BAB I

DOC. EU-100 Identifikasi Masalah

1.1 Latar Belakang Masalah

Pemanfaatan energi terbarukan menjadi perhatian global seiring dengan meningkatnya kesadaran akan pentingnya menjaga lingkungan dan mengurangi ketergantungan pada sumber energi fosil. Energi surya, sebagai salah satu sumber energi terbarukan, memiliki potensi besar untuk dikembangkan karena ketersediaannya yang melimpah dan dampaknya yang minim terhadap lingkungan. Penggunaan energi surya di lingkungan kampus merupakan salah satu langkah strategis untuk mendukung keberlanjutan energi dan mengurangi jejak karbon (Kumar et al., 2021). Universitas Muhammadiyah Parepare, dengan luas kampus yang signifikan dan letak geografis yang strategis, memiliki potensi besar untuk memanfaatkan energi surya. Namun, untuk mengoptimalkan penggunaan energi surya, diperlukan pemetaan potensi energi surya yang akurat. Sistem instrumentasi multi sensor menjadi solusi yang dapat digunakan untuk mengukur berbagai parameter lingkungan yang mempengaruhi potensi energi surya, seperti intensitas cahaya, suhu, kelembaban, dan kecepatan angin

Teknologi multi sensor telah banyak digunakan dalam berbagai penelitian untuk meningkatkan akurasi pemetaan potensi energi surya. Penelitian menunjukkan bahwa pemetaan yang dilakukan dengan menggunakan teknologi *multi* sensor dapat memberikan data yang lebih akurat dan *komprehensif*

dibandingkan dengan metode konvensional. Data yang dihasilkan dari sistem multi sensor dapat digunakan untuk merencanakan penempatan panel surya yang optimal, sehingga energi yang dihasilkan dapat dimaksimalkan (Peronato et al., 2018).

Meskipun teknologi sensor suhu menawarkan banyak manfaat, implementasinya tidaklah mudah. Diperlukan investasi yang cukup besar untuk pengadaan dan instalasi sensor, serta pemeliharaan yang rutin untuk memastikan sensor bekerja dengan baik. Selain itu, diperlukan juga dukungan dari berbagai pihak, termasuk manajemen kampus dan civitas akademika, untuk memastikan keberhasilan proyek ini. Dengan demikian, pengembangan sistem instrumentasi multi sensor untuk pemetaan potensi energi surya di kampus Universitas Muhammadiyah Parepare merupakan langkah penting dalam mendukung keberlanjutan energi di lingkungan akademik (Choi et al., 2019).

Apabila sistem ini dapat diimplementasikan dengan baik, diharapkan dapat memberikan manfaat yang signifikan bagi kampus, baik dalam hal penghematan biaya energi, peningkatan kesadaran lingkungan, maupun kontribusi terhadap penelitian dan pendidikan terkait energi terbarukan. Dengan demikian, kampus Universitas Muhammadiyah Parepare dapat menjadi contoh bagi institusi lain dalam upaya memanfaatkan energi terbarukan secara optimal (Gevorkian, 2017).

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana mengetahui paremeter-parameter penting dalam pemetaan potensi energi surya di Kampus Universitas Muhammadiyah Parepare?
2. Bagaimana melakukan sistem instrumentasi terhadap parameter-parameter penting dalam pemetaan potensi energi surya di Kampus Universitas Muhammadiyah Parepare?

1.3 Karakteristik Solusi

Untuk mengetahui potensi energi surya di Kampus Universitas Muhammadiyah Parepare, diperlukan identifikasi parameter kunci seperti DHT22. Potensi energi surya di wilayah Kampus Universitas Muhammadiyah Parepare dapat dimanfaatkan secara optimal apabila terlebih dahulu dilakukan identifikasi dan pemetaan kondisi lingkungan secara akurat. Untuk mendukung hal tersebut, diperlukan sistem instrumentasi yang mampu mengukur parameter-parameter penting yang mempengaruhi intensitas dan efisiensi energi surya, seperti suhu, kelembapan udara, intensitas cahaya matahari, dan waktu pencahayaan. Sistem ini harus mampu memberikan data secara *real-time* dan kontinyu, agar hasil pemetaan benar-benar mencerminkan kondisi aktual di berbagai titik kampus.

Intinya, solusi yang ditawarkan meliputi:

1. Analisis data: Mengumpulkan data sensor dari pengukuran lapangan.
2. Instrumentasi: Memasang sensor untuk mengukur parameter-parameter penting.

3. Pengolahan data: Mengolah data yang diperoleh untuk menghasilkan peta potensi energi.

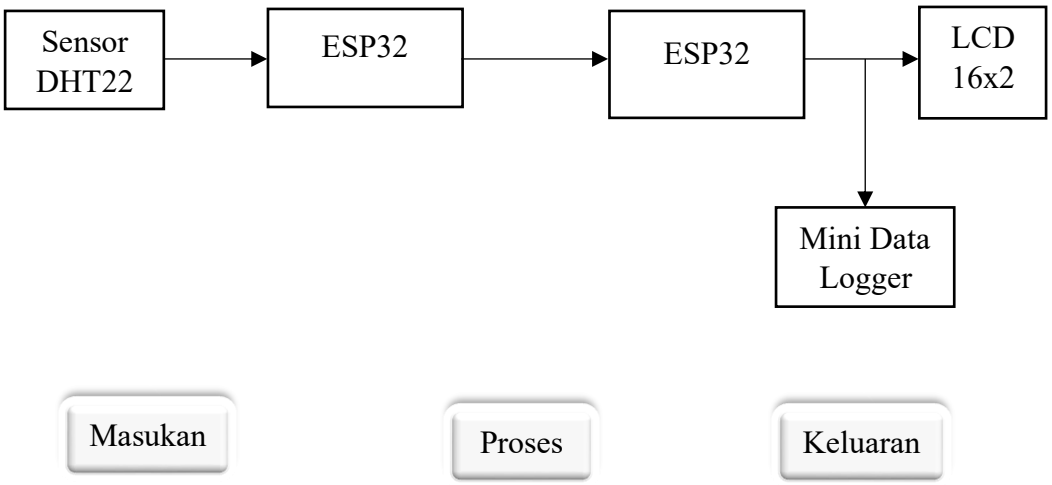
Dengan pendekatan ini, diharapkan dapat diperoleh informasi yang akurat dan komprehensif mengenai potensi energi surya di Kampus Universitas Muhammadiyah Parepare, sehingga dapat mendukung pengambilan keputusan terkait pemanfaatan energi terbarukan.

sistem ini, sensor DHT22 digunakan sebagai salah satu komponen utama untuk mengukur suhu dan kelembapan udara. DHT22 dipilih karena memiliki tingkat akurasi yang tinggi dan mampu bekerja dalam rentang suhu serta kelembapan yang luas, menjadikannya cocok untuk kondisi iklim tropis seperti di Parepare. Data dari sensor ini sangat penting karena suhu dan kelembapan memiliki pengaruh langsung terhadap efisiensi panel surya. Suhu yang terlalu tinggi dapat menurunkan performa panel, sementara kelembapan tinggi bisa mempengaruhi sistem secara mekanis dan elektrik.

Penerapan sistem instrumentasi multi sensor ini tidak hanya bermanfaat untuk pemetaan energi surya, tetapi juga sebagai sarana edukatif dan penelitian berkelanjutan di lingkungan kampus. Mahasiswa dan dosen dapat menggunakan data yang dikumpulkan sebagai dasar pengembangan sistem energi terbarukan, perencanaan instalasi panel surya, dan bahkan optimalisasi penggunaan energi. Dengan solusi ini, Universitas Muhammadiyah Parepare dapat berkontribusi dalam penggunaan energi bersih sekaligus meningkatkan efisiensi energi di lingkungan kampus secara signifikan.

