

SKRIPSI

**PENINGKATAN DETEKSI PENENTUAN SUMBER CAHAYA
MATAHARI MENGGUNAKAN *FUZZY LOGIC* BERBASIS
RASPBERRY PI 4 PADA *SOLAR TRACKING SYSTEM***

Oleh

Irwin Subarkah

065119097



**PROGRAM STUDI ILMU KOMPUTER
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS PAKUAN
BOGOR
2024**

HALAMAN PENGESAHAN

Judul : Peningkatan Deteksi Penentuan Sumber Cahaya Matahari
Menggunakan Fuzzy Logic Berbasis Raspberry Pi 4 Pada *Solar
Tracking System*
Nama : Irwin Subarkah
NPM : 065119097

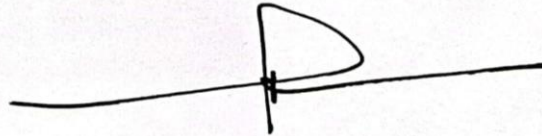
Mengesahkan,

Pembimbing Pendamping
Program Studi Ilmu Komputer
FMIPA – UNPAK



Muhammad Iqbal Suriansyah, M.Kom.

Pembimbing Utama
Program Studi Ilmu Komputer
FMIPA - UNPAK



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

Mengetahui,

Ketua
Program Studi Ilmu Komputer
FMIPA-UNPAK



Arie Qur'ania, M.kom.

Dekan
FMIPA-UNPAK



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.

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



PERNYATAAN PELIMPAHAN SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Irwin Subarkah
NPM : 065119097
Judul Skripsi : Peningkatan Deteksi Penentuan Sumber Cahaya Matahari
Menggunakan Fuzzy Logic Berbasis Raspberry Pi 4 Pada *Solar
Tracking System*

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, 16 Juli 2024

Irwin Subarkah
065119097

RIWAYAT HIDUP



Irwin Subarkah (penulis) lahir di Bogor pada tanggal 17 September 2001 dari pasangan Bapak Cecep Dulloh dan Ibu Yayan Rosdiana, sebagai anak keempat dari empat bersaudara.

Penulis lulus pendidikan pada tahun 2013 di SDN Babakan Dramaga 01, kemudian pada tahun 2016 lulus pendidikan di SMPN 1 Dramaga dan pada tahun 2019 lulus pendidikan di SMAS Kornita.

Pada tahun 2019 penulis meneruskan pendidikan Sarjana di Universitas Pakuan, Program Studi Ilmu Komputer, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Bogor.

Penulis menyelesaikan penelitian dengan judul. Peningkatan Deteksi Penentuan Sumber Cahaya Matahari Menggunakan Fuzzy Logic Berbasis Raspberry Pi 4 Pada *Solar Tracking System*.

RINGKASAN

Irwin Subarkah. Peningkatan Deteksi Penentuan Sumber Cahaya Matahari Menggunakan Fuzzy Logic Berbasis Raspberry Pi 4 Pada *Solar Tracking System* . Dibawah bimbingan Asep Denih, S.Kom., M.Sc., Ph.D. dan Muhammad Iqbal Suriansyah, S.Kom., M.kom.

Makhluk hidup memerlukan energi matahari untuk kelangsungan hidup. Energi terbarukan, yang berasal dari sumber daya alam tak terbatas, berbeda dengan energi tak terbarukan yang berasal dari fosil dan bisa habis. Panel surya adalah perangkat utama dalam pembangkit listrik tenaga surya yang mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik. Namun, metode pemantauan panel surya saat ini masih kurang efisien. Untuk meningkatkan efisiensi penyerapan energi, panel surya sebaiknya mengikuti pergerakan matahari dengan metode pelacak dua sumbu, yang memungkinkan penyerapan energi lebih optimal dibandingkan panel surya statis.

Selain itu, untuk memastikan kelangsungan hidup makhluk hidup, energi terbarukan, yang berasal dari sumber daya alam tak terbatas, menjadi pilihan yang lebih berkelanjutan dibandingkan energi tak terbarukan yang berasal dari fosil dan bisa habis. Oleh karena itu, penggunaan panel surya sebagai perangkat utama dalam pembangkit listrik tenaga surya yang mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik sangat penting. Namun, metode pemantauan panel surya saat ini masih kurang efisien. Untuk itu, diperlukan peningkatan efisiensi penyerapan energi dengan menggunakan metode pelacak dua sumbu yang memungkinkan panel surya mengikuti pergerakan matahari secara optimal dibandingkan panel surya statis.

Kemudian Penelitian terdahulu yang telah dilakukan oleh (Saputra, A. I., Hidayat, I., & Priharti, W. 2022). digunakan logika fuzzy untuk didefinisikan sebagai suatu logika dengan nilai kesamaran antara benar dan salah. Logika fuzzy mampu menginterpretasikan pernyataan yang samar menjadi pernyataan yang dapat diekspresikan dalam bahasa yang dapat dimengerti oleh manusia. Penting untuk diingat bahwa probabilitas dan logika fuzzy tidak dapat diterapkan dengan cara yang sama karena probabilitas mengukur kemungkinan suatu kejadian tertentu akan terjadi, sedangkan logika fuzzy dapat menghasilkan hasil berdasarkan prediksi. Diagram kontrol logika fuzzy (FLC) dibagi menjadi tiga bagian utama: logika fuzzy, mekanisme inferensi, dan mekanisme defuzzifikasi.

Kata Kunci : Panel Surya, Monitoring, Pelacakan Dua Sumbu, Pembangkit Listrik Tenaga Surya, Intensitas Cahaya, Logika Fuzzy.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Tuhan YME, karena rahmat dan karunia- Nya penulis dapat menyelesaikan Laporan Proposal ini yang berjudul :“ Peningkatan Deteksi Penentuan Sumber Cahaya Matahari Menggunakan Fuzzy Logic Berbasis Raspberry Pi 4 Pada *Solar Tracking System*“. Penulisan tugas akhir ini merupakan 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. Asep Denih., S.Kom., M.Sc., Ph.D, selaku Pembimbing Utama dan Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam yang telah membantu terutama dalam memberikan bimbingan,, dukungan dan memberikan saran yang membangun
2. Muhammad Iqbal Suriansyah., S.Kom., M.Kom, selaku Pembimbing Pendamping yang telah memberikan penulis bimbingan dan nasehat serta waktunya dalam membuat laporan prosposal 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 semangat serta doa kepada penuls.
5. Teman dan rekan yang memberikan dorongan, motivasi dan semangat serta 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 tugas praktek lapang ini, sehingga masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun dalam penulisan tugas akhir ini akan diterima dengan senang hati. Mudah-mudahan Tuhan YME akan membalas semua kebaikan kepada semua pihak yang membantu. Akhir kata, semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Aamiin

Bogor, Mei 2024

Irwin Subarkah

065119097

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 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan	1
1.3 Ruang Lingkup	1
1.4 Manfaat	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1. Landasan Teori	3
2.1.1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya	3
2.1.2 Panel Surya.....	3
2.1.3 Sel Surya	3
2.1.4 Internet of Things	3
2.1.5 Arduino IDE	4
2.1.6 Sensor BME280	4
2.1.7 LDR.....	4
2.1.8 INA219.....	5
2.1.9 BH1750	5
2.1.10 Raspberry Pi	5
2.1.11 Logika Fuzzy	6
2.2 Penelitian Terdahulu	7
2.3 Tabel Perbandingan	8
BAB III METODE PENELITIAN.....	9

3.1	Metode Penelitian	9
3.1.1	Perencanaan	9
3.1.2	Studi Referensi	11
3.1.3	Persiapan Alat dan Bahan.....	11
3.1.4	Perancangan Alat.....	11
3.1.5	Pembuatan Alat	11
3.1.6	Pengujian Alat	11
3.1.7	Pengumpulan Data.....	11
3.1.8	Pengolahan Data.....	11
3.1.9	Analisis Hasil Data	12
3.1.10	Kesimpulan.....	12
3.2	Fuzzy Logic Controller	12
3.2.1	Fuzzifikasi.	12
3.2.2	Inference System	13
3.3.3	Defuzzifikasi.....	14
3.3	Alat dan Bahan Penelitian	14
3.3.1	Alat Penelitian	14
3.3.2	Bahan.....	14
BAB IV DESAIN DAN IMPLEMENTASI.....		15
4.1	Perencanaan	15
4.2	Studi Referensi.....	15
4.3	Desain Elektrik	15
4.4	Pengadaan Komponen	16
4.4.1	Analisis Kebutuhan Hardware.....	16
4.4.2	Analisis Kebutuhan Software.....	17
4.5	Implementasi Elektrik.....	18
4.6	Desain Software	19
4.7	Implementasi Software	22
4.7.1	Halaman Login	22
4.7.2	Halaman Dashboard	22
4.8	Tampilan Fungsi Keanggotaan Fuzzyfication	22
4.8.1	Tampilan Rulebase Fuzzy	25
4.8.2	Tampilan Metode Defuzzifikasi	25
4.9	Desain Mekanik	26

4.10 Implementasi Mekanik	26
4.11 Integrasi	27
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	28
5.1 Pembahasan	28
5.2 Hasil.....	28
5.3 Pengujian Hardware.....	31
5.4 Pengujian Software	33
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....	34
6.1 Kesimpulan	34
6.2 Saran	34
DAFTAR PUSTAKA	35

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 1. Panel Surya	3
Gambar 2. Internet of Things.....	4
Gambar 3. Arduino IDE.....	4
Gambar 4. Sensor BME280	4
Gambar 5. Sensor INA219.....	5
Gambar 6. Sensor BH1750	5
Gambar 7. Raspberry Pi 4.....	5
Gambar 8. Skema FLC	6
Gambar 9. Metode Penelitian	9
Gambar 10. Rancangan Diagram Blok sistem solar tracker	10
Gambar 11. Rancangan Diagram Blok sistem monitoring	10
Gambar 12. Fuzzy Logic Controller	12
Gambar 13. Perancangan Sensor BH1750 dan BME280	15
Gambar 14. <i>Perancangan INA 219</i>	16
Gambar 15. Perancangan Solar Tracker	16
Gambar 16. Implementasi Elektrik	18
Gambar 17. Login Website	19
Gambar 18. Dashboard Website	19
Gambar 19. Flowchart Fuzzy Panel Surya	20
Gambar 20. Flowchart Sistem Website	21
Gambar 21. Login Website	22
Gambar 22. Halaman Dashboard	22
Gambar 23. Tampilan fungsi keanggotaan variabel input Lux.....	23
Gambar 24. Tampilan fungsi keanggotaan variabel input voltage	23
Gambar 25. Tampilan fungsi keanggotaan variabel input ampere	24
Gambar 26. Tampilan fungsi keanggotaan LDR	24
Gambar 28. Tampilan aturan fuzzy rulebase	25
Gambar 29. Tampilan defuzifikasi.....	26
Gambar 30. Desain Mekanik	26
Gambar 31. Implementasi Mekanik.....	27
Gambar 32. Halaman Dashboard	27
Gambar 33. Halaman Database.....	27
Gambar 34. Pengujian hasil pembacaan sensor BH1750	28
Gambar 35. Pengujian pembacaan sensor INA219	29
Gambar 36. Pengujian pembacaan sensor BME280.....	29
Gambar 37. Pengujian Raspberry pi	31
Gambar 38. Pengujian BH1750.....	32
Gambar 39. Pengujian INA219	32
Gambar 40. Pengujian BME280.....	33
Gambar 41. Pengujian koneksi Raspberry pi 4 dengan database	33

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Perbandingan Penelitian	8
Tabel 2. Nilai Variabel.....	13
Tabel 3. Rule Base	13
Tabel 4. Pengujian pembacaan sensor LDR	30
Tabel 5. Tabel Perbandingan nilai Sensor monitoring	30
Tabel 6. Pengujian Raspberry pi.....	31
Tabel 7. Pengujian BH1750.....	32
Tabel 8. Pengujian INA219	32
Tabel 9. Pengujian BME280.....	33
Tabel 10. Uji Software.....	40

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Karakteristik Photovoltaik.....	38
Lampiran 2. Karakteristik Baterai	38
Lampiran 3. Karakteristik Inverter	38
Lampiran 4. Karakteristik BH1750	38
Lampiran 5. Karakteristik INA219.....	39
Lampiran 6. Karakteristik BME280	39
Lampiran 7. Tabel Pengujian Software	40
Lampiran 8. Perbandingan statis dan dinamis	41

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam kehidupan sehari-hari, makhluk hidup membutuhkan energi matahari. Energi baru terbarukan dan tak terbarukan berbeda. Energi baru terbarukan berasal dari sumber daya alam yang tidak terbatas dan tidak akan habis meskipun digunakan secara terus-menerus. Sebaliknya, energi tak terbarukan berasal dari fosil bumi yang telah ada selama berjuta-juta tahun dan akan habis saat digunakan. (Sambaliung No et al., 2021)

Perangkat utama sistem pembangkit listrik tenaga surya adalah panel surya, yang menghasilkan energi listrik dari cahaya matahari. Metode pemantauan solar cell saat ini masih konvensional dan hanya mengumpulkan data parameter output dalam format text file tertentu. Selain itu, data ini tidak dapat disimpan dalam jangka waktu yang lama. Aliran tegangan dan arus menuju beban, atau lampu, dapat diatur dengan alat yang terdiri dari komponen yang mahal dan tidak efisien. (Putri et al., 2022)

Menggunakan modul sel surya untuk menghasilkan energi listrik adalah mungkin dengan menggunakan panel atau pemusatan sinar surya. Oleh karena itu, panel surya harus selalu berada dalam posisi yang menghadap arah cahaya matahari untuk mendapatkan efisiensi maksimal dari cahaya matahari. Karena matahari selalu bergerak, kadang-kadang berada di belahan bumi utara, kadang-kadang berada di belahan bumi selatan, atau kadang-kadang berada di garis khatulistiwa, sel surya tidak dapat menyerap sepenuhnya energi dari matahari. (Aziz et al., 2021)

Selain dari perbedaan lama penyinaran matahari, faktor lain seperti suhu, intensitas cahaya, dan sudut datang cahaya juga mempengaruhi daya yang akan dihasilkan oleh panel surya. Dengan menerapkan sistem pelacakan/tracking, panel surya dapat mengikuti pergerakan matahari dan menghasilkan daya yang lebih besar daripada yang akan mereka hasilkan. (Tricahyono & Kholis, 2019)

Dalam situasi ini, sebagian besar sel surya yang terpasang bersifat statis atau diam, sehingga proses penyerapan energi oleh sel surya menjadi kurang efektif. Untuk mendapatkan jumlah energi yang paling besar, posisi panel surya harus digerakkan agar selalu mengikuti arah pergerakan sinar matahari, yang dikenal sebagai metode pelacak dua sumbu surya. Dengan menggunakan metode ini, pelacak surya dapat memaksimalkan penyerapan energi.

1.2 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengoptimisasi Deteksi Sumber Cahaya Matahari Pada *Solar Tracking System* menggunakan Fuzzy Logic.

1.3 Ruang Lingkup

Ruang lingkup permasalahan ini dibatasi oleh:

1. Studi kasus ini, untuk mengetahui titik lokasi berada dan seberapa besar daya listrik yang akan dihasilkan oleh sinar matahari pada panel surya, jika terjadi cuaca mendung.

