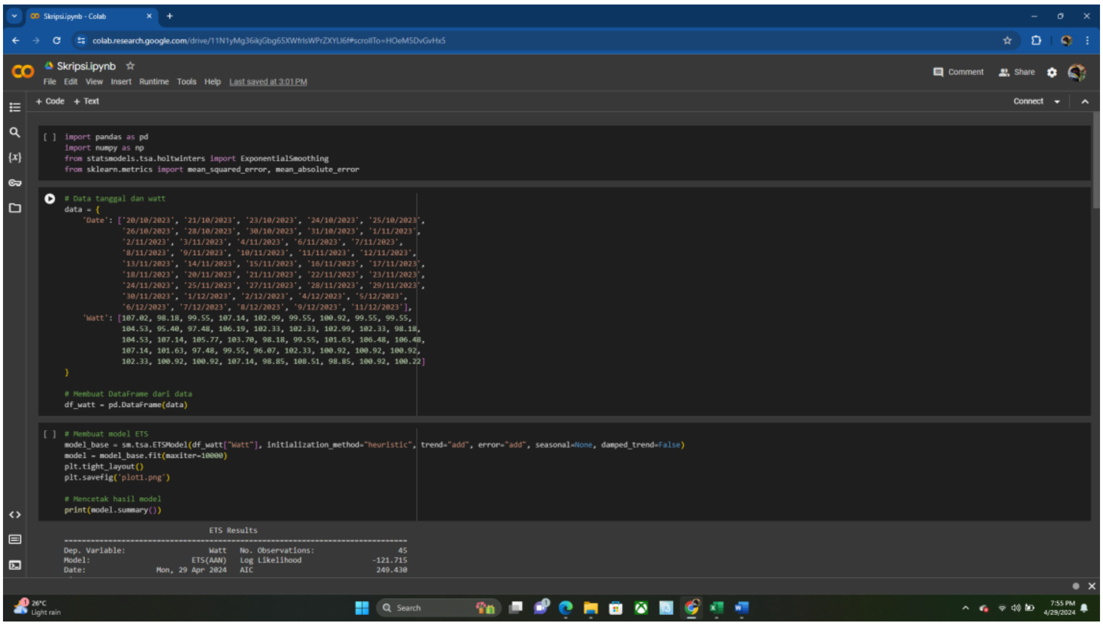
Sukmawaty, Azani, & Putra, G. M. D. (2019). Sistem Otomasi Photovoltaic Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) Berbasis Mikrokontroler Arduino Skala Laboratorium. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, *8*(4), 256–264.

Susanto, F., Prasiani, N. K., & Darmawan, P. (2022). Implementasi Internet of Things Dalam Kehidupan Sehari-Hari. *Jurnal Imagine*, *2*(1), 35–40. https://doi.org/10.35886/imagine.v2i1.329

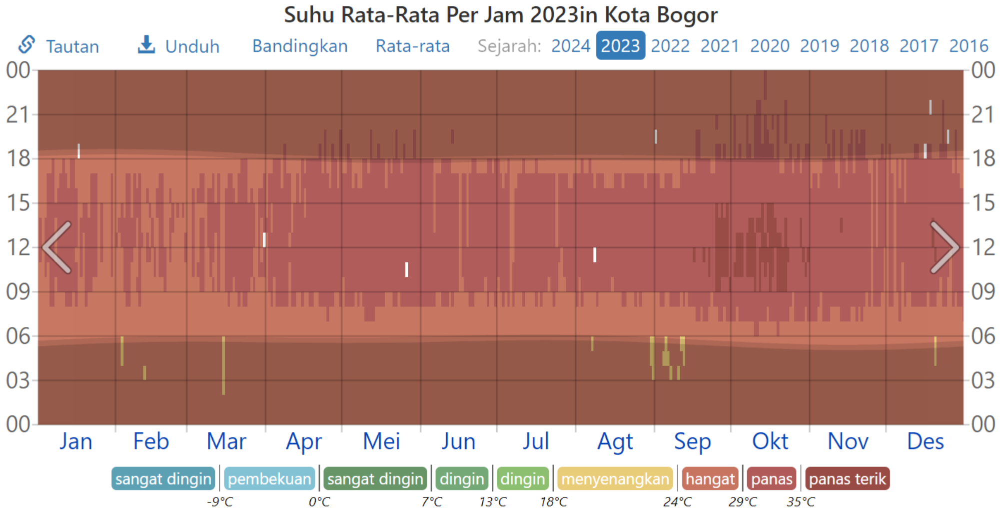
Wibowo, S. (2022). *Analisis Output Daya Listrik Menggunakan Solar Refelectro Pada Panel Surya Monocrystalline dan Polycrystalline*.