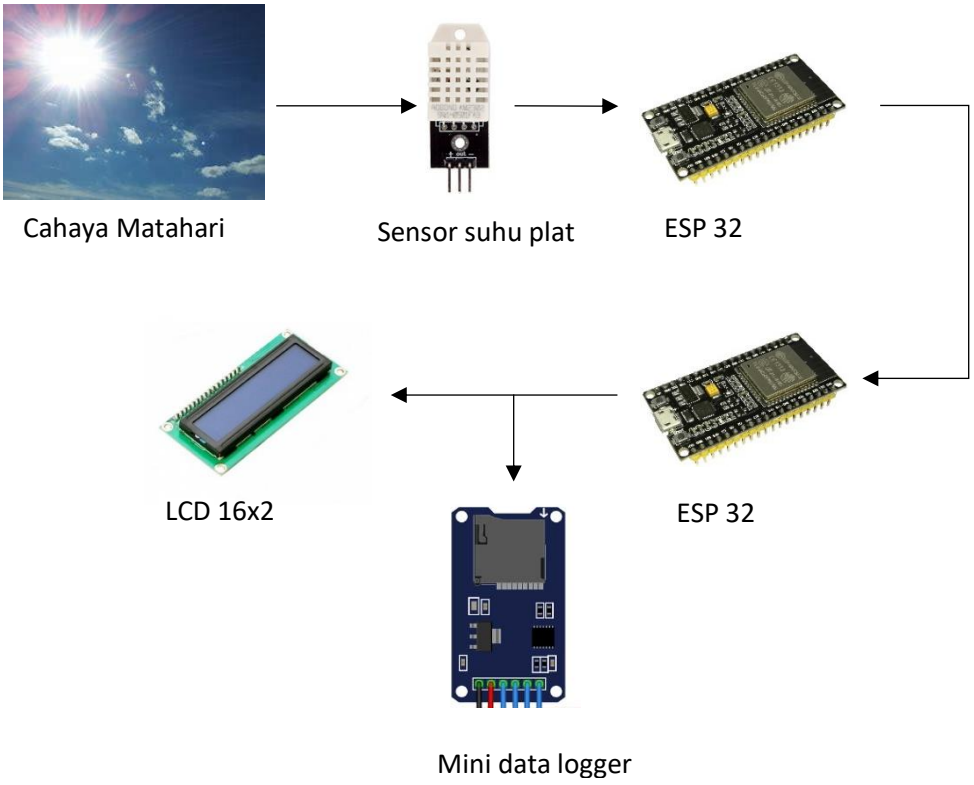
1.4 Skenario Produk

Skenario pembuatan produk dimulai dengan tahap persiapan dan perencanaan. Identifikasi lokasi strategis di kampus Universitas Muhammadiyah Parepare dilakukan untuk pemasangan sensor. Tahap selanjutnya adalah instalasi sensor, di mana sensor DHT22 dipasang pada titik-titik yang telah ditentukan dan sensor dipasang di dekat atau pada permukaan plat untuk mengukur suhu plat alumunium



Gambar 1. 1 Diagram Blok Rancangan Sistem Instrumentasi Sensor Suhu Untuk Pemetaan Potensi Energi Surya Di Kampus Universitas Muhammadiyah Parepare.

Produk ini dirancang untuk memantau suhu plat dengan menggunakan



Gambar 1. 2 *Flow* sistem prinsip kerja Sistem Instrumentasi Sensor suhu Untuk Pemetaan Potensi Energi Surya Di Kampus Universitas Muhammadiyah Parepare.



Gambar 1. 3 Peta Lokasi penempatan sensor.

1.5 Keuntungan produk

Keuntungan dari pemantauan suhu untuk menentukan potensi energi surya di lingkungan universitas muhammadiyah Parepare terdiri dari dua aspek yaitu:

A. Manfaat Langsung

Pemantauan suhu secara *real-time* memungkinkan identifikasi kondisi lingkungan yang paling mendukung untuk pemasangan panel surya. Suhu lingkungan yang tinggi dapat mengurangi efisiensi panel surya, sehingga informasi suhu sangat penting untuk mengoptimalkan perencanaan posisi dan orientasi panel. Dengan mengetahui fluktuasi suhu harian dan musiman, sistem energi surya dapat dirancang untuk memaksimalkan produksi daya sepanjang tahun.

Selain itu, data suhu yang dikumpulkan secara periodik memungkinkan pengelola fasilitas kampus untuk menganalisis tren iklim lokal yang dapat memengaruhi performa sistem energi surya. Hal ini mendukung proses evaluasi berkala terhadap sistem pembangkit energi surya yang telah dipasang, sehingga memungkinkan penyesuaian operasional atau penambahan komponen pendukung seperti sistem pendingin atau pelindung *termal* bila diperlukan.

Pemanfaatan suhu sebagai indikator pendukung juga mempermudah integrasi sistem monitoring lainnya seperti kelembapan dan intensitas cahaya. Data suhu dapat dikombinasikan dengan parameter lain dalam sistem pemetaan energi surya sehingga menghasilkan perhitungan yang lebih akurat terhadap potensi energi yang dapat dihasilkan di titik-titik tertentu di kampus dengan

sistem seperti ini, kampus dapat menghemat biaya pengadaan energi dan meningkatkan efisiensi penggunaan panel surya.

B. Manfaat Tidak Langsung

Salah satu manfaat tidak langsung dari pemantauan suhu adalah peningkatan wawasan dan kesadaran sivitas akademika terhadap pentingnya pengelolaan energi berbasis data dan teknologi. Mahasiswa dapat dilibatkan dalam kegiatan monitoring dan analisis data sebagai bagian dari kurikulum praktikum atau proyek penelitian, sehingga mendukung proses pembelajaran yang aplikatif dan relevan dengan perkembangan teknologi energi terbarukan.

Selain sebagai alat bantu pendidikan, sistem pemantauan suhu ini juga memperkuat citra Universitas Muhammadiyah Parepare sebagai kampus yang peduli terhadap isu lingkungan dan pembangunan berkelanjutan. Implementasi teknologi ini dapat dijadikan *showcase* atau proyek percontohan dalam seminar, workshop, maupun kunjungan institusi lain, yang pada akhirnya meningkatkan reputasi kampus di tingkat regional maupun nasional.

Dalam jangka panjang, keberadaan sistem monitoring suhu dan energi surya dapat membuka peluang kerja sama dengan pihak eksternal seperti lembaga penelitian, industri energi, atau pemerintah daerah. Universitas bisa berperan sebagai mitra penelitian dan pusat data iklim mikro lokal, yang dapat digunakan untuk perencanaan pembangunan kota ramah lingkungan atau

proyek energi hijau lainnya. Dengan begitu, manfaat teknologi ini meluas dari level kampus ke tingkat masyarakat luas.

Dengan mengadopsi alat pemantauan ini, Universitas Muhammadiyah Parepare dapat mendukung program keberlanjutan kampus. Ini akan membantu meningkatkan reputasi kampus sebagai institusi yang peduli terhadap lingkungan dan berkomitmen untuk mengurangi jejak karbon (Gevorkian, 2017).

1.6 Kendala dan Parameter Penting

Kendala dan parameter penting yang perlu dipertimbangkan dalam pengembangan sistem pemantauan potensi energi surya di Universitas Muhammadiyah Parepare, dibagi menjadi tiga aspek yaitu:

A. Batasan Teknis:

Dalam pengembangan sistem pemantauan potensi energi surya, batasan teknis menjadi tantangan utama yang harus dihadapi. Salah satu kendala teknis adalah keterbatasan akurasi sensor akibat faktor lingkungan. Sensor suhu dan kelembapan seperti DHT22, meskipun cukup akurat, dapat terpengaruh oleh paparan sinar matahari langsung atau kelembapan ekstrem, yang menyebabkan data menjadi tidak konsisten. Selain itu, kualitas instalasi dan perlindungan fisik sensor juga menentukan keandalan sistem.

Selanjutnya, keterbatasan daya listrik dan jaringan komunikasi juga menjadi kendala. Sistem pemantauan yang menggunakan mikrokontroler seperti ESP32 memerlukan pasokan daya stabil serta koneksi internet untuk mengirim data secara

real-time ke *server cloud*. Di lokasi kampus dengan jaringan yang tidak merata atau sering terjadi pemadaman listrik, pengumpulan dan pengiriman data bisa terganggu.

Agar sistem dapat beroperasi secara optimal, perlu dirancang dengan sistem cadangan seperti baterai atau panel surya mini sebagai sumber daya alternatif. Selain itu, sistem harus memiliki kemampuan untuk menyimpan data secara lokal ketika jaringan internet tidak tersedia, sehingga tidak ada kehilangan data selama periode gangguan teknis tersebut.

B. Batasan Ekonomi:

Dari sisi ekonomi, kendala yang paling menonjol adalah keterbatasan dana dalam pengadaan alat dan pengembangan sistem secara menyeluruh. Sensor berkualitas tinggi, modul komunikasi, sistem penyimpanan data, serta perangkat pelindung memerlukan investasi yang tidak sedikit. Jika tidak dikelola dengan baik, biaya pengadaan bisa melebihi anggaran yang tersedia untuk riset atau pengembangan fasilitas kampus.

Selain pengadaan alat, biaya pemeliharaan dan pelatihan personel juga menjadi tantangan tersendiri. Perangkat sensor dan sistem monitoring perlu dirawat dan dikalibrasi secara berkala untuk menjaga keakuratan data. Diperlukan juga tenaga operator atau teknisi yang memahami cara kerja sistem dan dapat merespons masalah teknis dengan cepat. Tanpa dukungan sumber daya manusia yang terlatih, sistem bisa mengalami downtime atau kesalahan pembacaan data.

Untuk mengatasi kendala ekonomi, pendekatan bertahap dapat diterapkan. Misalnya, sistem dipasang terlebih dahulu di titik-titik prioritas seperti atap gedung pusat atau laboratorium teknik. Setelah sistem terbukti efektif, instalasi bisa diperluas secara bertahap ke seluruh kampus. Penggunaan komponen open source dan integrasi dengan sistem pembelajaran juga dapat menekan biaya dan menambah nilai edukatif.

C. Parameter Kunci yang Mempengaruhi Kinerja Produk:

Sistem pemantauan potensi energi surya, terdapat beberapa parameter utama yang harus diperhatikan agar kinerjanya optimal. Suhu dan kelembapan merupakan dua parameter penting yang memengaruhi efisiensi panel surya. Suhu lingkungan yang terlalu tinggi dapat menurunkan efisiensi konversi daya, sedangkan kelembapan tinggi bisa memicu korosi atau kerusakan perangkat elektronik jika tidak dilindungi dengan baik.