2. Mengetahui *output* yang dapat dihasilkan dari panel surya berdasarkan waktu dan variabel lainnya.
3. Alat di hasilkan, berupa hasil jadi.
4. Pengujian dilakukan dengan cara simulasi

1.4 Manfaat

Manfaat dari perancangan alat ini yaitu:

1. Untuk mempermudah pengguna, untuk memantau hasil dari data input pada panel surya
2. Memberikan informasi yang akurat, tentang detail daya yang di dapatkan dari sinar matahari, melalui solar panel.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

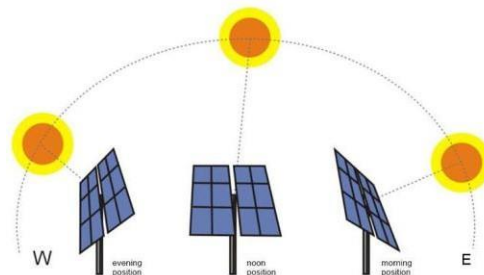
2.1. Landasan Teori

2.1.1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) adalah salah satu metode yang sangat ramah lingkungan untuk memenuhi kebutuhan energi listrik masyarakat. PLTS menghasilkan energi melalui modul fotovoltaik yang terintegrasi dengan energi hijau, yang menjadikannya energi yang terbarukan, lebih efisien, efektif, dan handal. Karena Indonesia adalah wilayah tropis, PLTS harus dikembangkan dengan serius. (Gifson et al., 2020).

2.1.2 Panel Surya

Panel surya terdiri dari beberapa sel surya yang untuk mencapai output yang diinginkan, panel surya terdiri dari beberapa sel surya yang digabungkan. Kumpulan sel surya ini dapat mengubah sinar matahari menjadi listrik arus searah. Untuk menyimpan daya yang dihasilkan dari konversi ini, baterai dapat ditambahkan ke panel surya dan disimpan sebagai cadangan energi listrik. Secara sederhana, sel surya terdiri dari persambungan bahan semikonduktor tipe P dan N P-N junction semiconductor, yang menghasilkan aliran elektron yang disebut arus listrik ketika terkena sinar matahari. (Harahap, P. 2020).



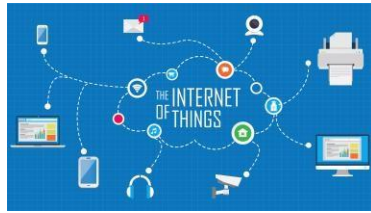
Gambar 1. Panel Surya

2.1.3 Sel Surya

Sel surya adalah sebuah perangkat yang mengubah energi matahari menjadi energi listrik melalui proses yang dikenal sebagai efek fotovoltaik. Karena alasan ini, ia juga disebut sel fotovoltaik (Photovoltaic cell-disingkat PV) Tegangan listrik yang dihasilkan oleh satu sel surya relatif rendah, sekitar 0,65 V tanpa beban atau 0,45 V dengan beban. Beberapa seri surya tersusun tersusun secara seri terusun untuk mendapatkan tegangan listrik yang besar sesuai keinginan. (Hari Purwoto et al., 2018).

2.1.4 Internet of Things

Menurut IEEE ((Institute of Electrical and Electronics Engineers) Internet of Things (IoT) di definisikan sebagai sebuah jaringan dengan masing-masing benda yang teranam dengan sensor yang terhubung kedalam jaringan internet. (Putri et al., 2022).



Gambar 2. *Internet of Things*

2.1.5 Arduino IDE

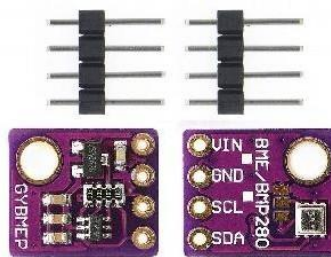
Arduino IDE adalah perangkat lunak yang digunakan untuk membuat sketsa (program) dan driver untuk koneksi komputer. Arduino Ide ini menggunakan bahasa pemrograman yang mirip dengan C. Perubahan telah dilakukan pada bahasa pemrograman Arduino untuk memudahkan pemula dalam melakukan pemrograman. (Kusumawati & Angga Wiryanto, 2019).



Gambar 3. *Arduino IDE*

2.1.6 Sensor BME280

Modul sensor BME280 adalah sensor yang dapat mengukur data dari sensor, aktuator, dan lampu yang diakses melalui antarmuka I2C. Sensor ini mudah digunakan karena tidak memerlukan komponen tambahan dan memiliki fitur yang telah dikalibrasi. (Hidayah, 2021).



Gambar 4. *Sensor BME280*

2.1.7 LDR

LDR (Light Dependent Resistor) juga kadang-kadang disebut sebagai photoresistor, adalah komponen yang resistansinya bervariasi tergantung pada cahaya yang diterapkannya. Ketika LDR menerima sejumlah besar cahaya, resistansinya menurun, dan sebaliknya, ketika LDR menerima sejumlah kecil cahaya, resistansinya meningkat. (Putra et al., 2020).

2.1.8 INA219

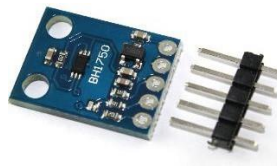
INA219 adalah sensor suhu dan tekanan yang diproduksi oleh Texas Instruments. Sensor ini dirancang untuk mengukur arus listrik dan tegangan dalam sistem elektronik dengan sensitivitas yang tinggi. INA219 memiliki kemampuan untuk mengukur arus hingga 3.2A dengan resolusi 0.8mA dan tegangan hingga 26V dengan resolusi 4mV. Sensor ini dilengkapi dengan beberapa fitur, seperti deteksi arus yang disempurnakan, proteksi tegangan yang disempurnakan, dan deteksi tegangan input yang disempurnakan. (Mursidan et al., 2023).



Gambar 5. Sensor INA219

2.1.9 BH1750

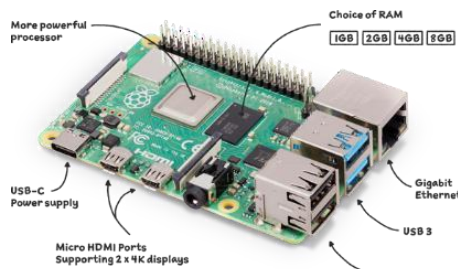
BH1750 adalah sensor sirkuit terpadu yang digunakan untuk mengukur perubahan intensitas cahaya dalam satu lux. Untuk berkomunikasi dengan mikrokontroler atau sistem minimal, digunakan protokol I2C. Sensor ini memiliki rentang deteksi yang luas, mulai dari 1 hingga 65535 lux. Lux adalah unit pengukuran yang mewakili intensitas cahaya di area sekecil satu meter per meter dengan menggunakan satu lux yang disisihkan dan satu lumen per meter per meter, atau dengan kata lain, satu Lux = satu Lm/m².(Suryana, 2021).



Gambar 6. Sensor BH1750

2.1.10 Raspberry Pi

Raspberry Pi adalah keyboard berbiaya rendah dan berkinerja tinggi yang dapat menjalankan berbagai program komputer, yang sebagian besar digunakan pada komputer pribadi (PC). Karena kompatibilitasnya dengan komputer dan desainnya yang praktis, Raspberry Pi dapat disebut sebagai komputer kecil yang portabel, terutama jika menyangkut ukuran ATM.(Barlianto et al., 2021).



Gambar 7. Raspberry Pi 4

2.1.11 Logika Fuzzy

Secara sederhana, "Fuzzy" memiliki arti kabur atau samar. Logika fuzzy memiliki nilai keanggotaan antara 0 dan 1. Dengan demikian, logika fuzzy dapat didefinisikan sebagai suatu logika dengan nilai kesamaran antara benar dan salah. Logika fuzzy mampu menginterpretasikan pernyataan yang samar menjadi pernyataan yang dapat diekspresikan dalam bahasa yang dapat dimengerti oleh manusia. Penting untuk diingat bahwa probabilitas dan logika fuzzy tidak dapat diterapkan dengan cara yang sama karena probabilitas mengukur kemungkinan suatu kejadian tertentu akan terjadi, sedangkan logika fuzzy dapat menghasilkan hasil berdasarkan prediksi. Diagram kontrol logika fuzzy (FLC) dibagi menjadi tiga bagian utama: logika fuzzy, mekanisme inferensi, dan mekanisme defuzzifikasi. (Saputra, A. I., Hidayat, I., & Priharti, W. 2022).

a. Fuzzifikasi

Fuzzifikasi adalah proses mengubah masukan yang memiliki nilai kebenaran pasti (crisp input) menjadi variabel linguistik yang ditentukan dari fungsi keanggotaan. Fungsi keanggotaan adalah sebuah kurva yang memetakan titik-titik keanggotaan himpunan dalam interval nilai antara 0 sampai 1. Ada beberapa cara untuk membuat pendekatan fungsi

b. Inferensi

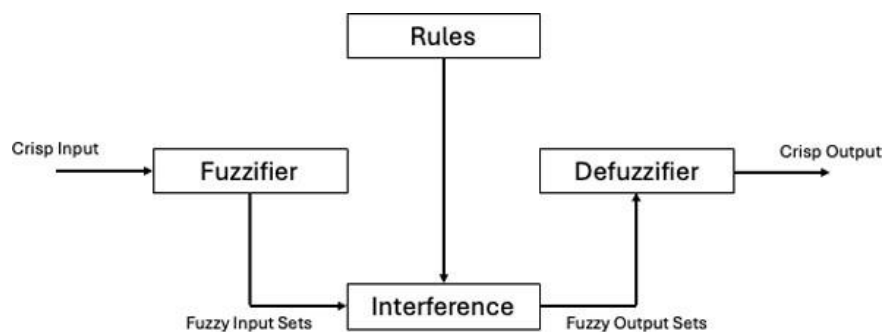
Inferensi merupakan proses pemetaan dari input dalam bentuk himpunan fuzzy ke output menggunakan fuzzy logic. Metode yang digunakan pada tugas akhir ini adalah metode sugeno. Metode sugeno memiliki fungsi output yang lebih sederhana dan respon yang lebih cepat dibandingkan model mamdani karena perhitungan yang lebih sederhana

c. Defuzzifikasi

Defuzzifikasi merupakan proses mengubah himpunan fuzzy menjadi nilai crisp. Pada model sugeno defuzzifikasi yang digunakan adalah metode **Centroid**.

Nilai Defuzzifikasi

$$= \frac{\sum(\text{Keanggotaan Tertinggi} \times \text{Nilai})}{\sum(\text{Keanggotaan Tertinggi} - \text{Keanggotaan Terendah})}$$



Gambar 8. Skema FLC

2.2 Penelitian Terdahulu

- 1 Nama : (Tricahyono & Kholis, 2019)
Judul : Monitoring Dual Axis Solar Tracking System Berbasis IoT
SISTEM MONITORING INTENSITAS CAHAYA DAN DAYA PADA DUAL AXIS SOLAR TRACKING SYSTEM BERBASIS IOT
Isi : Sistem tracking merupakan sebuah metode yang mampu untuk membuat panel surya bergerak mengikuti pergerakan dari arah datangnya sumber cahaya agar panel surya mendapatkan cahaya maksimal, sehingga daya yang dihasilkan juga akan maksimal. Untuk mengetahui besar daya yang dihasilkan oleh panel surya, dapat dilakukan dengan menggunakan sistem monitoring. Semakin berkembangnya teknologi, sistem monitoring dapat dilakukan dengan jarak jauh menggunakan metode IoT.
- 2 Nama : Aziz et al., 2021
Judul : Penerapan Dual Axis Solar Tracking dengan Fuzzy Logic Controller untuk Optimalisasi Output pada Solar Cell
Isi : Pada penelitian ini dilakukan perancangan prototipe sistem dual axis solar tracking dengan Fuzzy Logic Controller dalam upaya mengoptimalkan output dari solar cell. Fuzzy Logic Controller berisi rule base atau aturan-aturan logis yang mencakup berbagai kemungkinan kondisi. Light Dependent Resistor (LDR) berfungsi menerima masukan cahaya matahari, Arduino Nano sebagai mikrokontroler yang mengatur keseluruhan sistem serta motor servo SG90 sebagai penggerak axis horizontal dan vertikal
- 3 Nama : Putri et al., 2022
Judul : Sistem Kontrol Beban Dan Monitoring Daya Baterai Pada Panel Surya 50wp Untuk Aplikasi Penerangan Berbasis Internet Of Things
Isi : Tujuan dari penelitian ini adalah guna mempermudah pengguna dalam memonitoring nilai tegangan dan arus dalam baterai yang dihasilkan oleh panel surya melalui smartphone dengan aplikasi yang sudah dirancang. untuk mengembangkan alat dan aplikasi guna memonitoring dan mengkontrol panel surya berbasis Internet of Things dengan menggunakan mikrokontroler NodeMCU sehingga dapat terakses melalui internet. Pada alat yang akan dibuat membutuhkan sensor INA219 yang akan menjadi satu dengan NodeMCU. Pada penelitian ini didapatkan bahwa pada panel surya dengan tipe monocrystalline dengan daya 50WP hanya memiliki nilai de-efisiensi sebesar 0,138%. Pada data hasil pengukuran sensor INA219 dapat dilihat bahwa data ini memiliki nilai keberhasilan sebesar 99,75% dan nilai error yang terbilang cukup kecil yaitu 0,25%.
- 4 Nama : Muhammad Fathan Rasil Haq, 2023

- Judul : Monitoring Intensitas Cahaya Matahari Pada Solar Tracking System Menggunakan NodeMCU ESP8266 Berbasis Artificial Intelligences
- Isi : Penelitian agar pengguna mendapatkan data dari tegangan, arus yang dihasilkan oleh panel surya. Selain itu, pengguna juga akan mampu untuk mendapatkan data dari besarnya intensitas cahaya yang diterima oleh panel surya. Dengan adanya data tersebut, maka pengguna akan mampu untuk merencanakan pemakaian beban agar daya dari beban yang akan dipakai tidak melebihi daya yang dihasilkan oleh panel surya. Sehingga diperlukan membuat sebuah alat monitoring tegangan, arus, dan intensitas cahaya pada solar tracking system berbasis IoT. Monitoring Intensitas Cahaya Matahari Pada Solar Tracking System menggunakan NodeMCU ESP8266 Berbasis Artificial Intelligence memiliki kemampuan untuk memantau efektifitas input dari panel surya dan hasil dari pemantauan tersebut dapat tersimpan untuk melihat apakah efektifitas input baik atau tidak.

2.3 Tabel Perbandingan

Tabel perbandingan menunjukkan perbandingan penelitian sebelumnya yang kita gunakan sebagai bahan acuan untuk membuat Optimalisasi Deteksi Penentuan Sumber Cahaya Matahari dengan menggunakan Fuzzy Logic Berbasis Raspberry Pi 4 pada Sistem Pengawasan Cahaya Matahari. Tabel 1 menunjukkan perbandingan penelitian.