LAMPIRAN

Lampiran 1



Lampiran 2



Lampiran 3

MSP-100W High Efficiency, High Quality PV Module

GREENTEK®

Electrical Characteristics	MSP-100W
Maximum power (Pmax)	100W
Voltage at Pmax (Vmp)	18.1V
Current at Pmax (Imp)	5.54A
Open-circuit voltage (Voc)	22.2V
Short-circuit current (Isc)	6.00A
Temperature coefficient of Voc	-(0.40 ± 0.05)%/ °C
Temperature coefficient of Isc	(0.065 ±0.01)% /°C
Temperature coefficient of power	-(0.5±0.05)%/ °C
NOCT (Air 20°C; Sun 0.8kW/m² wind 1m/s)	47±2°C
Operating temperature	-40°C to 85°C
Maximum system voltage	600V DC
Power tolerance	+ 3%
Cells	monocrystalline silicon solar cell
No. of cells and connections	72(4X18)
Module Dimension	670mm[26.38in.]x1020mm[40.16in.]x30mm[1.18in.]
Weight	7.70kg[16.94lbs]

** STC:Irradiance 1000W/m², AM1.5 spectrum, module temperature 25°C*
** Specifications are subject to change without notice at any time.*

Key Features:

- High module efficiency and stable power output
- Based on leading process technology
- Outstanding electrical performance under high temperature conditions or low irradiance conditions
- Easy of installation and all-weather applications
- 5 years product warranty(materials and workmanship)
- 20 years module power output warranty
- Peak power of single module is guaranteed in +3% power tolerance
- Strong framed module,passing loaded test of 5400 Pa (IEC61215 2nd)
- *The manufacture is certified for ISO 9001:2000*

Product's Guarantee

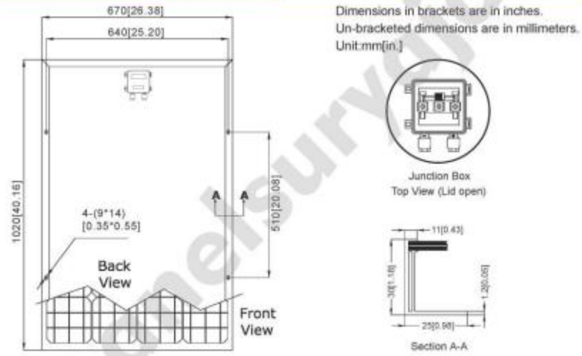
- 10 years products life warranty
- 15 years module power output no less 90%
- 20 years module power output no less 80%

Applications

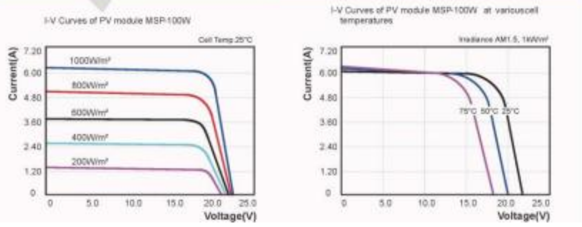
- Off grid residential roof-tops
- Off grid commercial/industrial roof-tops
- Rural area applications
- Solar power system
- Other off-grid applications

Module Diagram

Dimensions in brackets are in inches.
Un-bracketed dimensions are in millimeters.
Unit:mm[in.]



I-V Curves



panelsuryajakarta.com