Selain itu, intensitas cahaya matahari atau *irradiance* adalah parameter paling langsung yang memengaruhi potensi energi surya. Dengan mengukur irradiansi secara kontinu, dapat diketahui berapa besar potensi energi yang tersedia pada waktu dan lokasi tertentu. Parameter lain seperti durasi penyinaran harian, arah dan kemiringan panel, serta kondisi langit (berawan atau cerah) juga sangat menentukan seberapa besar energi yang dapat dikonversi.

Agar sistem bekerja secara akurat dan efisien, seluruh parameter tersebut harus dipantau secara *simultan* dengan *frekuensi* pembacaan yang stabil dan

sistem pencatatan data yang baik. Kalibrasi sensor, kestabilan sistem penyimpanan data, serta kemampuan antarmuka pengguna untuk menampilkan data secara informatif juga sangat memengaruhi keberhasilan produk secara keseluruhan.

1.7 Aspek Non-Teknis

Cuaca yang berubah-ubah merupakan aspek non-teknis yang sangat penting untuk dipertimbangkan dalam pengembangan sistem pemantauan potensi energi surya di Universitas Muhammadiyah Parepare.

A. Dampak Cuaca terhadap Potensi Energi Surya

Cuaca yang berubah-ubah merupakan salah satu faktor non-teknis yang paling memengaruhi efektivitas pemanfaatan energi surya. Kondisi seperti mendung, hujan, atau kabut dapat secara signifikan mengurangi intensitas radiasi matahari yang diterima oleh panel surya. Akibatnya, jumlah energi yang dihasilkan dalam kondisi tersebut jauh lebih rendah dibandingkan saat cuaca cerah. Di Parepare, yang memiliki iklim tropis dengan curah hujan cukup tinggi, perubahan cuaca harian menjadi variabel penting dalam menentukan potensi energi surya secara akurat.

Selain itu, faktor seperti kelembapan udara dan suhu lingkungan yang berubah akibat cuaca juga berpengaruh terhadap performa panel surya dan sensor pendukung. Cuaca ekstrem seperti hujan lebat dan angin kencang tidak hanya mengurangi potensi energi yang bisa dikumpulkan, tetapi juga dapat mempercepat kerusakan perangkat monitoring apabila tidak terlindungi dengan baik. Oleh

karena itu, aspek cuaca harus menjadi pertimbangan utama dalam perancangan sistem pemantauan energi surya.

B. Tantangan dalam Pemantauan

Cuaca yang tidak stabil menimbulkan tantangan besar dalam proses pemantauan data energi surya. Salah satunya adalah ketidakpastian dalam pengambilan data yang konsisten, karena intensitas cahaya dan suhu bisa berubah drastis dalam waktu singkat. Fluktuasi ini menyulitkan proses prediksi dan pemodelan potensi energi, terutama jika sistem tidak dilengkapi dengan mekanisme pelacakan atau histori data yang kuat.

Selain itu, perangkat sensor yang digunakan di luar ruangan sangat rentan terhadap gangguan fisik akibat cuaca buruk. Sensor yang tidak memiliki pelindung atau spesifikasi tahan cuaca dapat rusak lebih cepat, menyebabkan kesalahan pembacaan, atau bahkan berhenti berfungsi sama sekali. Tantangan-tantangan ini menuntut adanya perawatan rutin dan desain sistem yang mampu bertahan dalam kondisi iklim tropis seperti di wilayah Parepare.

C. Solusi dan Strategi

Untuk mengatasi dampak cuaca sebagai kendala non-teknis, diperlukan strategi desain sistem yang memperhatikan ketahanan perangkat terhadap lingkungan. Penggunaan sensor dan mikrokontroler yang dilengkapi dengan pelindung anti-air dan anti-debu sangat disarankan. Penempatan perangkat di lokasi yang aman dari hujan langsung namun tetap mendapat sinar matahari cukup akan memperpanjang umur perangkat. Selain itu, sistem penyimpanan lokal

sebagai cadangan apabila jaringan *internet* terganggu juga menjadi solusi penting untuk menjaga kontinuitas data.

Strategi lainnya adalah dengan mengintegrasikan sistem monitoring lokal dengan data cuaca dari sumber *eksternal* seperti BMKG atau layanan cuaca online. Data prediksi cuaca ini dapat digunakan untuk analisis dan perencanaan penyimpanan daya energi surya, serta sebagai acuan dalam penyesuaian operasional sistem. Dengan pendekatan ini, kampus tidak hanya mengandalkan data sensor internal, tetapi juga memperkuat keakuratan sistem secara menyeluruh.

1.8 Data data pendukung

Berdasarkan hasil wawancara dengan Mubarak Harun, S. Pt, M.Si Penyuluh di Balai Penyuluhan Pertanian (BPP) Cempa yang telah membuat rangkaian lampu perangkap hama dikatakan bahwa Terobosan yang tengah gencar diuji coba itu, dilakukan untuk menjaga produksi khususnya komoditi padi. Meskipun alat perangkap hama tersebut merupakan inovasi dari beberapa penemuan alat serupa sebelumnya, namun Mubarak mengakui kalau hasil kreasinya tersebut memiliki kualitas dan biaya yang digunakan sangat rendah. Alat ini dilengkapi dengan panel surya, baterai, sensor cahaya dan lampu ultraviolet. Panel surya mencharger baterai saat siang hari, dan pada saat malam hari sensor cahaya bekerja untuk menyalakan lampu secara otomatis ungkap Mubarak. sehingga penggunaan panel surya dapat dikatakan efektif digunakan di berbagai bidang karena biaya yang relatif sedikit namun kekurangan dari alat ini yaitu ketika intensitas cahaya matahari yang rendah dapat mengakibatkan *recharger batrei* panel surya menjadi lemah.

BAB II

DOC. EU-200 Spesifikasi Sistem/Produk

2.1 Fungsi Produk

Proyek sistem instrumentasi sensor suhu untuk pemetaan potensi energi surya di kampus universitas Muhammadiyah parepare memiliki beberapa fungsi utama yang sangat penting untuk mengoptimalkan penggunaan energi surya. Berikut adalah beberapa fungsi utama dari sistem ini:

A. Pengukuran Suhu Permukaan

Suhu lingkungan dan permukaan yang dapat mempengaruhi efisiensi kinerja panel surya. Sensor seperti DHT22 digunakan untuk memperoleh data suhu secara akurat dan berkala. Suhu yang terlalu tinggi dapat menurunkan efisiensi panel surya dalam mengubah cahaya menjadi listrik. Oleh karena itu, pengukuran suhu menjadi indikator penting dalam menentukan titik optimal untuk pemasangan panel serta dalam perencanaan sistem pendingin atau pelindung tambahan.

B. Pemetaan Potensi Energi Surya

Pemetaan ini akan menunjukkan lokasi-lokasi dengan paparan cahaya optimal serta kondisi lingkungan yang mendukung efisiensi tinggi. Hasil pemetaan ini dapat divisualisasikan dalam bentuk grafik, tabel, atau peta digital, yang sangat berguna dalam proses pengambilan keputusan terkait strategi pemanfaatan energi terbarukan di kampus.

C. Optimasi Lokasi Instalasi Panel Surya

Menentukan lokasi terbaik untuk pemasangan panel surya berdasarkan data yang telah dikumpulkan dan dianalisis. Sistem ini akan mempermudah proses perencanaan instalasi panel dengan mempertimbangkan parameter lingkungan seperti intensitas cahaya tertinggi, suhu yang relatif stabil, dan area bebas bayangan. Dengan pendekatan berbasis data ini, efisiensi sistem tenaga surya kampus dapat dimaksimalkan, sehingga *investasi* pada energi terbarukan menjadi lebih tepat sasaran dan berkelanjutan

2.2 Kinerja produk

Kinerja produk ini diukur berdasarkan kemampuan sistem dalam memantau sistem instrumentasi ini berfokus pada kemampuan akurat dan *real-time* dalam memantau parameter lingkungan berupa suhu dan kelembapan udara di area kampus Universitas Muhammadiyah Parepare. Data yang diperoleh dari sensor DHT22 dikirimkan secara berkala melalui mikrokontroler ke penyimpanan digital untuk kemudian dianalisis. Sensor ini dikenal memiliki tingkat akurasi yang baik dan mampu beroperasi dalam rentang suhu dan kelembapan yang luas, sehingga cocok untuk kondisi iklim tropis. Data tersebut digunakan untuk mengidentifikasi korelasi antara suhu lingkungan dan efisiensi potensial dari sistem energi surya.

Meskipun tidak menggunakan sensor cahaya, sistem ini tetap mampu memberikan gambaran tentang potensi energi surya melalui analisis suhu sebagai parameter pendukung. Suhu lingkungan menjadi indikator penting karena mempengaruhi kinerja panel surya; suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan penurunan efisiensi daya yang dihasilkan. Dengan mengamati pola suhu harian dan

musiman, sistem ini dapat membantu menentukan waktu dan lokasi terbaik untuk memaksimalkan produksi energi surya, meskipun tanpa mengukur intensitas cahaya secara langsung.