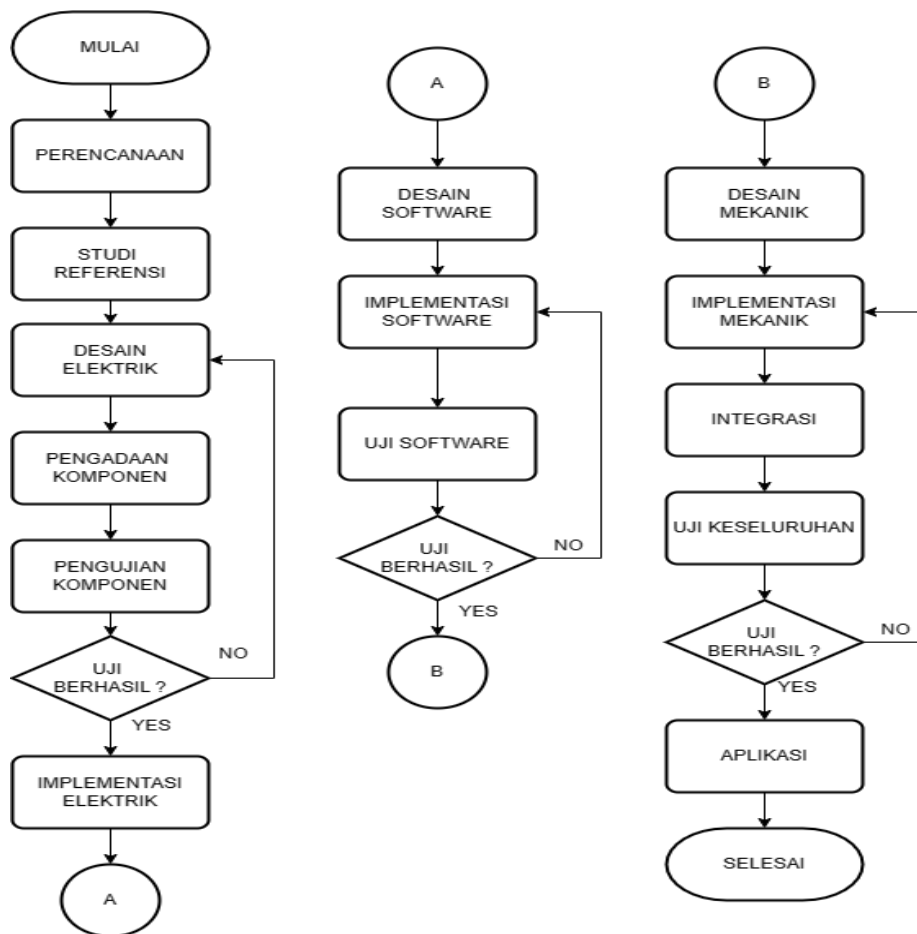
Tabel 1. Perbandingan Penelitian

No	Penelitian	Mikrokontroler						Koneksi			Berbasis	
		Arduino Uno	Raspberry PI	Wemos D1 mini	Arduino Nano	nodeMCU	ESP8266	Raspberry PI	nodeMCU	ESP-12E	Website	Blynk
1	(Tricahyono & Kholis, 2019)	✓		✓					✓		✓	
2	(Aziz et al., 2021)				✓					✓		✓
3	(Putri et al., 2022)						✓		✓			✓
4	(Muhammad Fathan Rasil Haq, 2023)					✓			✓		✓	
5	(Irwin Subarkah, 2024)		✓					✓			✓	

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan untuk perancangan dan pengembangan *Optimalisasi* Deteksi Penentuan Sumber Cahaya Matahari Menggunakan Fuzzy Logic Berbasis Raspberry Pi 4 Pada *Solar Tracking System* adalah menggunakan metode penelitian bidang *Hardware Programming* yang ditunjukkan pada gambar dibawah.



Gambar 9. Metode Penelitian

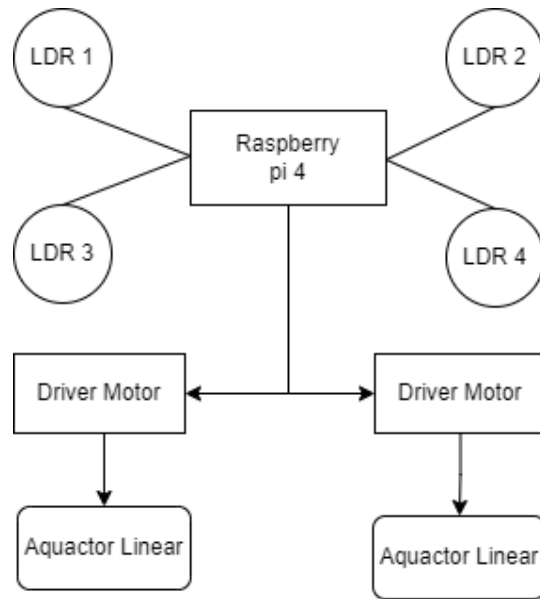
3.1.1 Perencanaan

Dalam perencanaan proyek penelitian terdapat beberapa hal penting yang perlu ditentukan, dipertimbangkan yaitu :

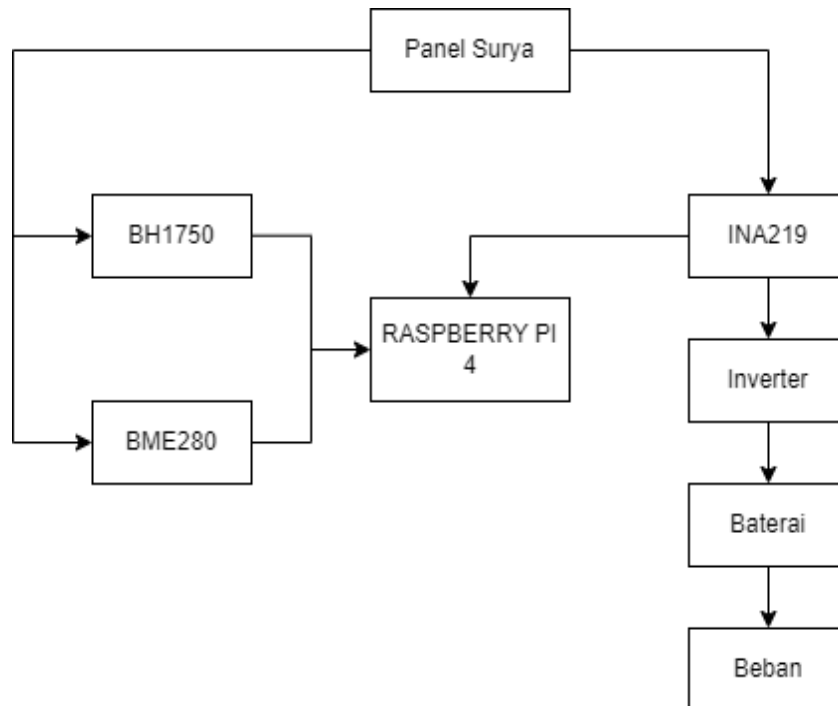
- Analisis Penelitian Alat.
- Estimasi kebutuhan alat dan bahan.
- Estimasi anggaran.
- Kemungkinan penerapan hardware yang akan dirancang.

1. Rancangan Diagram Blok

Berikut rancangan diagram blok yang meliputi sebuah modul Raspberry Pi 4, BH1750, INA 219, DHT22, BME280, dan LDR, sebagai parameter kerja dari sistem. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 11, sedangkan pada gambar 10 diagram blok untuk membantu menentukan arah matahari berada.



Gambar 10. Rancangan Diagram Blok sistem solar tracker



Gambar 11. Rancangan Diagram Blok sistem monitoring

3.1.2 Studi Referensi

Studi referensi dari penelitian ini di batasi oleh pencarian topic yang mengenai, *Peningkatan Deteksi Sumber Cahaya Matahari Pada Solar Tracking System* menggunakan Fuzzy Logic.

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

1. Skripsi Terdahulu dengan topik bahasan serupa
2. Jurnal Nasional
3. Jurnal Internasional

3.1.3 Persiapan Alat dan Bahan

Dalam melakukan pembuatan sistem atau alat, sangat diperlukan alat dan bahan yang mendukung untuk pembuatan sistem tersebut. Pilihlah alat dan bahan yang sesuai dengan spesifikasi yang diperlukan.

3.1.4 Perancangan Alat

Dalam perancangan alat, desain mekanik merupakan hal penting yang harus dipertimbangkan. Pada umumnya kebutuhan aplikasi terhadap desain mekanik antara lain:

1. Dimensi dan massa keseluruhan sistem.
2. Penempatan modul-modul elektronik.
3. Pengetesan sistem mekanik yang telah dirancang.

3.1.5 Pembuatan Alat

Pembuatan alat diharapkan sesuai dengan prosedur yang berlaku, hal ini dilakukan agar mendapatkan hasil yang sesuai dengan diinginkan.

3.1.6 Pengujian Alat

Pengujian terhadap alat proyek dilakukan untuk mengetahui kinerja alat baik dari masing-masing bagian maupun keseluruhan alat. Tujuan dari pengujian alat ini diharapkan mampu mendapatkan hasil data pengujian yang valid dan juga untuk mengetahui kesesuaian alat apakah bekerja dengan apa yang diharapkan.

3.1.7 Pengumpulan Data

Pengumpulan data adalah tahap dimana sistem sudah berjalan dengan baik. Pengumpulan data dilakukan untuk memperoleh informasi yang dibutuhkan dalam rangka mencapai tujuan penelitian.

3.1.8 Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan guna mengubah data mentah menjadi informasi yang berguna bagi pengguna. Data mentah yang telah dikumpulkan tidak akan berguna jika tidak diolah terlebih dahulu,

data-data tersebut hanya akan menjadi angka-angka atau catatan yang tidak memiliki arti jika tidak diolah.

3.1.9 Analisis Hasil Data

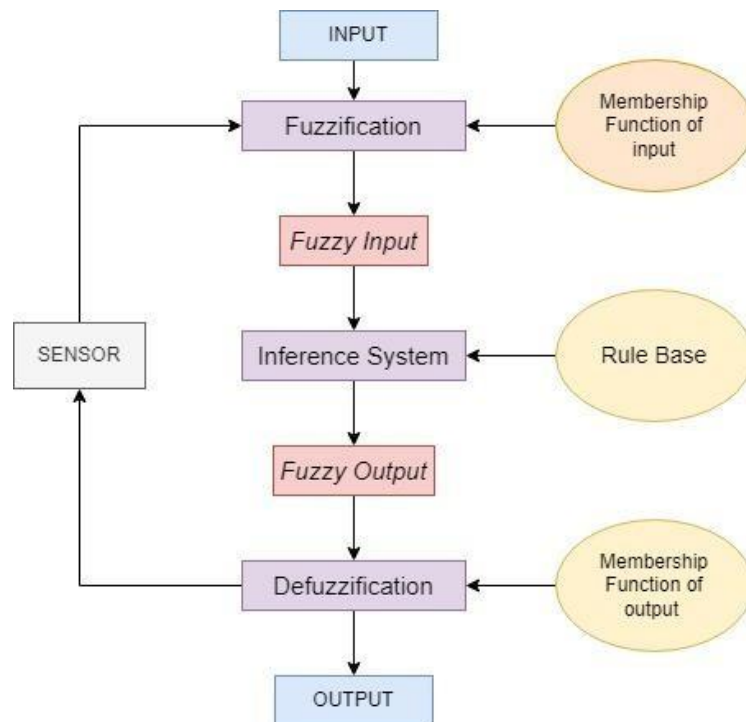
Tahap ini adalah proses menganalisis hasil data yang diperoleh, proses ini mengolah data yang didapatkan menjadi informasi yang diinginkan. Tujuan pada tahap ini untuk mempermudah pembacaan hasil yang diperlukan.

3.1.10 Kesimpulan

Kesimpulan bertujuan untuk mempermudah membaca hasil yang sudah diperoleh dari tahap perencanaan, pembuatan pengumpulan data hingga hasil dari analisis data.

3.2 Fuzzy Logic Controller

Diagram ini dibuat dengan tujuan untuk memudahkan proses implementasi pada sisi perangkat lunak untuk sistem yang sedang dibangun agar hasilnya sesuai dengan yang diinginkan. Kemudian Fuzzy logic control mempunyai 3 bagian untuk membuat struktur dasar dalam kendali fuzzy yaitu: fuzzifikasi, knowledge base, dan defuzzifikasi.



Gambar 12. *Fuzzy Logic Controller*

3.2.1 Fuzzifikasi.

Fuzzifikasi merupakan sebuah tahapan untuk merubah nilai-nilai dari masukan sensor yang memiliki sifat crisp atau lebih dikenal dengan nilai pasti ke dalam bentuk fuzzy. Dalam perancangannya, nilai input dari tiap sensor akan memiliki himpunan fuzzy yang sama yaitu berjumlah 5

buah keanggotaan yang terdiri dari sangat gelap, gelap, normal, terang, dan sangat terang.

Tabel 2. Nilai Variabel

No	Variabel	Nilai Variabel (%)
1	Sangat Terang	81 - 100%
2	Terang	61 - 80%
3	Normal	41 - 60%
4	Gelap	21 - 40%
5	Sangat Gelap	0 - 20%

3.2.2 Inference System.

Pada langkah ini, penulis memilih menggunakan logika fuzzy dengan model sugeno, dimana model sugeno merupakan varian dari model mamdani, Alasan memilih model sugeno adalah karena dengan menggunakan model sugeno ini memiliki fungsi keanggotaan yang lebih sederhana, dimana fungsi keanggotaannya merupakan anggota tunggal. Dengan menentukan aturannya, di tunjukkan dalam 2 buah seperangkat alat yang di gunakan untuk membuat keputusan.

Tabel 3. Rule Base

BH1750

	SG	G	N	T	ST
INA219	SG	SG	N	G	N
G	SG	G	N	N	T
N	G	G	T	T	ST
T	T	T	N	T	ST
ST	T	T	T	ST	ST

Keterangan :

ST : Sangat Terang

G : Gelap

T : Terang

SG : Sangat Gelap

N : Normal

3.3.3 Defuzzifikasi.

Defuzzifikasi adalah sebuah proses membiarkan sistem mengubah nilai yang muncul setelah di proses oleh proses fuzzy langkah demi langkah yang sebelumnya merupakan nilai tegas sesuai dengan fungsi anggota yang telah didefinisikan pada aturan sebelumnya. Proses seleksi fungsi keanggotaan model sugeno memiliki aturan singleton, alasan pemilihan aturan singleton adalah untuk pilihan yang sederhana yaitu dengan nilai tunggal yang sudah ditentukan sebelumnya, meskipun hasil dari proses selalu akurat.

Keluaran dari proses berikut ini digunakan sebagai nilai untuk memutar sudut dari motor servo. Metode centroid dipilih sebagai metode komputasi untuk defuzzifikasi, berdasarkan apa yang di perhitungkan pada persamaan berikut:

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

3.3.1 Alat Penelitian

- 1) Perangkat Keras
 - a. Processor Intel ® Core™ i5-8265U @1.6Ghz, GPU Nvidia MX230 2GB.
 - b. OS Windows 11 (64-bit)
 - c. RAM 12GB DDR4-2666
 - d. Hardisk 1TB, SSD 500GB
 - e. Printer
- 2) Perangkat Lunak
 - a. Draw.io
 - b. Microsoft Office
 - c. Google Chrome dan Microsoft Edge
 - d. Fritzing

3.3.2 Bahan

1. Buku Panduan Skripsi Program Studi Ilmu Komputer, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pakuan tahun 2019
2. Jurnal – jurnal yang terkait dengan judul penelitian ini.
3. Internet dan aplikasi pendukung.