Secara keseluruhan, kinerja sistem ini tergolong efektif dalam menyediakan data lingkungan yang dibutuhkan untuk mendukung perencanaan energi surya. Keandalannya dapat ditingkatkan melalui penempatan sensor di titik-titik strategis di *area* kampus serta dengan memastikan perlindungan perangkat dari paparan langsung hujan atau panas berlebih. Sistem ini juga bermanfaat sebagai alat monitoring jangka panjang dan sarana edukatif bagi mahasiswa dan peneliti yang ingin mempelajari pengaruh lingkungan terhadap efisiensi energi terbarukan.

Tabel 2. 1 Kinerja dan Batas Operasional

Parameter	Target Kinerja	Batasan Operasional
Suhu plat	Suhu permukaan dalam rentang -40°C hingga +85°C.	Pengukuran harus dilakukan tanpa kontak langsung dengan permukaan *plat* aluminium untuk menghindari kerusakan sensor.

2.3 Karakteristik Produk

A. Mikroprosesor ESP32



Gambar 2. 1

Mikroprosesor ESP32

Chip dengan WiFi 2.4 GHz dan *bluetooth* dengan desain teknologi 40 nmyang dirancang untuk daya dan kinerja radio terbaik yang menunjukkan ketahanan, keserbagunaan dan keandalan dalam berbagai aplikasi dan skenario daya (*Espressif Sistem*,2019). ESP32 merupakan sebuah modul mikrokontroler dengan fitur mode ganda yakni WiFi dan bluetooth yang digunakan untuk mempermudah pengguna dalam membuat berbagai system aplikasi dan projek berbasis IoT (*Internet of Things*).

Keluarga ESP32 termasuk dalam chip ESP32-D0WDQ6 (ESP32-D0WD), ESP32-D2WD, ESP32-S0WD, dan sistem dalam paket (SiP) ESP32-PICO-D4. Mikroprosesor yang digunakan oleh ESP32 adalah T*ensilica Xtensa LX6 dual-core* atau *single-core* dengan *clock rate* hingga 240 MHz. Dengan rilisnya ESP32, *Espressif System* juga menawarkan fitur-fitur yang tertanam pada ESP32, dimana dengan dimensi yang kecil (25.5 x 18.0 x 2.8mm) modul ini sangat mudah digunakan karena komponennya sudah terintegrasi dengan *built-in* antenna *switches, RF balun, power amplifier, low-noise receive amplifier, filters, and power management modules Chip* ESP32 memiliki 48 pin dengan fungsi yang berbeda-beda, tidak semua pin dapat dilihat pada *chip* ESP32. Fitur-fitur pada *chip* ESP32 diantaranya (Rui Santos & Santos, 2018):

1. *Analog-to-Digital Converter (ADC) channels*
2. *3 SPI interfaces*
3. *3 UART interfaces*
4. *2 I2C interfaces*
5. *16 PWM output channels*

6. *2 Digital-to-Analog Converters (DAC)*
7. *2 I2S interfaces*
8. *10 Capacitive sensing GPIOs*

B. Lcd 2x16



Gambar 2. 2 Lcd 2x16

Modul tampilan kristal cair karakter yang dapat menampilkan 2 baris dengan 16 karakter per baris, biasanya digunakan dalam aplikasi *mikrokontroler* seperti Arduino. Modul ini umumnya menggunakan pengontrol HD44780 atau yang kompatibel. Untuk operasi normal, modul ini membutuhkan tegangan suplai 5V, meskipun beberapa varian dapat beroperasi pada 3.3V. Kontras layar diatur dengan tegangan pada pin V0, yang sering dihubungkan ke potensiometer untuk penyesuaian manual. Modul ini dapat dihubungkan menggunakan antarmuka 4-bit atau 8-bit, dengan pin-pin utama termasuk *Register Select* (RS), Enable (E), dan pin data (D0-D7). Layar LCD 2x16 ini memiliki resolusi karakter 5x8 titik, dan untuk setiap karakter, dibutuhkan waktu eksekusi sekitar 40-50µs dalam mode 8-bit. Biasanya, backlight LED disertakan, dan dapat dioperasikan dengan tegangan 5V melalui *resistor* pembatas arus atau kontrol transistor. Modul ini juga mendukung

berbagai perintah kontrol, seperti menghapus layar (0x01), mengatur mode entri (0x04), dan menghidupkan/mematikan tampilan (0x0C). Biasanya digunakan pada suhu antara 0°C hingga 50°C dengan kisaran penyimpanan antara -20°C hingga 60°C. Dengan konversi menggunakan modul I2C, LCD 2x16 dapat dipermudah penggunaannya dengan hanya membutuhkan empat pin (VCC, GND, SDA, SCL)

Fitur-fitur khusus dari produk ini termasuk pemantauan kualitas cahaya dan suhu secara *real-time* dengan tampilan data yang mudah dibaca pada layar LCD 2x16, yang memberikan informasi langsung mengenai kondisi suhu dan cahaya matahari. Sistem ini juga dilengkapi dengan notifikasi sehingga mampu untuk diketahui jumlah daya yang dihasilkan. Dengan desain antarmuka yang ramah pengguna, sistem ini dirancang agar dapat dioperasikan dengan mudah, meskipun oleh pengguna yang belum terlalu mahir dalam menggunakan *system* panel surya. Selain itu, produk ini dapat menggunakan energi terbarukan, seperti tenaga surya, sebagai sumber daya alternatif untuk meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan untuk mengubah energi matahari menjadi listrik, yang dapat mengurangi ketergantungan pada sumber energi konvensional dan menurunkan biaya operasional. Selain itu, penggunaan panel surya membantu mengurangi jejak karbon kampus, mendukung keberlanjutan lingkungan, dan memberikan contoh yang baik dalam penggunaan energi terbarukan.

2.4 Rencana dan Jadwal (Timeline) Pelaksanaan Proyek

Tabel 2. 2 Rencana dan Jadwal Pelaksanaan Proyek.

Tahapan	Minggu 1	Minggu 2	Minggu 3	Minggu 4	Minggu 5	Minggu 6	Minggu 7
Perancangan & Design Sistem							
Pemilihan Komponen							
Pengembangan prototipe							
Integrasi Sistem							
Pengujian Sistem							
Penyusunan Laporan & Presentasi							
Implementasi & Finalisasi							

2.5 Rencana Anggaran Belanja

Tabel 2. 3 Rencana Anggaran Belanja.

No	Jenis Pengeluaran	Volume	Harga Satuan (Rp)	Total (Rp)
1	Esp32	4 buah	70.000	280.000
3	Sensor Suhu	4 buah	53.000	212.000
4	Kabel Jumper	4 set	18.000	27.000
6	Box arduino	4 buah	16.000	64.000
7	Baretai holder	4 buah	15.000	60.000

No	Jenis Pengeluaran	Volume	Harga Satuan (Rp)	Total (Rp)
8	Baterai	8 buah	35.000	140.000
11	Plat alumunium	4 buah	48.000	192.000
12	LCD 2x16	1 buah	30.000	30.000
			SUB TOTAL	1.005.000

2.6 Rencana Pengujian

A. Metode Pengujian untuk Setiap Spesifikasi:

Suhu plat: Kalibrasi dengan *termometer inframera* (IRT) untuk memastikan pembacaan suhu sesuai dengan standar.

B. Kriteria Keberhasilan Pengujian:

1. Akurasi Pengukuran: Nilai pengukuran harus memiliki toleransi ±5% dari hasil pengujian manual.
2. Waktu Respons: Waktu yang dibutuhkan untuk pembacaan data dari sensor ke tampilan LCD tidak lebih dari 3 detik.

BAB III

DOC. EU-300 Identifikasi Masalah

3.1 Perancangan Perangkat Keras dan Lunak

A. Arsitektur Sistem

Arsitektur sistem terdiri dari beberapa komponen utama yang berfungsi untuk memantau Intensitas Cahaya dan suhu. Komponen-komponen tersebut terdiri dari *sensor, mikrokontroler*, tampilan data (LCD), dan sumber daya Baterai. Berikut adalah arsitektur sistem secara umum:

1. Sensor:

   Sensor DHT22 Mengukur suhu plat.

2. Mikrokontroler (ESP32):

   Sebagai otak sistem, menerima data dari sensor, mengolahnya, dan mengirimkan hasilnya ke tampilan LCD.

3. LCD (2x16):

   Sebagai antarmuka pengguna, menampilkan hasil pengukuran secara real-time. Pembudidaya ikan dapat memantau kondisi kualitas air langsung dari tampilan ini.

4. Sumber Daya:

   Sistem ini dapat menggunakan sumber daya baterai yang dapat mendukung sistem operasional.

A. Desain Subsistem:

Setiap subsistem memiliki fungsi khusus yang saling berinteraksi untuk memastikan pemantauan suhu *plat* berjalan dengan lancar. Berikut adalah rincian subsistem dan fungsinya:

1. Subsistem Pengukuran (*Sensor*):
    a) Fungsi: Mengumpulkan data suhu plat
    b) Interaksi: Data yang dihasilkan oleh sensor langsung dikirim ke *mikrokontroler* ESP32 untuk diproses.
2. Subsistem Pengolahan Data (*Mikrokontroler* ESP32):
    a) Fungsi: Mengolah data yang diterima dari sensor dan menampilkannya pada LCD.
    b) Interaksi: Menerima data sensor dan memprosesnya. Hasil pemrosesan data ditampilkan pada LCD.
3. Subsistem Tampilan (LCD):
    a) Fungsi: Menampilkan Intensitas suhu plat secara visual sehingga dapat melihat hasil pengukuran.
    b) Interaksi: Data yang telah diproses oleh *mikrokontroler* dikirim ke LCD untuk ditampilkan kepada pengguna.

B. Pemilihan Alat dan Bahan:

1. *Mikrokontroler* ESP32:
    a) Spesifikasi: Mikrokontroler dengan Wi-Fi *built-in,* kapasitas pengolahan yang baik, dan berbagai pin *input/output* yang cukup untuk menghubungkan sensor dan perangkat lain.

b) Alasan Pemilihan: Kemampuan Wi-Fi dan prosesor yang cukup kuat untuk menangani pengolahan data sensor dan komunikasi.

c) Spesifikasi: Intensitas Cahaya dengan rentang pengukuran pH 0-

2. *Sensor* Suhu DHT22:

a) Spesifikasi: Sensor suhu : Mengukur suhu plat (rentang -70°C hingga +380°C).:

b) Alasan Pemilihan: Mudah diintegrasikan dengan ESP32 dan akurat dalam pengukuran suhu plat.

3.2. Perancangan Sistem Perangkat Lunak

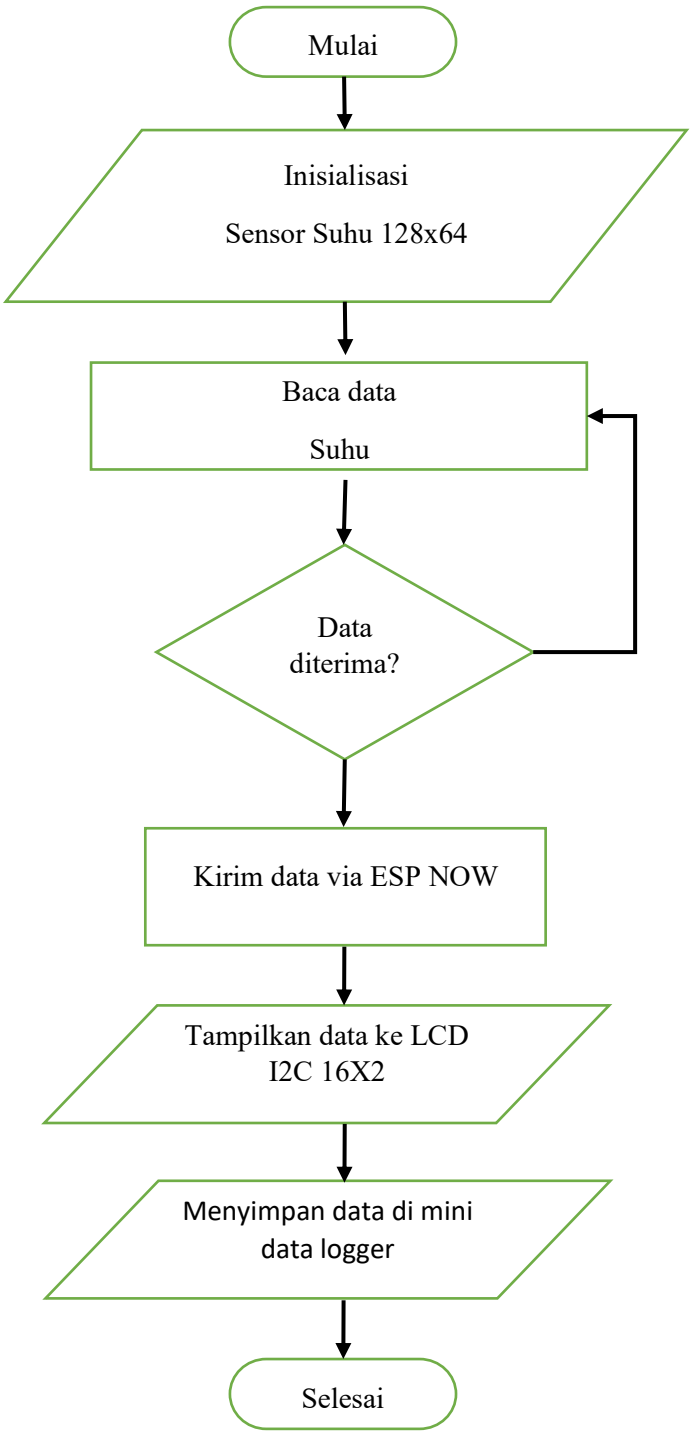
A. Platform:

Pengembangan perangkat lunak akan dilakukan menggunakan *platform Arduino IDE* karena kemudahan integrasi dengan mikrokontroler ESP32 dan ketersediaan pustaka yang luas.

B. Bahasa Pemrograman:

Bahasa C/C++: Bahasa ini digunakan untuk pemrograman *mikrokontrole*r ESP32 karena *fleksibilitas* dan kontrol yang diberikan dalam pengolahan data dan komunikasi antar perangkat.

C. Flowchart



Gambar 3. 1 *Flowchart*

D. Algoritma Sistem:

1. Inisialisasi mikrokontroler dan semua sensor.
2. Mengambil data secara berkelanjutan dari sensor suhu plat.
3. Tampilkan data pada LCD.
4. Ulangi setiap interval pengukuran.

E. Merancang *User Interface*:

Tampilan LCD:

Menampilkan nilai parameter air secara terpisah, misalnya:

Suhu Plat: 97 °C

3.3 Desain Sistem Secara Keseluruhan

Desain sistem ini mencakup beberapa subsistem utama yang berfungsi secara terintegrasi untuk mencapai tujuan pemantauan potensi energi surya . Berikut adalah rincian fungsi dan interaksi antar subsistem:

A. Subsistem Input (Sensor)

1. Fungsi: Mengukur parameter potensi energi surya.
2. Komponen:
   a) Sensor Suhu DHT22: Mengukur suhu *plat* (rentang -70°C hingga +380°C).
3. Interaksi: Data yang diperoleh dari setiap sensor dikirim ke *mikrokontroler* ESP32.

B. Subsistem Prosesor (*Mikrokontroler* ESP32)

1. Fungsi: Sebagai pusat pemrosesan data dari sensor.

2. Tugas Utama:
    a) Menerima input dari sensor (suhu *plat*).
    b) Mengkalibrasi dan memproses data mentah menjadi informasi yang mudah dibaca.
3. Interaksi: Mengontrol pengiriman data ke LCD untuk ditampilkan.

C. Subsistem *Output Display*

1. Fungsi: Menyajikan data hasil pengukuran suhu plat.
2. Komponen:LCD 2x16: Menampilkan parameter suhu plat dalam format berikut:

    Suhu Plat: 97 °C
3. Interaksi: Menerima data yang diproses dari ESP32 untuk ditampilkan di *LCD*.

D. Subsistem Catu Daya

1. Fungsi: Menyediakan daya untuk semua komponen elektronik.
2. Komponen: Baterai: Sumber daya utama.
3. Interaksi: Memberikan suplai daya ke *sensor, mikrokontroler, LCD*.

F. *Diagram Interaksi* Antar Subsistem

1. Sensor (suhu plat) → mengirim data → ESP32.
2. ESP32: Memproses dan mengkalibrasi data sensor.

    Mengirim data ke *LCD* untuk ditampilkan.

3.4. Desain Konstruksi

A. Struktur Konstruksi/Mekanik Produk:

1. Box Arduino: Desain kotak pelindung yang kuat dan tahan air untuk melindungi komponen elektronik (*mikrokontroler, sensor, dan LCD*) dari kelembapan dan kerusakan.
   a) Material: ABS atau plastik tahan air.
   b) Fitur: Tempat untuk memasang sensor di luar kotak pelindung dengan saluran untuk kabel sensor.

B. Menentukan Ukuran atau Dimensi Produk:

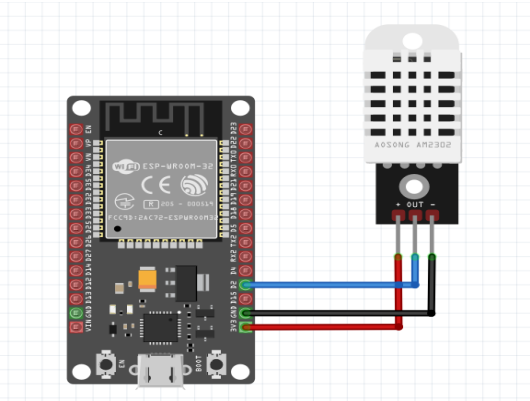
1. Ukuran Konstruksi:
   a) Panjang: 12,5 cm
   b) Lebar: 8,5 cm
   c) Tinggi: 5 cm
   d) Sensor Pemasangan: Sensor akan dipasang di sisi luar kotak pelindung untuk memastikan sensor terpapar langsung dengan Cahaya matahari.