BAB IV DESAIN DAN IMPLEMENTASI

4.1 Perencanaan

Dalam perencanaan ini memiliki langkah – langkah yang meliputi desain software dan desain hardware, serta memilih komponen – komponen yang akan digunakan dalam rangkaian. Selain menggunakan teori – teori tersebut, di dalam komponen rangkaian yang akan dilakukan evaluasi karakteristik dari komponen – komponen yang akan digunakan dalam pembuatan alat tersebut. Sehingga dapat mencapai hasil yang maksimal.

4.2 Studi Referensi

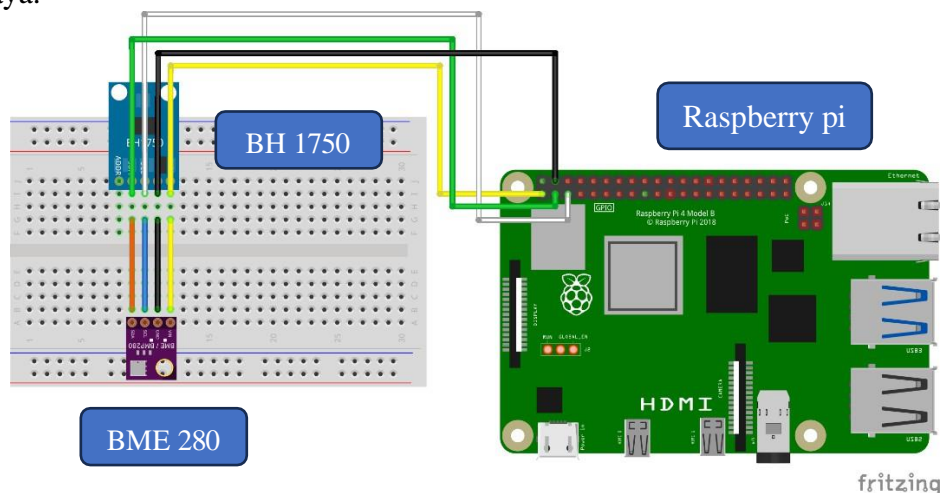
Studi referensi dari penelitian ini dibatasi dengan pencarian topik terkait “*Optimalisasi Deteksi Penentuan Sumber Cahaya Matahari Menggunakan Fuzzy Logic Berbasis Raspberry Pi 4 Pada Solar Tracking System*”

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

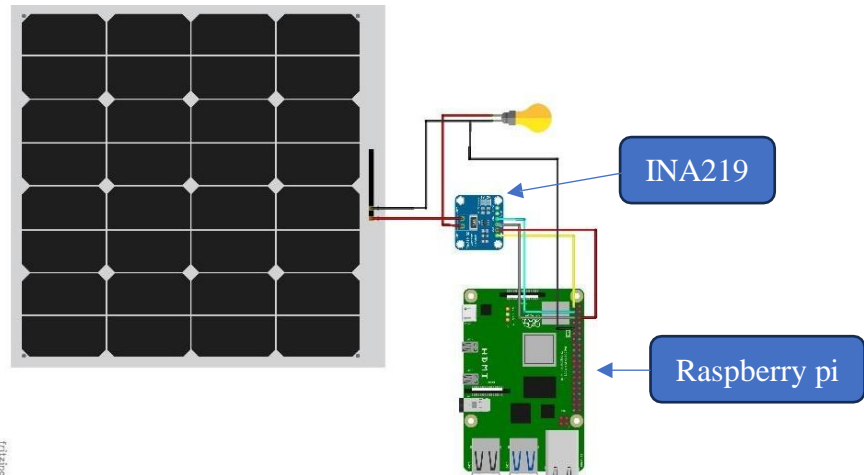
- 3.3.1 Skripsi terdahulu dengan topik serupa
- 3.3.2 Jurnal nasional
- 3.3.3 Jurnal internasional

4.3 Desain Elektrik

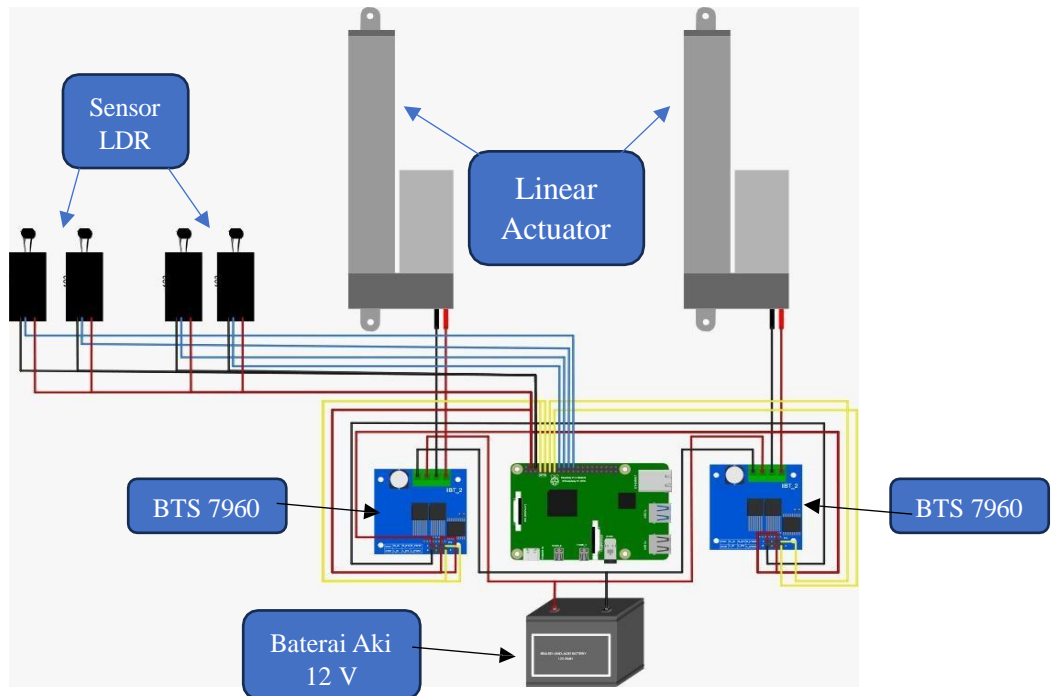
Desain elektrik pada penelitian ini, terdiri dari perancangan rangkaian sensor tegangan, arus, suhu, tekanan angin, kelembapan angin dan sensor intensitas cahaya.



Gambar 13. Perancangan Sensor BH1750 dan BME280



Gambar 14. Perancangan INA 219



Gambar 15. Perancangan Solar Tracker

4.4 Pengadaan Komponen

Di tahap ini, pemilihan komponen yang akan digunakan sesuai tahapan perencanaan. Hal ini dilakukan untuk mencapai hasil yang maksimal, baik dari daya yang digunakan maupun dari pengeluaran biaya atau pengimplementasikan antara teori penunjang yang di pakai dengan perhitungan yang menggunakan komponen secara optimal.

4.4.1 Analisis Kebutuhan Hardware

1) Pemilihan Modul Photovoltaic (PV)

Pada penelitian ini, panel surya sangat penting untuk digunakan dalam pembuatan PLTS ini. Sehingga panel surya yang digunakan ini berjenis monocrystalline dengan satuan ukuran 50 WP,

dimana memiliki karakteristik yang dapat di lihat pada Lampiran “ ”

2) Pemilihan Baterai atau Aki

Baterai ini berfungsi sebagai media penyimpanan energi yang telah di hasilkan oleh panel surya, sehingga dapat digunakan ketika cuaca mendung, hujan, ataupun malam. Berikut karakteristik dari baterai yang digunakan dalam penelitian ini, sehingga dapat dilihat pada lampira “ ”

3) Pemilihan *Microcontroller*

Modul *Microcontroller* ini digunakan untuk membangun sistem yang menggunakan satu buah Raspberry PI 4 sebagai *Microcontroller* dan dapat mengirimkan hasil pembacaan data ke database yang digunakan.

4) Pemilihan Motor Driver

Pada penelitian ini, motor driver digunakan untuk mengatur pergerakan aktuator apakah maju atau mundur sesuai dengan kondisi yang telah ditetapkan pada proses mikrokontroler dengan BTS7960 tipe, yang dapat memberikan tegangan 48V dan arus 43A.

5) Pemilihan Aktuator

Pada penelitian ini, menggunakan aktuator untuk parabola yang dapat digunakan dengan beban sampai 200 kg. Aktuator ini memiliki kemampuan untuk menggerakkan solar panel ke arah timur atau barat.

6) Pemilihan Sensor

Pada sensor ini, sensor yang digunakan dalama penlitian menggunakan BH1750, BME280, dan INA219. Sensor BH1750 ini berfungsi sebagai pembaca intensitas cahaya dengan satuan Lux, kemudian BME280 ini berfungsi sebagai pembaca sensor suhu, kelembapan angin, dan tekanan angin dan terakhir INA219 ini berfungsi sebagai pembaca arus dan tegangan DC yang di hasilkan oleh panel surya. Karakteristik sensor yang digunakan dapat dilihat pada Lampiran 4, 5 dan 6. Sedangkan sensor LDR digunakan untuk membaca tingkat kecerahan sinar matahari yang akan digunakan untuk menggerakkan aktuator, bisa dilihat pada gambar 15

4.4.2 Analisis Kebutuhan Software

1) Thonny

Merupakan IDE yang digunakan untuk membuat *source code program* yang tersedia di raspberry Pi. Sebagai sebuah IDE, Thonny dilengkapi dengan debugger untuk membantu mendeteksi dan memperbaiki kesalahan dalam kode.

2) Fritzing

Merupakan sebuah *software sircuit electronic* yang *oepnsource* yang dapat membatu untuk membuat skema *prototype* rancangan yang akan digunakan.

3) Visual Studio Code

Sebuah code editor yang open source yang bisa dijalankan di perangkat dekstop berbasis Windows, Linux, dan MacOS.

Dimana *software* tersebut digunakan untuk pembuatan aplikasi yang akan diterapkan pada penelitian ini.

4) Microsoft Visio

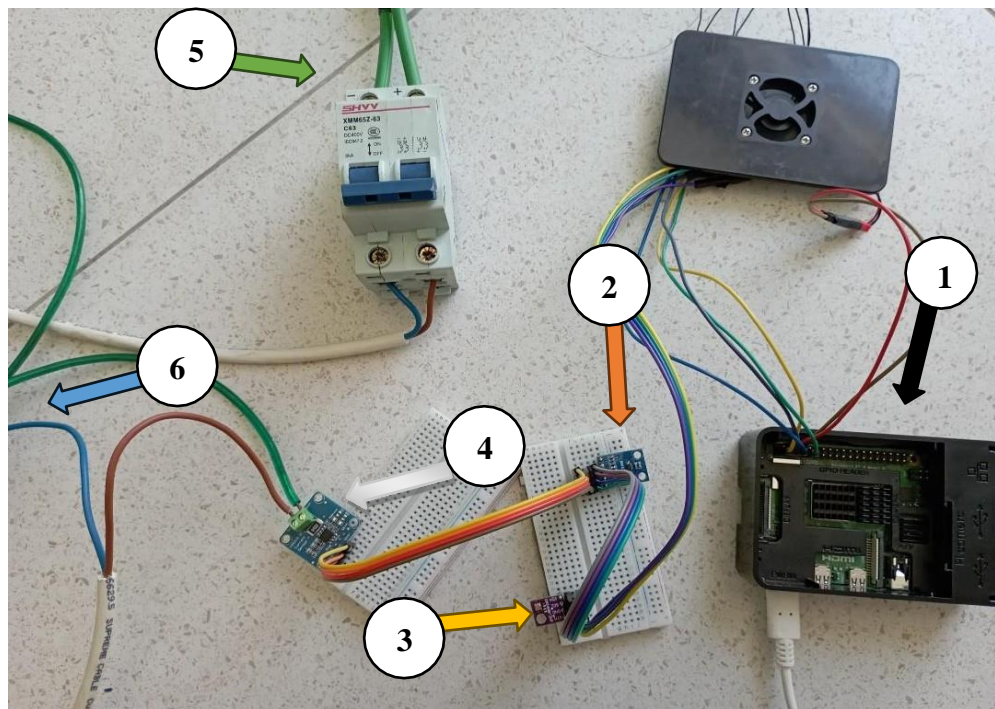
Sebuah aplikasi yang dapat digunakan, sebagai desain pembuatan flowchart dari sistem yang akan digunakan

5) Draw IO

Merupakan aplikasi atau website, yang digunakan sebagai desain pembuatan kerangka aplikasi atau website untuk gambaran struktur desain yang akan di buat

4.5 Implementasi Elektrik

Dalam penggunaan elektrik ini, di perlukan untuk mengecek tegangan arus listrik dan mengontrol arus listrik dengan menstabilkannya sesuai kebutuhan sistem.



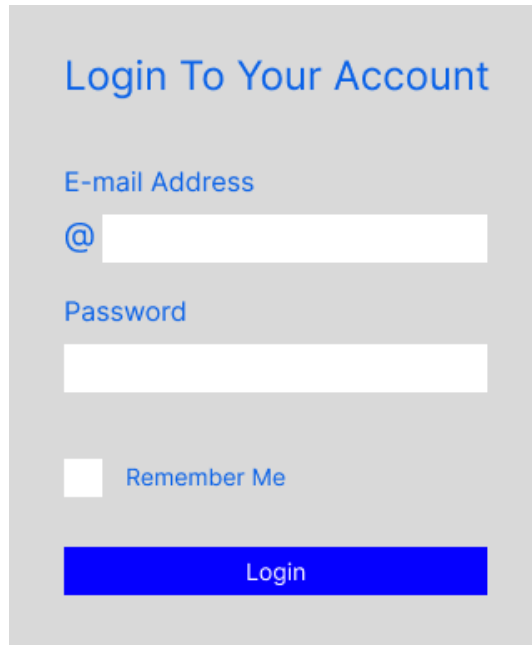
Gambar 16. *Implementasi Elektrik*

Keterangan :

1. Raspberry pi 4 merupakan microcontroller untuk membaca nilai sensor dan mengirimkannya ke website.
2. BH1750 sensor untuk membaca nilai intensitas cahaya matahari.
3. BME280 sensor untuk membaca suhu, kelembapan udara dan tekanan udara
4. INA219 sensor yang digunakan untuk membaca nilai DC voltage, current serta power yang digunakan pada beban Arus DC
5. Kabel yang digunakan untuk memberikan nilai voltage dari panel surya
6. Kabel yang digunakan untuk menghubungkan INA219 dengan load DC