BAB IV

DOC. EU-400 IMPLEMENTASI

4.1 Hasil Perancangan System Perangkat Keras

Rangkaian antara *ESP32* dan *sensor DHT22 (AM2302)* yang digunakan untuk membaca suhu dan kelembaban udara. *Sensor DHT22* merupakan *sensor* digital yang cukup akurat dan umum digunakan untuk memantau kondisi lingkungan dalam rangkaian ini, *pin VCC* pada sensor dihubungkan ke pin 3.3V pada ESP32 untuk memberikan suplai tegangan, *pin GND* terhubung ke *GND* sebagai ground, dan pin data (*OUT*) dihubungkan ke pin D15 pada ESP32 sebagai jalur komunikasi data dengan konfigurasi ini, ESP32 dapat membaca data suhu dan kelembaban dari sensor DHT22 secara langsung dan digunakan dalam berbagai aplikasi monitoring lingkungan seperti pada ruangan, rumah kaca, atau *system* otomatisasi lainnya.

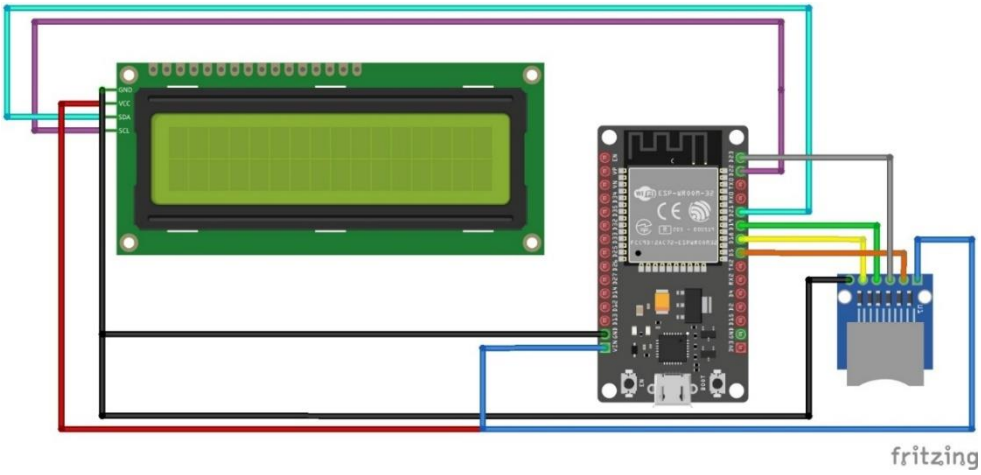


Gambar 4. 1 Desain skematik subsistem mendeteksi suhu.

Rangkaian penerima data suhu dan untuk menampilkan pada lcd yang terdiri dari esp32, sensor dht22 (am2302), modul lcd 16x2 i2c, dan modul microsd card. rangkaian ini dirancang untuk membaca suhu dan kelembaban udara menggunakan sensor dht22, kemudian menampilkan data tersebut pada layar lcd serta menyimpannya ke dalam kartu memori microsd sebagai data log.

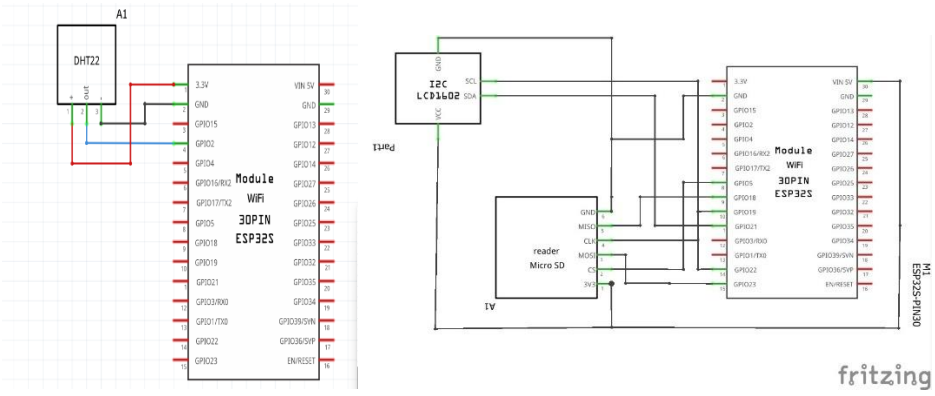
dalam rangkaian ini, sensor dht22 terhubung ke esp32 dengan tiga koneksi: pin vcc ke 3.3v, gnd ke gnd, dan pin data (out) ke pin gpio15. selanjutnya, modul lcd 16x2 dengan antarmuka i2c memiliki empat koneksi: vcc ke 3.3v, gnd ke gnd, sda ke gpio21, dan scl ke gpio22 pada esp32. modul ini akan menampilkan informasi suhu dan kelembaban secara *real-time.*

Penyimpanan data, digunakan modul microsd card yang memiliki enam koneksi utama: vcc ke 3.3v, gnd ke gnd, serta pin komunikasi spi-nya yaitu mosi (di) ke gpio23, miso (do) ke gpio19, sck (clk) ke gpio18, dan cs (*chip select*) ke gpio5. dengan konfigurasi ini, esp32 dapat menulis data yang dibaca dari sensor ke kartu sd sebagai *file* teks atau *log* untuk pemantauan jangka panjang.



Gambar 4. 2 Desain skematik penerima data suhu dan menampilkan pada lcd.

Merupakan desain skematik subsistem skema rangkaian antara sensor DHT22 dan modul ESP32 30 pin yang digunakan untuk membaca suhu dan kelembaban udara. Sensor DHT22 merupakan sensor digital yang memiliki tiga pin utama: VCC (+), Data (OUT), dan GND (–). Dalam rangkaian ini, pin VCC pada DHT22 dihubungkan ke 3.3V pada ESP32 untuk memberikan suplai tegangan, pin GND dihubungkan ke GND pada ESP32 sebagai ground, dan pin data dihubungkan ke GPIO15 pada ESP32 untuk mengirimkan data sensor ke mikrokontroler.



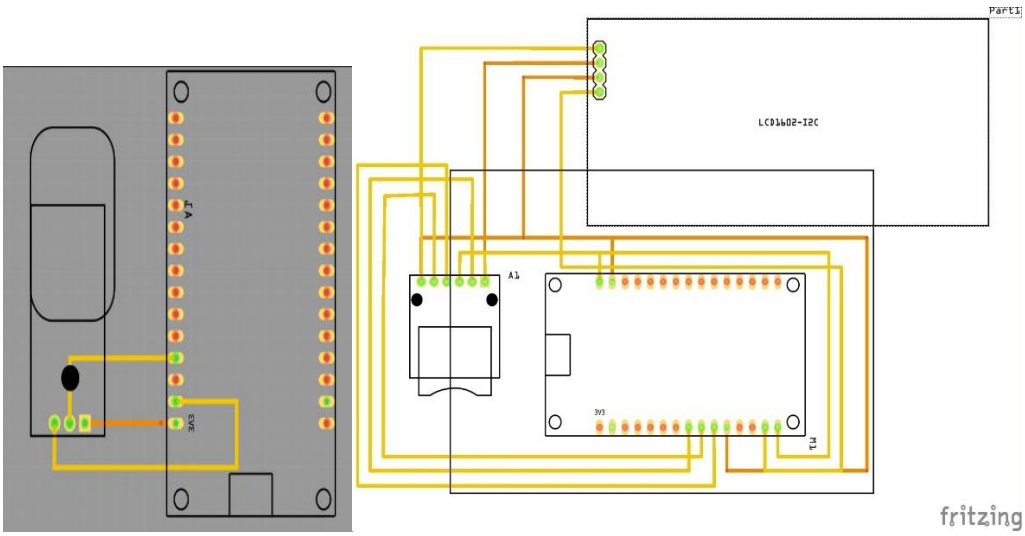
Gambar 4. 3 Desain Skematik Sistem Keseluruhan.

Rangkaian pada gambar di atas menunjukkan hubungan antara sensor DHT22 dengan mikrokontroler ESP32 30 pin yang berfungsi untuk membaca data suhu dan kelembaban udara. Sensor DHT22 memiliki tiga pin utama yang digunakan, yaitu pin VCC, OUT (data), dan GND. Pin VCC pada sensor dihubungkan ke pin 3.3V pada ESP32 untuk memberikan tegangan kerja sebesar 3.3 volt. Pin data *(OUT)* dihubungkan ke GPIO15 pada ESP32 sebagai jalur komunikasi digital yang digunakan untuk mengirimkan data suhu dan kelembaban dari sensor ke mikrokontroler. Sedangkan pin GND pada sensor terhubung ke pin GND pada ESP32 sebagai jalur *ground.*

Skema rangkaian lengkap yang menghubungkan beberapa komponen elektronik, yaitu ESP32, sensor DHT22, LCD 16x2 I2C, dan modul *MicroSD card reader*. Rangkaian ini dirancang untuk membaca data suhu dan kelembaban dari sensor DHT22, menampilkannya pada layar LCD, dan secara bersamaan menyimpan data tersebut ke dalam kartu memori melalui modul *MicroSD*. Keseluruhan sistem ini memungkinkan proses pemantauan dan pencatatan data lingkungan secara otomatis dan *real-time.*

ESP32 berfungsi sebagai pusat kendali sistem. Sensor DHT22 terhubung langsung ke ESP32 untuk mengirimkan data suhu dan kelembaban, sementara LCD I2C menerima sinyal dari ESP32 untuk menampilkan data tersebut secara visual. Di sisi lain, modul *MicroSD reader* digunakan untuk menyimpan data yang diperoleh sebagai arsip atau *log* harian. Rangkaian ini umum digunakan dalam aplikasi monitoring lingkungan seperti rumah kaca, ruang penyimpanan, atau

sistem otomatisasi ruangan yang membutuhkan dokumentasi dan tampilan data secara bersamaan.



Gambar 4. 4 Desain PCB *Board* Sistem

Gambar di atas menampilkan desain tata letak rangkaian pada PCB (*Printed Circuit Board*) yang menghubungkan beberapa komponen utama, yaitu ESP32, modul pembaca MicroSD (A2), dan LCD 16x2 I2C. Tujuan dari desain ini adalah untuk membangun sistem yang dapat membaca data, menampilkan informasi di layar, serta menyimpannya ke dalam kartu memori secara langsung dan terorganisir melalui papan sirkuit cetak.

Pada bagian kiri bawah terlihat adanya sumber daya yang terhubung ke jalur 3.3V dan GND yang kemudian dialirkan ke seluruh komponen, termasuk ke ESP32, modul MicroSD, dan LCD. Modul MicroSD menggunakan protokol komunikasi SPI, sehingga pada gambar tampak beberapa jalur dari ESP32 menuju modul

MicroSD seperti jalur MISO, MOSI, CLK, dan CS. Jalur-jalur ini digunakan untuk proses transfer data antara mikrokontroler dan kartu memori.

Sementara LCD 16x2 I2C terhubung ke ESP32 menggunakan dua pin utama, yaitu SDA (data) dan SCL (*clock*), yang berfungsi untuk mengirim perintah dan data tampilan secara serial. Dengan hanya dua kabel, komunikasi antara ESP32 dan LCD menjadi lebih efisien.

4.2 Hasil perancangan system perangkat lunak

Program ini dirancang untuk membaca data suhu dan, yaitu SUHU (sensor suhu dan DHT22, kemudian menampilkan hasil pengukuran tersebut pada LCD 16x2 berbasis I2C serta menyimpannya ke dalam kartu SD dalam format CSV.

4.3 Hasil perancangan system perangkat lunak

Program ini dirancang untuk membaca data suhu dan, yaitu SUHU (sensor suhu dan DHT22, kemudian menampilkan hasil pengukuran tersebut pada LCD 16x2 berbasis I2C serta menyimpannya ke dalam kartu SD dalam format CSV.

PENGIRIM

```
#include <WiFi.h>
#include <esp_now.h>
#include <esp_wifi.h>
#include <DHT.h>

#define DHTPIN 4
```

```
#define DHTTYPE DHT11
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);

uint8_t gatewayAddress[] = {0x14, 0x2B, 0x2F, 0xEB, 0xC0, 0xF8};

typedef struct struct_message {
  float suhu;
  uint8_t nodeID;
} struct_message;

struct_message dataSuhu;

void OnSent(const uint8_t *mac_addr, esp_now_send_status_t status) {
  Serial.print("Status Kirim ke Gateway: ");
  Serial.println(status == ESP_NOW_SEND_SUCCESS ? "SUKSES" : "GAGAL");
}

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  WiFi.mode(WIFI_STA);
  esp_wifi_set_channel(1, WIFI_SECOND_CHAN_NONE); // Penting: pastikan channel

  dht.begin();

  if (esp_now_init() != ESP_OK) {
    Serial.println("ESP-NOW Init GAGAL");
    return;
  }
```

```
  esp_now_register_send_cb(OnSent);


  esp_now_peer_info_t peerInfo = {};
  memcpy(peerInfo.peer_addr, gatewayAddress, 6);
  peerInfo.channel = 1;
  peerInfo.encrypt = false;


  if (esp_now_add_peer(&peerInfo) != ESP_OK) {
    Serial.println("GAGAL tambah peer");
  } else {
    Serial.println("Peer gateway ditambahkan");
  }


  dataSuhu.nodeID = 1; // Ganti sesuai node
}


void loop() {
  float t = dht.readTemperature();
  if (!isnan(t)) {
    dataSuhu.suhu = t;
    Serial.printf("Mengirim suhu %.1f C dari Node %d\n", t, dataSuhu.nodeID);
    esp_err_t result = esp_now_send(gatewayAddress, (uint8_t *) &dataSuhu,
sizeof(dataSuhu));
    if (result != ESP_OK) {
      Serial.println("Kirim GAGAL");
    }
  } else {
    Serial.println("Gagal baca DHT");
  }
```

```
  delay(5000);
}
```

PENERIMA

```
#include <WiFi.h>
#include <esp_now.h>
#include <esp_wifi.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <SPI.h>
#include <SD.h>

// Define SD card chip select pin
#define SD_CS 5

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);  // Ganti ke 0x3F jika LCD tidak tampil

typedef struct struct_message {
  float suhu;
  uint8_t nodeID;
} struct_message;

struct_message dataSuhu;
float suhuNode[4] = {0, 0, 0, 0}; // Indeks 1-3 untuk node
File dataFile;
```

```
void setup() {
 Serial.begin(115200);

 // Initialize SD card
 if (!SD.begin(SD_CS)) {
  Serial.println("SD Card Initialization failed!");
  while (1);
 }
 Serial.println("SD card initialized.");

 WiFi.mode(WIFI_STA);
 esp_wifi_set_channel(1, WIFI_SECOND_CHAN_NONE); // Pastikan sama channel-nya
dengan Node

 lcd.begin();
 lcd.backlight();
 lcd.clear();
 lcd.setCursor(0, 0);
 lcd.print("Gateway ESP-NOW");

 if (esp_now_init() != ESP_OK) {
  Serial.println("ESP-NOW init GAGAL");
  return;
 }

 esp_now_register_recv_cb(onReceiveData);

 // Create data file (overwrite existing file)
```

```
 dataFile = SD.open("temperature_data.csv", FILE_WRITE);
 if (!dataFile) {
  Serial.println("Error opening data file");
  while(1); // Stop if file can't be opened.
 } else {
  dataFile.println("Timestamp(ms),NodeID,Suhu(C)"); // Header for the data file
 }
}

void onReceiveData(const uint8_t *mac, const uint8_t *incomingData, int len) {
 char macStr[18];
 snprintf(macStr, sizeof(macStr), "%02X:%02X:%02X:%02X:%02X:%02X",
          mac[0], mac[1], mac[2], mac[3], mac[4], mac[5]);

 memcpy(&dataSuhu, incomingData, sizeof(dataSuhu));

 if (dataSuhu.nodeID >= 1 && dataSuhu.nodeID <= 3) {
  suhuNode[dataSuhu.nodeID] = dataSuhu.suhu;

  // Cetak semua data Node ke Serial
  Serial.println("========== DATA MASUK ==========");
  Serial.print("Dari MAC : "); Serial.println(macStr);
  Serial.printf("Node %d update suhu: %.1f C\n", dataSuhu.nodeID, dataSuhu.suhu);
  Serial.println(">> Status Suhu Saat Ini:");
  Serial.printf("Node 1: %.1f C\n", suhuNode[1]);
  Serial.printf("Node 2: %.1f C\n", suhuNode[2]);
  Serial.printf("Node 3: %.1f C\n", suhuNode[3]);
  Serial.println("================================");
```

```
  // Update LCD agar sama dengan yang di Serial
  lcd.clear();
  // Baris 0: Tampilkan Node 1 dan Node 2
  lcd.setCursor(0, 0); // Kolom 0, Baris 0
  lcd.print("N1:");
  lcd.print(suhuNode[1], 1);
  lcd.print("C N2:");
  lcd.print(suhuNode[2], 1);
  lcd.print("C");

  // Baris 1: Tampilkan Node 3
  lcd.setCursor(0, 1); // Kolom 0, Baris 1
  lcd.print("N3:");
  lcd.print(suhuNode[3], 1);
  lcd.print("C");

  // Write data to SD card
  if (dataFile) {
    dataFile.print(millis());
    dataFile.print(",");
    dataFile.print(dataSuhu.nodeID);
    dataFile.print(",");
    dataFile.println(dataSuhu.suhu);
  } else {
    Serial.println("Error writing to SD card");
  }
 }
}
```

```
void loop() {
  // Kosong, semua terjadi di callback
}
```

4.4 Kontruksi/mekanik

1. Foto produk

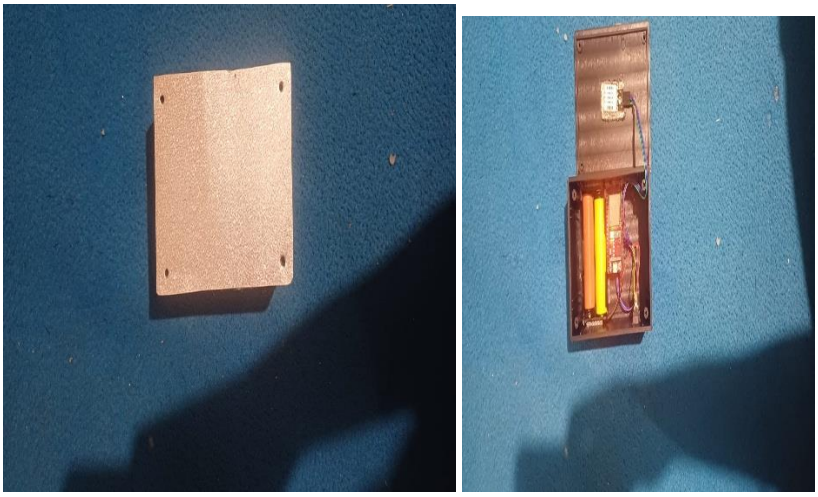
Produk ini adalah sistem instrumentasi multi sensor untuk pemetaan potensi energi surya di kampus Universitas Muhammadiyah Parepare. Produk ini dirancang dalam bentuk box portabel berisi ESP32 sebagai mikrokontroler dan sensor DHT22. Sistem ini membantu mengukur suhu lebih cepat dan efisien.