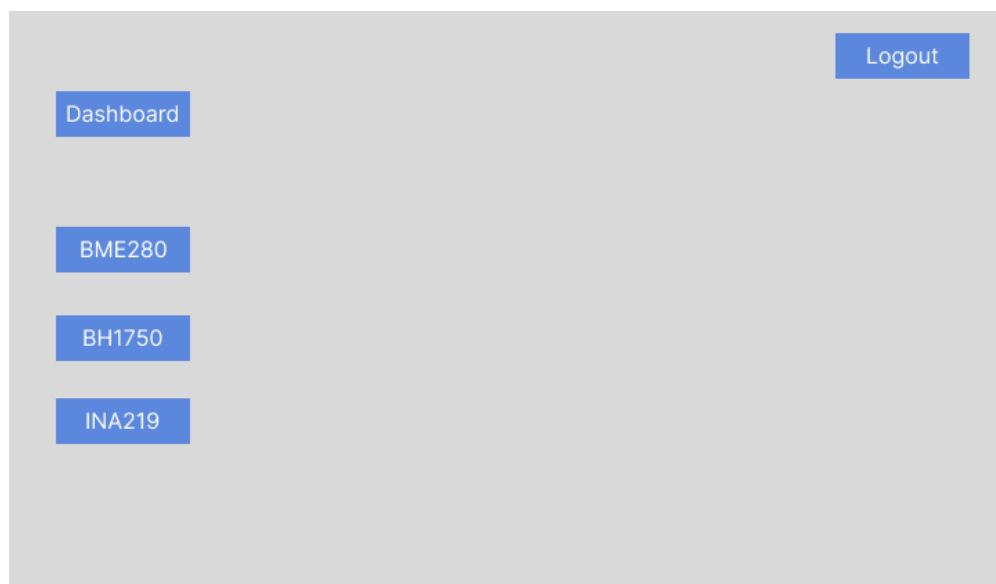
4.6 Desain Software

Dalam proses pembuatan perangkat lunak harus mengutamakan cara kerja yang efisien, sehingga harus menggunakan flowchart diagram alur, untuk menyampaikan informasi alur dari system yang akan dibuat



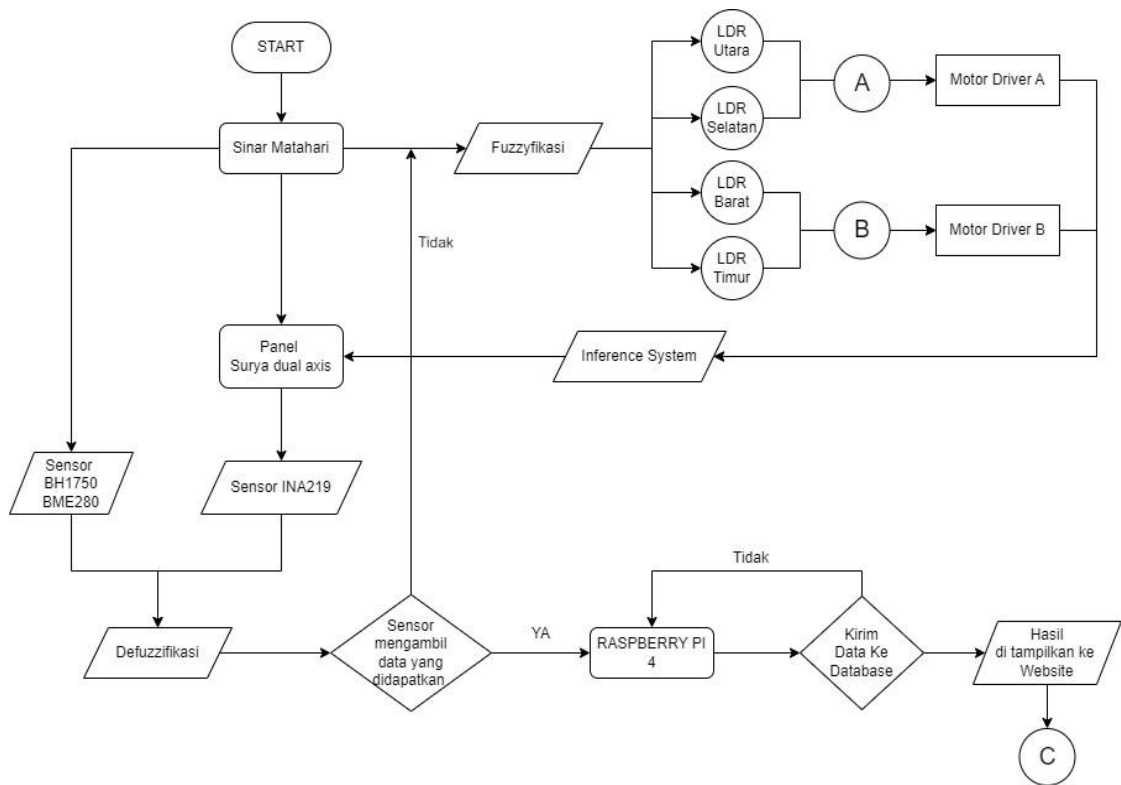
The image shows a login form with a light gray background. At the top, the title "Login To Your Account" is displayed in blue. Below the title, there are two input fields: "E-mail Address" with a blue "@" icon and a white text box, and "Password" with a white text box. A "Remember Me" checkbox is located below the password field. At the bottom, there is a prominent blue "Login" button.

Gambar 17. *Login Website*

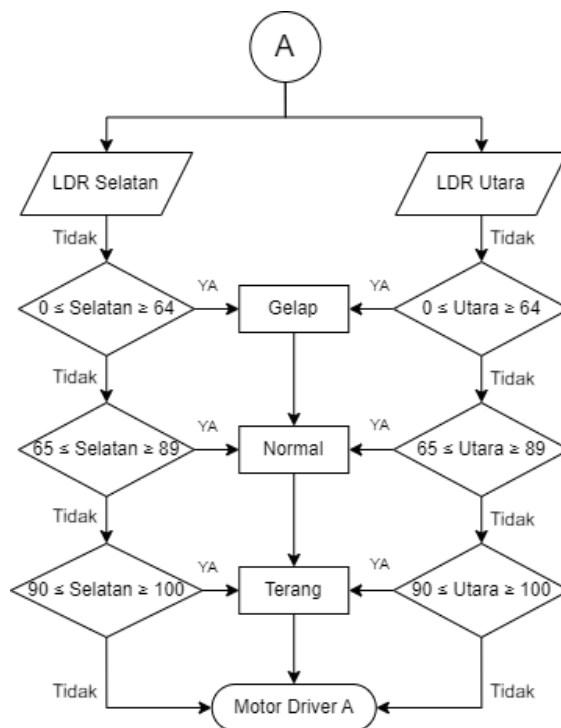


Gambar 18. *Dashboard Website*

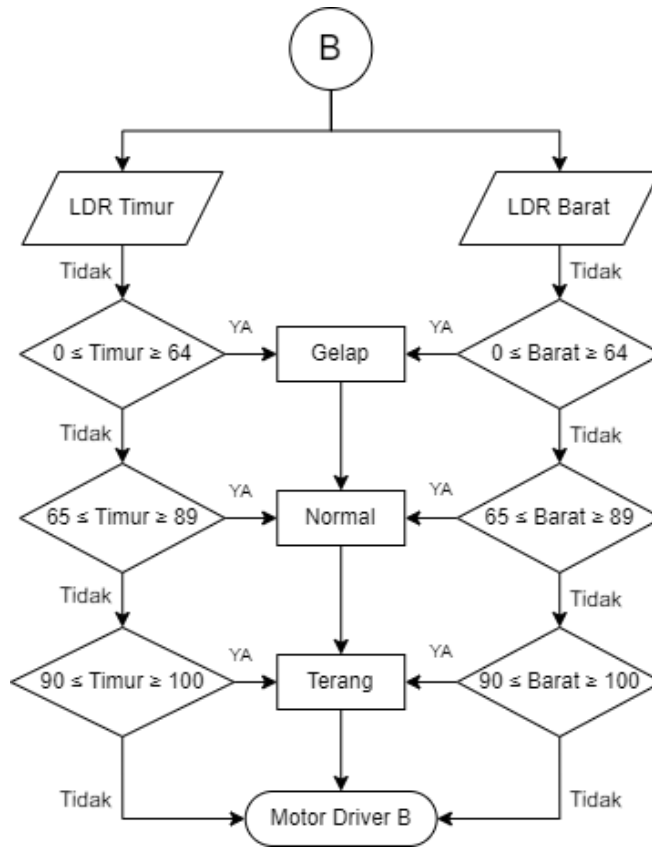
Untuk menyampaikan informasi alur dari sistem yang akan dibuat, diagram flowchart dapat digambarkan berdasarkan desain di atas. Ini adalah diagram flow chart dari desain software.



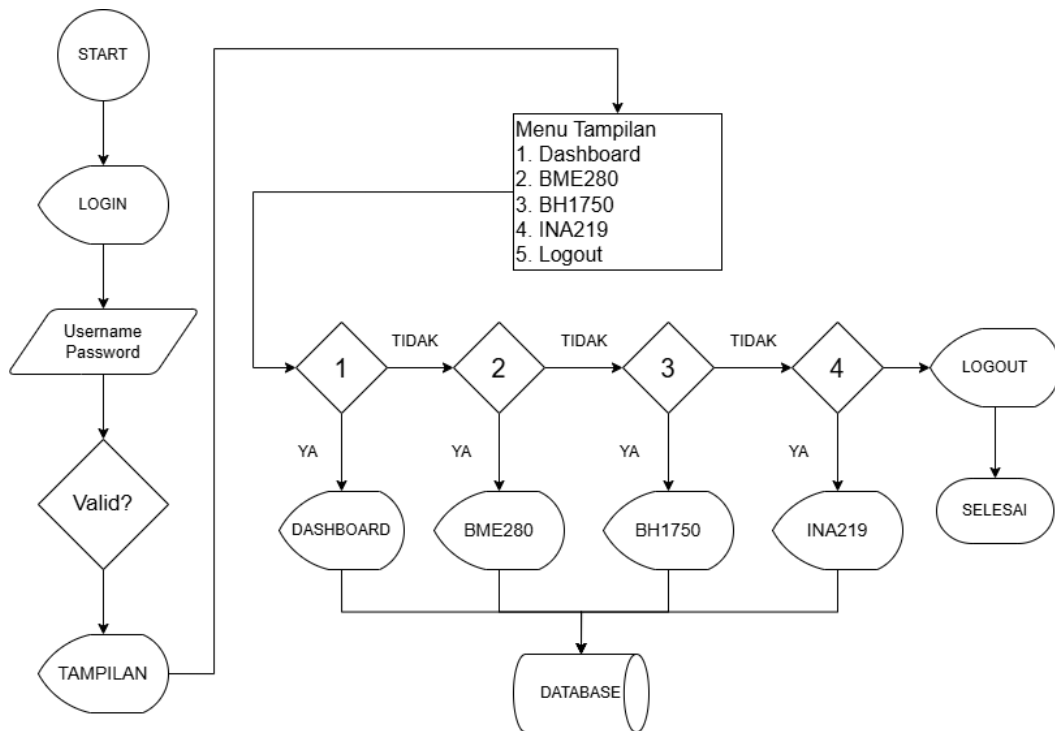
Gambar 19. Flowchart Fuzzy Panel Surya



Gambar 20. Flowchart rule base LDR Utara dan Selatan



Gambar 21. Flowchart rule base LDR Barat dan Timur



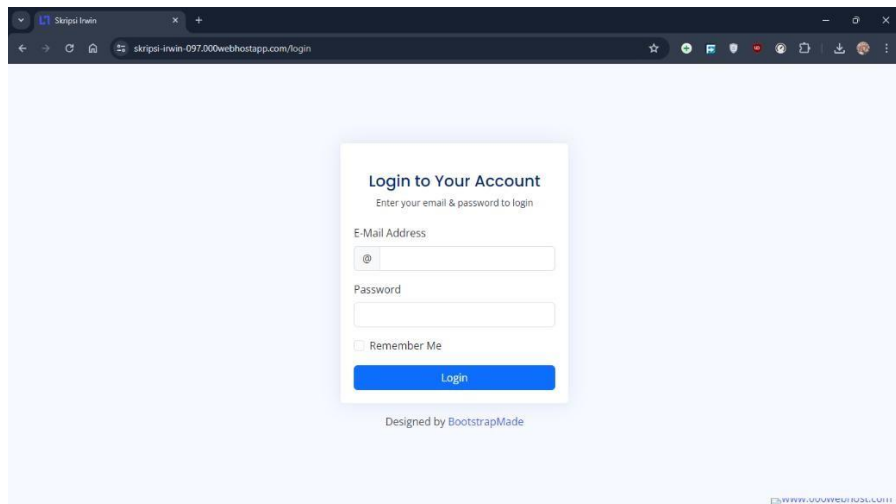
Gambar 22. Flowchart Sistem Website

4.7 Implementasi Software

Tujuan saat ini adalah untuk menerapkan suatu sistem. Software yang sudah ditentukan dalam desain software.

4.7.1 Halaman Login

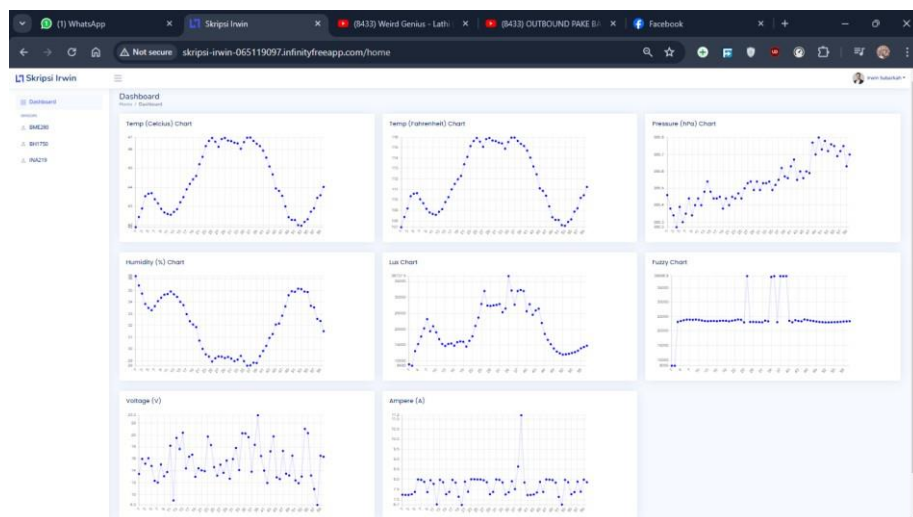
Untuk mengakses dashboard pada halaman ini, pengguna harus memiliki akun.



Gambar 23. Login Website

4.7.2 Halaman Dashboard

Data yang dihasilkan oleh alat pemantauan dapat dilihat pada halaman ini; pengguna hanya dapat melihat data yang dihasilkan oleh alat pemantauan.

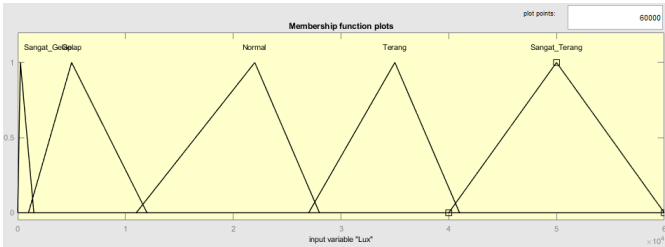


Gambar 24. Halaman Dashboard

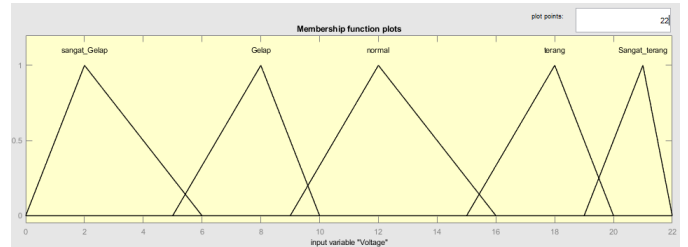
4.8 Tampilan Fungsi Keanggotaan Fuzzyfication

Tampilan awal fungsi ini digunakan untuk merancang input dan output fungsi keanggotaan menggunakan metode fuzzy sesuai dengan rancangan program yang telah dibuat. Ini adalah tempat pengguna memasukkan data

program untuk membuat fungsi keanggotaan yang diperlukan. Kemudian, memilih keanggotaan yang akan digunakan, apakah itu trapesium atau segitiga. Di sini penelitian menggunakan tiga input dan 3 output, yang terdiri dari lima variabel dan tiga variabel di sensor LDR, serta empat set input dan output fuzzy.



Gambar 25. Tampilan fungsi keanggotaan variabel input Lux



Gambar 26. Tampilan fungsi keanggotaan variabel input voltage

A. Sangat Gelap = (0 – 1500)

$$\mu_{\text{Sangat Gelap}} = \begin{cases} 1 & ; \quad x \leq 1000 \\ \frac{1500 - x}{1500 - 1000} & ; \quad 1000 \leq x \leq 1500 \\ 0 & ; \quad x \geq 1500 \end{cases}$$

B. Gelap = (1000-12000)

$$\mu_{\text{Gelap}} = \begin{cases} 0 & ; \quad x \leq 1000 \\ \frac{x - 1000}{1500 - 1000} & ; \quad 1000 \leq x \leq 1500 \\ \frac{1000 - x}{1000 - 1500} & ; \quad 1500 \leq x \leq 12000 \end{cases}$$

C. Normal = (11000-28000)

$$\mu_{\text{Normal}} = \begin{cases} 0 & ; \quad x \leq 11000 \\ \frac{x - 11000}{12000 - 11000} & ; \quad 11000 \leq x \leq 12000 \\ \frac{28000 - x}{28000 - 12000} & ; \quad 12000 \leq x \leq 28000 \end{cases}$$

D. Terang = (27000-41000)

$$\mu_{\text{Terang}} = \begin{cases} 0 & ; \quad x \leq 27000 \\ \frac{x - 27000}{28000 - 27000} & ; \quad 27000 \leq x \leq 28000 \\ \frac{41000 - x}{41000 - 28000} & ; \quad 28000 \leq x \leq 41000 \end{cases}$$

A. Sangat Gelap = (0-6)

$$\mu_{\text{Sangat Gelap}} = \begin{cases} 1 & ; \quad x \leq 5 \\ \frac{6 - x}{6 - 5} & ; \quad 5 \leq x \leq 6 \\ 0 & ; \quad x \geq 6 \end{cases}$$

B. Gelap = (5-10)

$$\mu_{\text{Gelap}} = \begin{cases} 0 & ; \quad x \leq 5 \\ \frac{x - 5}{6 - 5} & ; \quad 5 \leq x \leq 6 \\ \frac{9 - x}{9 - 6} & ; \quad 6 \leq x \leq 10 \end{cases}$$

C. Normal = (9-16)

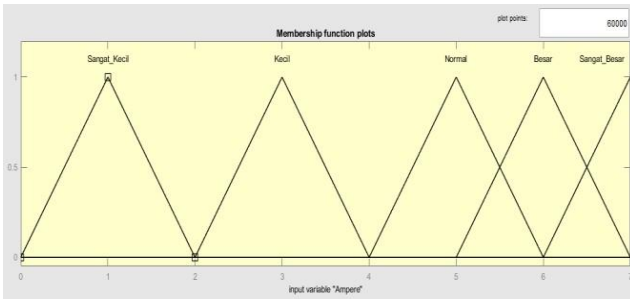
$$\mu_{\text{Normal}} = \begin{cases} 0 & ; \quad x \leq 9 \\ \frac{x - 9}{10 - 9} & ; \quad 9 \leq x \leq 10 \\ \frac{16 - x}{16 - 10} & ; \quad 10 \leq x \leq 16 \end{cases}$$

D. Terang = (15-20)

$$\mu_{\text{Normal}} = \begin{cases} 0 & ; \quad x \leq 15 \\ \frac{x - 15}{16 - 15} & ; \quad 15 \leq x \leq 16 \\ \frac{20 - x}{20 - 16} & ; \quad 16 \leq x \leq 20 \end{cases}$$

E. Sangat Terang = (40000-60000)

$$\mu_{Sangat\ Terang} = \begin{cases} 0 & ; & x \leq 40000 \\ \frac{x - 40000}{41000 - 40000} & ; & 40000 \leq x \leq 41000 \\ \frac{60000 - x}{60000 - 41000} & ; & 41000 \leq x \leq 60000 \\ 0 & ; & x \geq 60000 \end{cases}$$



Gambar 27. Tampilan fungsi keanggotaan variabel input ampere

A. Sangat Kecil = (0 – 2)

$$\mu_{Sangat\ Kecil} = \begin{cases} 1 & ; & x \leq 2 \\ \frac{2-x}{2-0} & ; & 2 \leq x \leq 2 \\ 0 & ; & x \geq 2 \end{cases}$$

B. Kecil = (2-4)

$$\mu_{Kecil} = \begin{cases} 0 & ; & x \leq 2 \\ \frac{x-2}{4-2} & ; & 2 \leq x \leq 4 \\ \frac{3-x}{3-2} & ; & 4 \leq x \leq 4 \\ 0 & ; & x \geq 4 \end{cases}$$

C. Normal = (4-6)

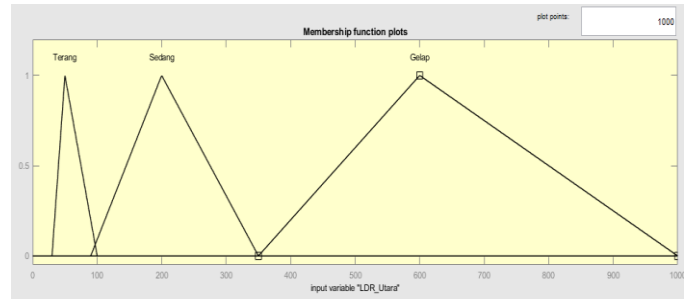
$$\mu_{Normal} = \begin{cases} 0 & ; & x \leq 4 \\ \frac{x-4}{6-4} & ; & 4 \leq x \leq 6 \\ \frac{6-x}{6-4} & ; & 6 \leq x \leq 6 \\ 0 & ; & x \geq 6 \end{cases}$$

D. Besar = (5-7)

$$\mu_{Besar} = \begin{cases} 0 & ; & x \leq 5 \\ \frac{x-5}{6-5} & ; & 5 \leq x \leq 6 \\ \frac{7-x}{7-6} & ; & 6 \leq x \leq 7 \\ 0 & ; & x \geq 7 \end{cases}$$

E. Sangat Terang (19-22)

$$\mu_{Sangat\ Terang} = \begin{cases} 0 & ; & x \leq 19 \\ \frac{x-19}{19-15} & ; & 19 \leq x \leq 22 \\ 1 & ; & 19 \leq x \leq 22 \\ 0 & ; & x \geq 22 \end{cases}$$



Gambar 28. Tampilan fungsi keanggotaan LDR

A. Gelap = (0-64)

$$\mu_{Gelap} = \begin{cases} 1 & ; & x \leq 65 \\ \frac{64-x}{64-65} & ; & 65 \leq x \leq 64 \\ 0 & ; & x \geq 64 \end{cases}$$

B. Normal = (65-90)

$$\mu_{Normal} = \begin{cases} 0 & ; & x \leq 65 \\ \frac{x-65}{64-65} & ; & 65 \leq x \leq 64 \\ \frac{65-x}{65-64} & ; & 64 \leq x \leq 90 \\ 0 & ; & x \geq 90 \end{cases}$$

C. Terang = (89-100)

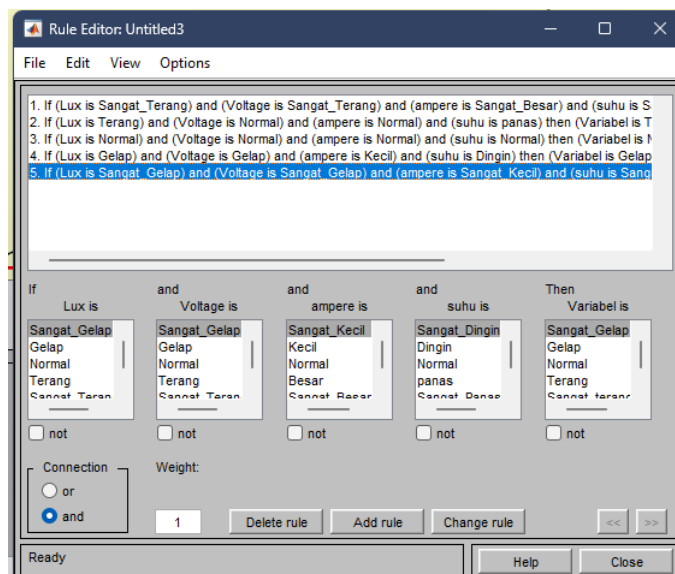
$$\mu_{Terang} = \begin{cases} 0 & ; & x \leq 89 \\ \frac{x-89}{89-65} & ; & 89 \leq x \leq 100 \\ 1 & ; & 89 \leq x \leq 100 \\ 0 & ; & x \geq 100 \end{cases}$$

E. Sangat Besar = (6-7)

$$\mu_{\text{Sangat Besar}} = \begin{cases} 0 & ; \quad x \leq 5 \\ \frac{x-5}{6-5}; 5 & \leq x \leq 6 \\ \frac{7-x}{7-5} & ; \quad 6 \leq x \leq 7 \end{cases}$$

4.8.1 Tampilan Rulebase Fuzzy

Tampilan Aturan Fuzzy memungkinkan Anda membuat class baru dari inputan dan outputan aturan fuzzy yang sudah ada. Ini akan dimasukkan ke dalam tools editor matlab.



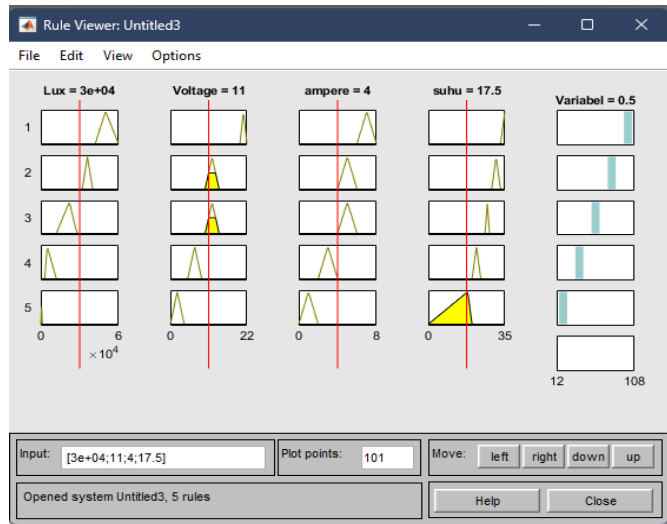
Gambar 29. Tampilan aturan fuzzy rulebase

4.8.2 Tampilan Metode Defuzzifikasi

Tampilan metode defuzzifikasi ini digunakan untuk memastikan bahwa tampilan input dan output sesuai dengan program yang telah dibuat. Kemudian mendapatkan derajat keanggotaan, biasanya kita melakukan defuzzifikasi untuk mendapatkan nilai konkret.

$$\mu(\text{Normal}) = \frac{28.000 - 13318.33}{28000 - 11000} = \frac{28.000 - 13318.33}{28000 - 11000} = \frac{14.681,67}{17.000} = 0.8$$

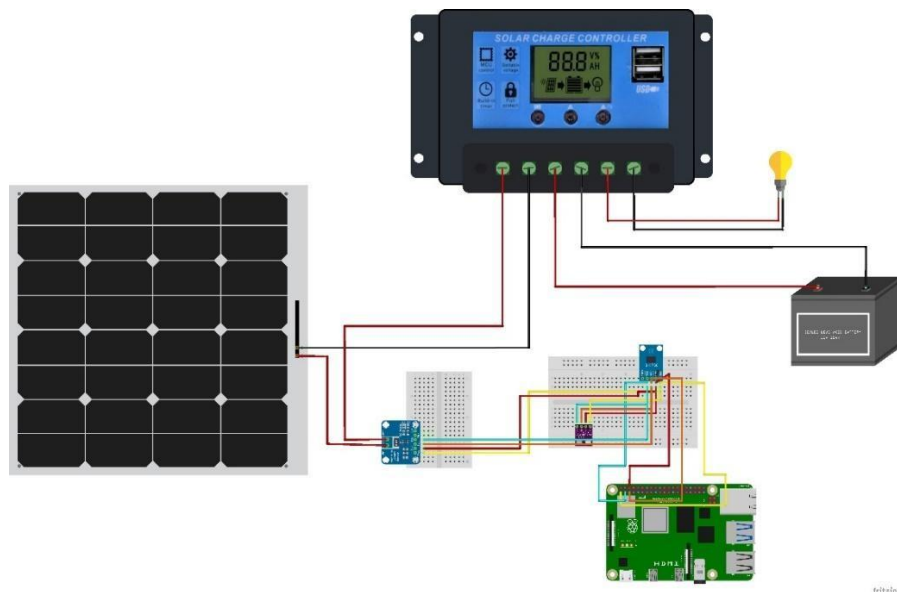
Perhitungan fuzifikasi nilai lux 13318,33 dalam 30 hari berada dalam kategori Normal. Derajat keanggotaan Nilai lux 13318,33 untuk kategori. Untuk Normal adalah 0,8.



Gambar 30. Tampilan defuzifikasi

4.9 Desain Mekanik

Dalam desain mekanik ini menggunakan bantuan aplikasi fritzing untuk memudahkan dalam merancang sistem mekanik yang efisien, aman, dan sesuai dengan kebutuhan spesifik yang diinginkan, berikut contoh pada gambar tersebut.



Gambar 31. Desain Mekanik

4.10 Implementasi Mekanik

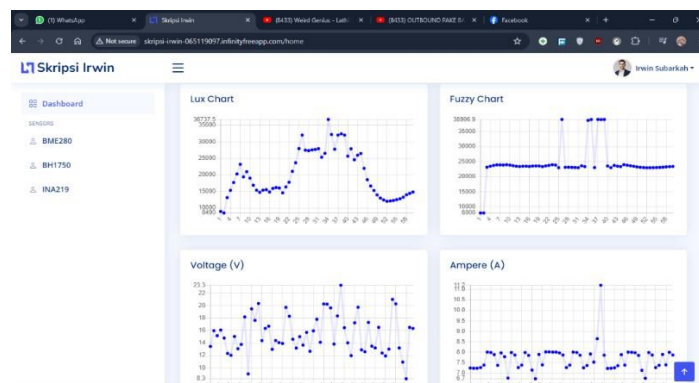
Penempatan komponen - komponen yang digunakan dalam system Panel Surya.



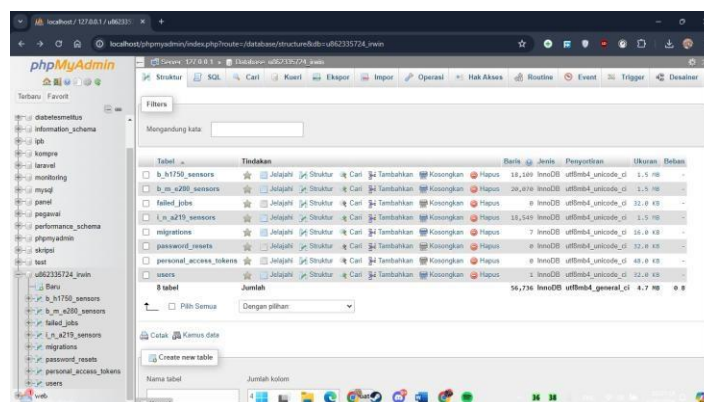
Gambar 32. Implementasi Mekanik

4.11 Integrasi

Pada Tahapan ini, di lakukan penghubung antara perangkat lunak dan perangkat keras yang telah dibuat untuk menguji sistem secara keseluruhan dilakukan.



Gambar 33. Halaman Dashboard



Gambar 34. Halaman Database

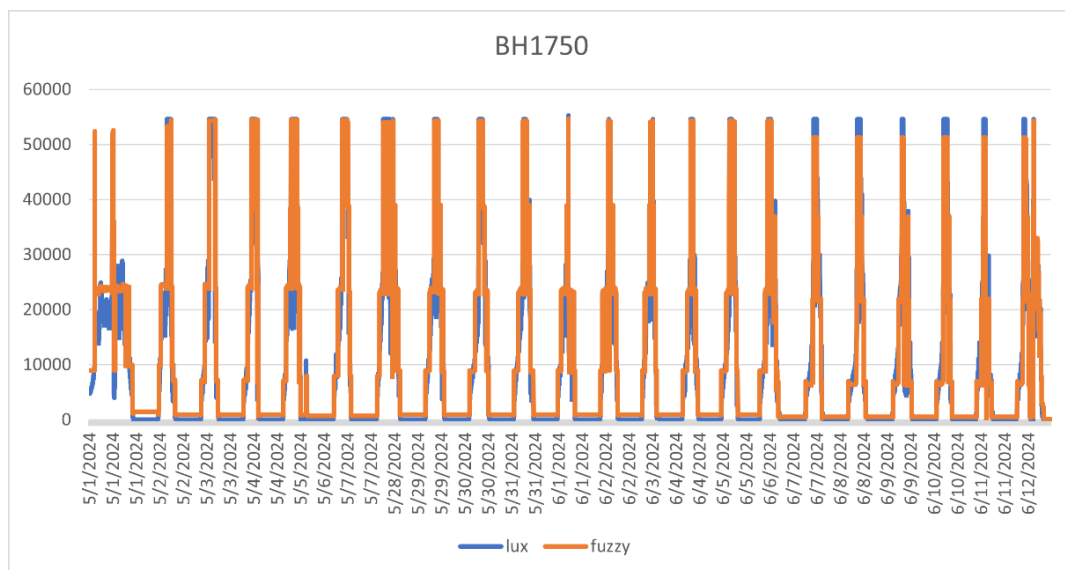
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Pembahasan

Pada bagian sistem, akan dijelaskan bagaimana alat bekerja. Pertama, tegangan 3,3V diterima oleh modul microcontroller Raspberry pi 4, dan sensor BH1750 membaca intensitas cahaya matahari. Kedua sensor bme280 bekerja buat menentukan suhu, tekanan udara, dan kelembapan udara, buat mendeteksi faktor cahaya matahari yang didapatkan. Kemudian panel surya mengumpulkan cahaya dari matahari dan mengubahnya menjadi tegangan dan arus. Selanjutnya, nilai ini dibaca oleh sensor INA219 dan ditransmisikan ke system. Setelah itu, data yang Raspberry yang udah di olah akan dikirimkan ke website.

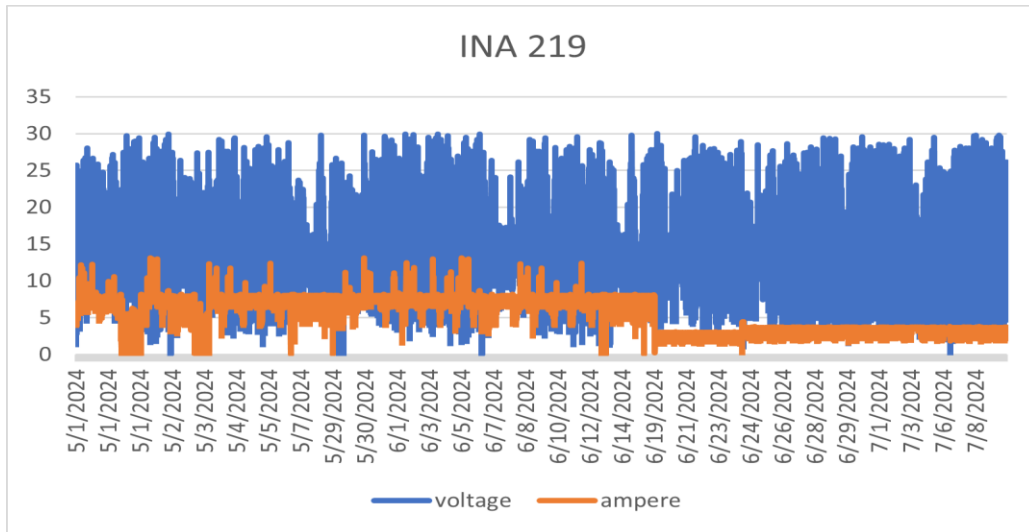
5.2 Hasil

Dalam evaluasi sistem, dilakukan tes dan uji coba fungsional, struktural, dan validasi untuk mengetahui bagaimana sistem bekerja dan apakah hasil yang diproses oleh microcontroller tetap atau berubah. Setelah pemasangan dan perancangan alat selesai, data akan dimasukkan ke dalam grafik untuk menunjukkan hasil pengujian.



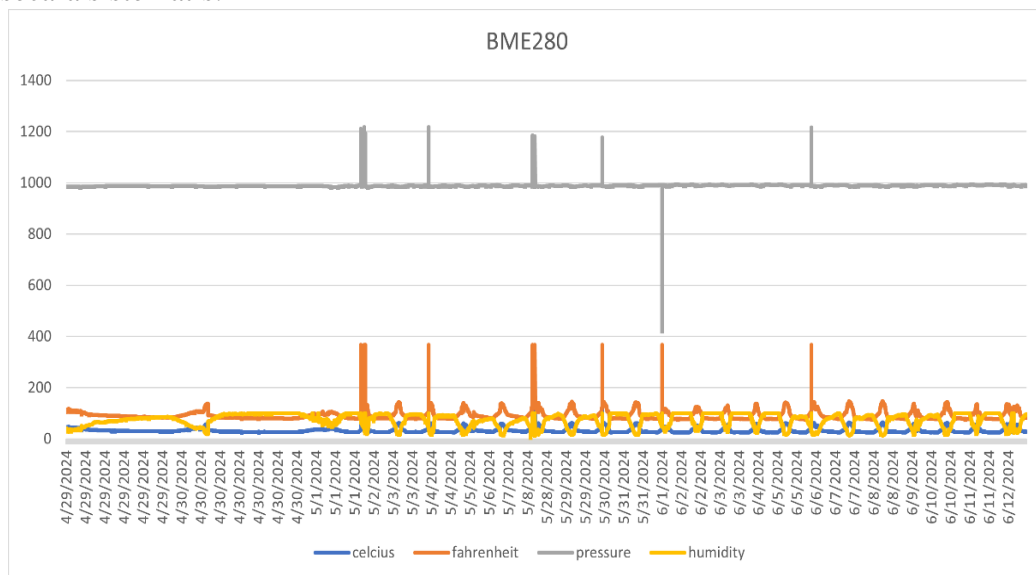
Gambar 35. Pengujian hasil pembacaan sensor BH1750

Pada grafik yang gambar 35. Dapat dilihat bahwa hasil pembacaan sensor BH1750 dan logika fuzzy memiliki nilai error yang kecil, karena panel surya yang mengikuti berwarna biru itu nilai lux dan logika fuzzy berwarna orange. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa BH1750 sangat baik, tetapi di saat udah malam nilai fuzznya menetap di angka 500 karena kalibrasinya beda di angka 500 pas sudah malam, sedangkan nilai luxnya di bawah angka 1, yang artinya 0 sudah tidak menangkap sinar matahari



Gambar 36. Pengujian pembacaan sensor INA219

Pada grafik gambar 36, Hasil pengukuran menggunakan sensor INA219, terdapat beberapa titik data dengan nilai nol pada tegangan dan arus. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor, seperti gangguan pengukuran (koneksi kabel tidak optimal, kesalahan konfigurasi sensor, atau noise), beban yang tidak terhubung atau tidak aktif, pemutusan suplai daya akibat sistem proteksi atau gangguan sumber tegangan, serta kesalahan dalam pencatatan atau pemrosesan data. Untuk memastikan keakuratan data, diperlukan verifikasi lebih lanjut terhadap data mentah, pengecekan ulang koneksi, evaluasi konfigurasi sensor, dan validasi data secara sistematis.



Gambar 37. Pengujian pembacaan sensor BME280

Selanjutnya pada gambar 37, sensor bme280 dari grafik pembacaan lebih baik dan memiliki nilai error yang kecil, ketika suhu melebihi 50 derajat, karena sensor tersebut selalu terkena sinar matahari dan menjaga agar tetap kering.

Tabel 4. Pengujian pembacaan sensor *LDR*

Waktu	Sensor				Keterangan
	LDR Utara	LDR Timur	LDR Barat	LDR Selatan	
7.00	84.00	94.00	90.00	92.00	Bergerak ke Timur
8.00	69.00	73.00	70.00	71.00	Bergerak ke Timur
9.00	73.00	77.00	75.00	74.00	Bergerak ke Timur
10.00	68.00	70.00	72.00	67.00	Bergerak Ke Barat
11.00	81.00	78.00	84.00	78.00	Bergerak Ke Barat
12.00	91.00	92.00	92.00	91.00	Tidak Bergerak
13.00	91.00	92.00	92.00	91.00	Tidak Bergerak
14.00	90.00	89.00	92.00	90.00	Bergerak Ke Barat
15.00	94.00	90.00	95.00	91.00	Bergerak Ke Barat
16.00	76.00	74.00	80.00	74.00	Bergerak Ke Barat
17.00	75.00	73.00	79.00	74.00	Bergerak Ke Barat

Pada pukul 07.00 hingga 09.00, panel surya bergerak ke arah timur mengikuti intensitas cahaya tertinggi yang terdeteksi oleh sensor LDR Timur. Mulai pukul 10.00 hingga 11.00, panel bergerak ke barat karena sensor LDR Barat menunjukkan intensitas cahaya yang lebih tinggi. Pada pukul 12.00 dan 13.00, panel surya tidak bergerak karena intensitas cahaya di semua arah hampir sama, menunjukkan posisi matahari berada di puncaknya. Setelah itu, dari pukul 14.00 hingga 17.00, panel kembali bergerak ke barat karena sensor LDR Barat terus mencatat nilai tertinggi, mengikuti pergerakan matahari ke arah barat.

$$\text{Selisih} = \frac{|\text{Nilai Fuzzy} - |\text{Nilai Sensor}|}{\text{Nilai Fuzzy}} \times 100 \quad \text{Lux} = \frac{\text{data}[1] + (256 \times \text{data}[0])}{1.2} = \text{Fuzzy}$$

Tabel 5. Tabel Perbandingan nilai Sensor monitoring

No	Lux	Arus (mA)	Tegangan (V)	Watt	Nilai Fuzzy	Selisih Fuzzy dan Lux (%)	Temp (Celcius)	Temp (Fahrenheit)	Pressure (hPa)	Humidity
1	13.200,83	2,6	13,2	34,32	14.097,82	6,3%	35	96.74	985.59	48.34
2	13.318,33	2,6	13,3	34,58	14.107,42	5,5%	35	97.19	985.77	47.38
3	13.897,5	2,7	13,8	37,26	14.139,19	1,7%	36	98.12	985.58	46.23
4	14.900,83	2,8	14,8	41,44	14.166,50	5,6%	36	96.98	985.69	47.64
5	15.740,83	2,3	14,3	32,89	14.591,55	7,8%	38	97.65	985.47	43.39
6	4.664,35	2	9	18	4.488,16	3,9%	29	84.57	991.43	72.57
7	4.555	2,5	8,3	20,75	4.307,57	5,6%	29	84.28	991.45	72.61
8	4.975	2,1	10,7	22,47	4.987,03	2%	29	85.14	991.49	73.57
9	54000	2,2	20,6	44,57	54612.5	1,1%	46	133.72	981.12	18.04
10	34117.5	2,4	17,3	41,52	38711.2	11,8%	44	130.72	983.81	20.41
Nilai Rata-Rata	18.637,52	2,42	13,79	32,38	18.820,7	5,13%	35,6°C	100,81°F	986,64	49,82

Data yang dikumpulkan menunjukkan hasil pengukuran dari sepuluh titik waktu yang berbeda, meliputi intensitas cahaya (lux), arus, tegangan, daya, nilai fuzzy, dan selisih persentase antara nilai fuzzy dan lux. Rata-rata intensitas cahaya yang terukur adalah 18.637,52 lux dengan arus rata-rata 2,42 mA dan tegangan rata-rata 13,79 V, menghasilkan daya rata-rata 32,38 W. Nilai fuzzy rata-rata yang dihitung adalah 18.820,7 dengan selisih rata-rata 5,13% dari nilai lux sebenarnya, menunjukkan ketepatan perhitungan fuzzy dalam mendekati intensitas cahaya yang terukur. Suhu lingkungan rata-rata tercatat sebesar 35,6°C (100,81°F), dengan tekanan atmosfer rata-rata 986,64 hPa dan kelembapan rata-rata 49,82%. Hasil ini memberikan gambaran tentang kinerja sistem dalam berbagai kondisi lingkungan.

5.3 Pengujian Hardware

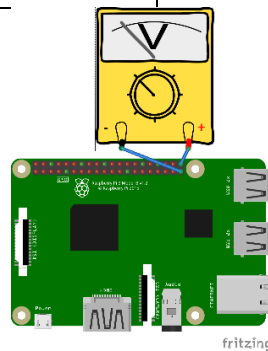
Pada tahap ini, seluruh komponen yang digunakan dalam sistem diuji fungsinya dengan menggunakan multimeter, dengan Raspberry Pi diuji mikrokontroller dan sensor yang digunakan melalui output serial monitor Raspberry.

A. Pengujian pada Raspberry pi 4

Untuk pengujian Raspberry Pi, telah diberikan tegangan 5V. Kemudian, periksa tegangan output pada pin 3,3V. Pin 3,3V terhubung ke pin probe dan pin GND terhubung ke negatif multimeter.

Tabel 6. Pengujian *Raspberry pi*

Tegangan Input	Tegangan output
5 V	3,3, V



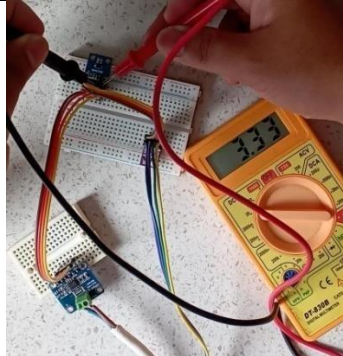
Gambar 38. Pengujian Raspberry pi

B. Pengujian BH1750

Untuk menguji sensor BH1750, diberikan tegangan 3,3V pada pin VCC. Pin VCC terhubung ke probe positif, dan pin GND terhubung ke terminal negatif multimeter.

Tabel 7. Pengujian BH1750

Tegangan Input	Tegangan output
3,3 V	3,3, V



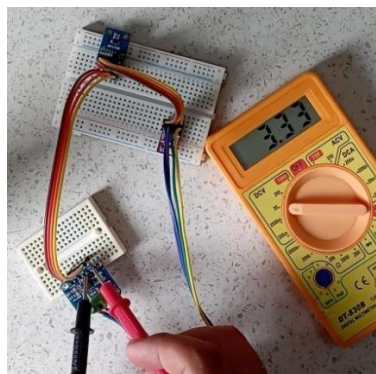
Gambar 39. Pengujian BH1750

C. Pengujian INA219

Untuk menguji sensor INA219, beri tegangan 3,3V pada pin VCC. Pin VCC terhubung ke probe positif, dan pin GND terhubung ke terminal negatif multimeter.

Tabel 8. Pengujian INA219

Tegangan Input	Tegangan output
3,3 V	3,3, V



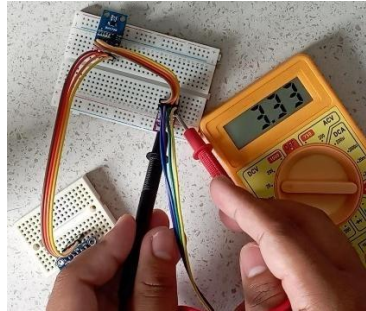
Gambar 40. Pengujian INA219

D. Pengujian BME280

Untuk menguji sensor INA219, beri tegangan 3,3V pada pin VCC. Pin VCC terhubung ke probe positif, dan pin GND terhubung ke terminal negatif multimeter.

Tabel 9. Pengujian BME280

Tegangan Input	Tegangan output
3,3 V	3,3, V



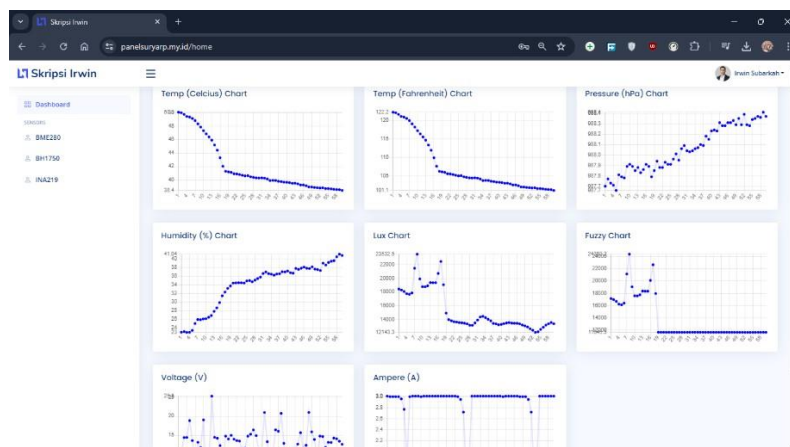
Gambar 41. Pengujian BME280

5.4 Pengujian Software

Uji software dilakukan untuk memastikan apakah software berjalan sesuai dengan perencanaan. Berikut tabel pada Lampiran 7.

5.4.1 Pengujian koneksi Raspberry pi 4 dengan database.

Pengujian koneksi Raspberry pi 4 ke database: Pengujian ini dilakukan untuk menguji kemampuan Raspberry pi 4 untuk mengirim dan menampilkan data pada halaman database. Untuk melakukan ini, Raspberry akan diberikan sebuah program yang memungkinkan input data secara real-time, dan kemudian data akan dikirimkan dari Raspberry pi ke database. Pengujian ini akan menguji apakah data yang diterima dan ditampilkan oleh website sesuai dengan yang diberikan. Karena website dapat menerima data sebanyak satu kali dalam waktu satu menit, pengujian ini juga akan menguji berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk mengirim data dari website. Data tersebut kemudian akan ditampilkan dalam bentuk grafik pada halaman web. Hasil grafik tersebut dapat dilihat pada gambar 41.



Gambar 42. Pengujian koneksi Raspberry pi 4 dengan database

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Penelitian “Optimalisasi Deteksi Penentuan Sumber Cahaya Matahari Menggunakan Fuzzy Logic Berbasis Raspberry Pi 4 Pada Solar Tracking System” Ini dilakukan untuk memungkinkan pengguna mendapatkan data dari sensor yang sudah dipasang. Selain itu, penelitian ini dapat memvisualisasikan data yang telah dilakukan selama penelitian, seperti mampu menghasilkan data apa yang sudah dilakukan berdasarkan tahapan yang sudah di buat sebelumnya dan mendapatkan hasil yang sudah direncanakan

Pengumpulan dan analisis data, perancangan dan implementasi dari hasil analisis, dan proses pengujian adalah beberapa tahap proses dalam penelitian ini. Proses pengujian meliputi pengujian microcontroller, sensor, dan website dari tahapan dan implementasi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa alat ini dapat membantu pengguna memantau kualitas input panel surya dan memberikan laporan tentang seberapa baik sensor menerima intensitas cahaya, tegangan, arus, suhu, tekanan angin, dan kelembapan angin. untuk mengantisipasi apakah mendung atau tidak

Selanjutnya penelitian ini dilakukan selama 3 bulan didapatkan Tingkat optimalisasi nilai lux pada variabel yang sangat terang adalah 53999,99, dengan selisih fuzzy dan lux sebesar 1,1%. Nilai tingkat selisihnya lebih rendah dan lebih sedikit dari pada penelitian sebelumnya, sehingga nilai optimalisasi lebih baik.

6.2 Saran

Agar sistem ini dapat diterapkan pada panel surya yang ukurannya lebih besar dari 50WP, penelitian ini harus dikembangkan terutama di bagian daya yang di dapatkan dan bisa mendapatkan hasil yang lebih kecil lagi di bagian selisih fuzzy dan luxnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Aziz, L., Wahiddin, D., Arum, S., & Lestari, P.** (2021). Penerapan Dual Axis Solar Tracking dengan Fuzzy Logic Controller untuk Optimalisasi Output pada Solar Cell. *II(1)*, 203–213.
- Barlianto, A. K., Setiabudi, D. H., & Lim, R.** (2021). Sistem Monitoring Solar Charge Controller Menggunakan Raspberry Pi 3 Secara Mobile. *Jurnal Infra*, Vol 9, No, 1–7.
- Gifson, A., Rt Siregar, M., & Pambudi, M. P.** (n.d.). RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) ON GRID DI ECOPARK ANCOL (Vol. 22, Issue 1).
- Harahap, P.** (2020). Pengaruh temperatur permukaan panel surya terhadap daya yang dihasilkan dari berbagai jenis sel surya. *RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi): Jurnal Teknik Elektro*, 2(2), 73-80.
- Hari Purwoto, B.,** Penggunaan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Alternatif, E., Alimul, M. F., & Fahmi Huda, I. (2022.). EFISIENSI PENGGUNAAN PANEL SURYA SEBAGAI SUMBER ENERGI ALTERNATIF.
- Hidayah, S. N.** (2021). Pengembangan Alat Praktikum Pada Materi Hukum Gay Lussac Berbasis WEMOS Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa SMA. Repository.Uinjkt.Ac.Id.
- Kusumawati, D., & Angga Wiryanto STMIK Bina Mulia Palu, B.** (2018). PERANCANGAN BEL SEKOLAH OTOMATIS MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER AVR ATMEGA 328 DAN REAL TIME CLOCK DS3231. 4.
- Mursidan, A., Farizi, A., Widyardono, M., Chandra, A., & Ariwibowo, W.** (2023). Monitoring Energi Listrik Generator Tenaga Surya Portabel Berbasis IoT Untuk Kebutuhan Listrik di Daerah Bencana.
- PRIMADANA, P.** (2022). PENGARUH SUHU DAN KELEMBABAN TERHADAP DAYA OUTPUT PANEL SURYA BERBASIS IOT (APLIKASI BLYNK) PADA PLTS TIGAJUHAR SK REKOGNISI PENYETARAAN TUGAS AKHIR MAHASISWA UMSU NOMOR: 3806/KEP/II. 3. AU/UMSU/F/2022 (Doctoral dissertation).
- Putra, A. D., Pulungan, A. B., & Yelfianhar, I.** (2020). Optimalisasi Penyerapan Energi Matahari Menggunakan Sistem Solar Tracking Dua Sumbu. *JTEV (Jurnal Teknik Elektro Dan Vokasional)*, 6(2), 187. <https://doi.org/10.24036/jtev.v6i2.108552>
- Putri, M. R., Setyawan, F. X. A., & Sumadi, S.** (2022). SISTEM KONTROL BEBAN DAN MONITORING DAYA BATERAI PADA PANEL SURYA 50WP UNTUK APLIKASI PENERANGAN BERBASIS INTERNET OF

THINGS. Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan, 10(3).
<https://doi.org/10.23960/jitet.v10i3.2640>

Sambaliung No, J., Samarinda Ulu, K., Samarinda, K., & Timur, K. (2021). Analisis Efisiensi Panel Surya Sebagai Energi Alternatif Rahmat Hasrul. Jurnal Sain, Energi, Teknologi & Industri), 5(2), 79–87.

Saputra, A. I., Hidayat, I., & Priharti, W. (2022). Perancangan Single Axis Solar Tracker Menggunakan Fuzzy Logic Berbasis Arduino Guna Mengoptimalkan Output Daya Pada Panel Surya. *eProceedings of Engineering*, 9(5).

Suryana, T. (2021.). Measuring Light Intensity Using the BH1750 Sensor.

Tricahyono, R. W., & Kholis, N. (2019). Monitoring Dual Axis Solar Tracking System Berbasis IoT SISTEM MONITORING INTENSITAS CAHAYA DAN DAYA PADA DUAL AXIS SOLAR TRACKING SYSTEM BERBASIS IOT. Jurusan Teknik Elektro, 7(4), 233–238.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Karakteristik Photovoltaik

Cell Type	Monocrystalline Silicon Solar Cells
Rated Maximum Power (WP)	50 wp
Output Tolerance	0%+10%
Voltage at Pmax (Vmp)	18.6V
Current at Pmax (Vmp)	2.69V
Open-Circuit Voltage (Voc)	22.8V
Short-Sircuit Current (Isc)	2.90A
Normal Operating Cell	45±2°C
Maximum System Voltage	DC 1000V/1500V
Maximum Series Fuse Rating	20A

Lampiran 2. Karakteristik Baterai

VLRA DEEP CYCLE BATTERY	
VD12-33 (12V 33 AH)	
CONSTANT VOLTAGE CHARGE	
Cycle Use	14.4 - 15.0V
Standby Use	13.5 - 13.8V
Initial Current	9.9A

Lampiran 3. Karakteristik Inverter

Model	VE1512PR
capacity	1500VA/1200W
DC input	12VDC
AC input	220VAC, 50/60Hz
solar charger mode	PWM-12
rated current	30A
operating voltage range	15-30VDC
max. solar voltage (VOC)	10VDC

Lampiran 4. Karakteristik BH1750

Power Supply	2.4V-3.6V (typically 3.0V)
Less current consumption	0.12mA
Measuring Range	1-65535 lx
Communication	I2C bus
Accuracy	±20%
Built in A/D converter for converting analog illuminance in the digital data.	
Very small effect of IR radiation	
Highly responsive near to human eye	

Lampiran 5. Karakteristik INA219

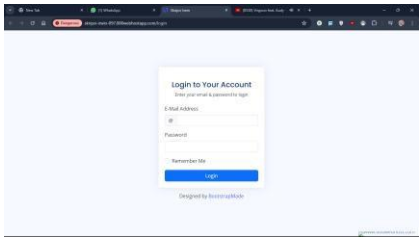
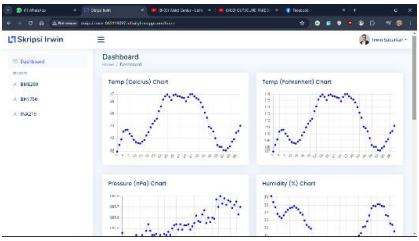
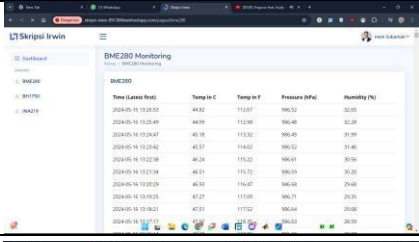
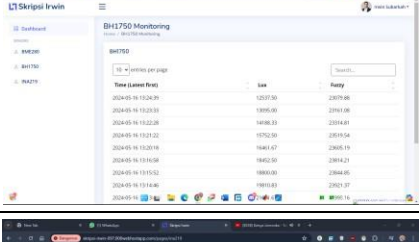
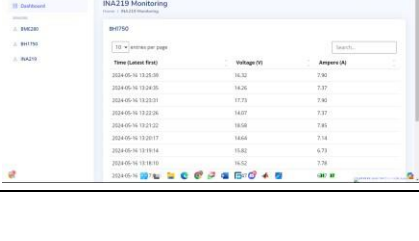
Power Supply	3V - 5.5V
High Accuracy	0.5% (Maximum) Over Temperature
Vshunt	0mV-320mV
Bus Voltage	0V-32V
Communication	I2C bus or SMBUS-compatible interface
<p>Reports Current, Voltage, and Power. The device monitors both shunt voltage drop and bus supply voltage, with programmable conversion times and filtering.</p>	
<p>Calibration Registers. A programmable calibration value, combined with an internal multiplier, enables direct readouts of current in amperes. An additional multiplying register calculates power in watts.</p>	

Lampiran 6. Karakteristik BME280

Tegangan Suplai:	1,8 - 5V DC
Antarmuka:	I2C (hingga 3.4MHz), SPI (hingga 10 MHz)
Jangkauan Operasional	
Suhu:	-40 hingga + 85 ° C
Kelembaban:	0-100%
Tekanan:	300-1100 hPa
Resolusi	
Suhu:	0,01 ° C
Kelembaban:	0,008%
Tekanan:	0,18 Pa
Akurasi	
Suhu:	+ -1 ° C
Kelembaban:	+ -3%
Tekanan:	0.18 Pa
Alamat I2C	
SDO LOW:	0x76
SDO HIGH:	0x77

Lampiran 7. Tabel Pengujian Software

Tabel 10. Uji Software

No	Halaman	Gambar	Pengujian	Keterangan
1	Login		Melakukan login dengan username dan password yang digunakan, serta hak akses yang digunakan	Berfungsi
2	Dashboard		Menampilkan halaman yang dapat dilihat, yang merupakan representasi grafik dari sensor yang digunakan	Berfungsi
3	Halaman sensor BME280		Menampilkan data yang dibaca sensor BME280	Berfungsi
4	Halaman Sensor BH1750		Menampilkan data yang dibaca sensor BH1750	Berfungsi
5	Halaman Sensor INA219		Menampilkan data yang dibaca sensor INA219	Berfungsi

Lampiran 8. Perbandingan statis dan dinamis

Tegangan (Volt) dinamis	Tegangan (Volt) statis	Arus (Ampere) Dinamis	Arus (Ampere) Statis
13,2	14.75	2,6	3.25
13,3	14.50	2,6	2.98
13,8	14.87	2,7	2.91
14,8	20.31	2,8	2.99
14,3	19.80	2,3	2.73
9	11.74	2	3.16
8,3	11.16	2,5	3.22
10,7	12.13	2,1	3.16
20,6	20.70	2,2	2.87
17,3	19.90	2,4	2.82