a) Box proyek

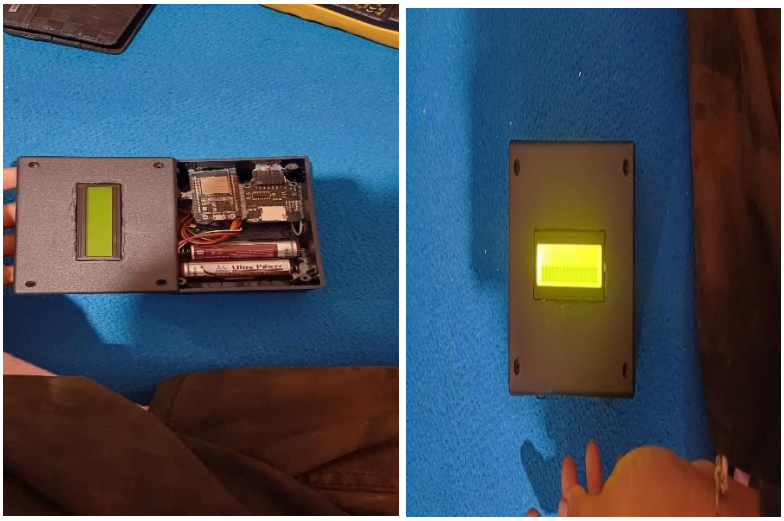
Sebuah prototipe sistem instrumentasi berbasis mikrokontroler ESP32 yang dirancang untuk mendukung pemetaan potensi energi surya di lingkungan kampus. Sistem ini dikembangkan dalam bentuk *modular* yang dilengkapi dengan berbagai komponen sensor dan perangkat pendukung. Sistem terbagi menjadi 2 bagian yakni sistem pengirim dan penerima data. *Box* pengirim berisi mikrokontroler ESP32 sebagai otak pemrosesan data dan sensor DHT22 untuk membaca suhu dari plat. Dapat dilihat pada gambar berikut:

Gambar box pengirim

Kemudian pada box penerima data terdapat ESP32 sebagai mikrokontroler, Data Logger modul pembaca kartu *micro SD* untuk penyimpanan lokal data, serta layar LCD 16x2 sebagai media tampilan informasi data. Dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 4. 5 alat dan rangkaian pengirim



Gambar 4. 6 alat dan rangkaian penerima

2. Detail/*Spesifikasi* Produk (jelaskan Kembali spesifikasi esp 32 ada di file e100-300).

   a. ESP32-WROOM-32 Development Board:

   Sistem ini adalah *mikrokontroler ESP32-WROOM-32*, sebuah otak pemrosesan yang tangguh dengan *dual-core Tensilica LX6* berkecepatan hingga *240 MHz*. Kemampuannya dalam hal konektivitas sangat lengkap,

mencakup *Wi-Fi* 802.11 b/g/n pada *frekuensi* 2.4 *GHz* serta *Bluetooth* v4.2 dengan dukungan *BR/EDR* dan *BLE*. Dari segi memori, ESP32 ini dilengkapi dengan 448 *KB ROM*, 520 *KB SRAM*, dan memori *flash* yang bervariasi, umumnya 4 *MB* atau lebih. *Fleksibilitasnya* semakin diperkuat dengan banyaknya pin *GPIO* yang dapat difungsikan sebagai input atau output digital, serta mendukung berbagai protokol komunikasi seperti *Pulse Width Modulation* (*PWM), Inter Integrated Circuit* (*I2C), Serial Peripheral Interface (SPI),Universal Asynchronous Receiver/Transmitter (UART), Analog-to-Digital Converter (ADC), dan Digital-to-Analog Converter (DAC)*. Papan pengembangan ini umumnya beroperasi pada tegangan 3.3V dan dilengkapi regulator tegangan untuk menerima daya dari *Universal Serial Bus* (*USB)* atau sumber eksternal. Untuk kemudahan penggunaan, terdapat antarmuka *micro Universal Serial Bus* (*USB)* untuk pemrograman dan daya, serta tombol *reset (EN*) dan *boot (BOOT)*. Seluruh kemampuan *nirkabel Wi-Fi* dan *Bluetooth* telah terintegrasi langsung pada *board* ini, menjadikannya solusi yang ringkas dan *efisien* untuk berbagai aplikasi.

b. I2C LCD *Display* (16x2):

Layar yang digunakan adalah jenis *Liquid Crystal Display (LCD)* dengan konfigurasi 16x2, yang berarti mampu menampilkan 16 karakter dalam setiap baris dan memiliki dua baris tampilan. Komunikasi dengan *mikrokontroler* dilakukan melalui antarmuka *Inter-Integrated Circuit* (*I2C*), yang efisien karena hanya memerlukan dua jalur data, yaitu *Serial Data (SDA)* dan *Serial Clock* (*SCL)*, serta koneksi untuk daya *Voltage Collector*

(*VCC*) dan *Ground* (*GND*). Untuk mempermudah pembacaan dalam berbagai kondisi pencahayaan, layar ini kemungkinan dilengkapi dengan *backlight*, meskipun spesifikasinya tidak terlihat. Kontras tampilan biasanya dapat disesuaikan melalui potensiometer yang terintegrasi pada modul *Inter-Integrated Circuit* (*I2C*) *backpack* yang terpasang di bagian belakang layar. Secara umum, layar *Liquid Crystal Display (LCD)* ini beroperasi pada tegangan 5V.

4.5 Cara Pengoperasian System/produk

Sistem instrumentasi multi sensor untuk pemetaan potensi energi surya di kampus universitas muhammadiyah parepare.



Gambar 4. 7 Tampilan Alat

1. Mengaktifkan produk pengirim dan penerima dengan saklar yang menggunakan baterai sebagai sumber energi.
2. Produk akan melakukan pengukuran suhu *plat* dengan menggunakan sensor.
3. Hasil pembacaan sensor akan ditampilkan pada *Liquid Crystal Display (LCD)*.

BAB V

DOC. EU-500 PENGUJIAN DAN ANALISIS

5.1 Pengujian Spesifikasi System/Produk

1. Pengujian sensor suhu plat

Pengujian sensor suhu plat merupakan tahap penting dalam validasi sistem instrumentasi untuk pemetaan potensi energi surya. Sensor suhu plat berfungsi untuk mengukur suhu permukaan yang langsung terpapar sinar matahari, yang mencerminkan jumlah energi panas yang terserap oleh suatu permukaan. Selama pengujian, sensor ini ditempatkan pada posisi datar di bawah sinar matahari untuk merekam perubahan suhu secara *real-time*. Hasil dari sensor suhu ini dapat digunakan untuk menganalisis efisiensi penyerapan energi termal dari berbagai permukaan atau lokasi yang berbeda di lingkungan kampus.

Sementara itu, sensor intensitas cahaya, digunakan untuk mengukur tingkat pencahayaan yang diterima dari radiasi matahari. Pengujian dilakukan dengan *mengekspos* sensor secara langsung terhadap cahaya matahari pada waktu yang berbeda dalam sehari guna menangkap variasi intensitas sinar matahari. Data yang diperoleh dari sensor ini berguna untuk menentukan potensi energi surya di suatu titik pengukuran, yang kemudian dapat dipetakan untuk melihat sebaran potensi di seluruh area kampus. Melalui kombinasi kedua sensor ini, sistem mampu memberikan data yang lebih komprehensif dalam mengevaluasi potensi pemanfaatan energi surya.

Proses pengambilan data dilakukan sebanyak 1 satu kali pengujian dengan waktu yang sama, kondisi suhu dan cahaya. Setiap kondisi diuji dengan menyiman alat sensor ke dalam media datar di atas tanah dan mencatat nilai yang di hasil kan dapat di lihat pada tabel 5.1 di bawah ini.

Tabel 5. 1 Pengujian Sensor DHT22

Waktu		Sensor			Alat ukur	
(Detik)	S1	S2	S3	AU1	AU2	AU3
5	28,07	28,36	28,78	28,60	29,00	28,70
10	29,67	29,65	28,97	29,00	30.05	29,77
15	29,75	30,17	28,48	29,50	30,30	29,46
20	30,11	29,19	29,54	30,60	29,90	30,05
25	29,21	29,02	29,21	29,01	29,24	29,86

2. Pengujian keseluruhan

Pengujian keseluruhan di lakukan di universitas muhammadiyah parepare setiap per 5 menit selama 1 jam. Dapat dilihat pada data tabel di bawah ini.

Data pada jam 13:30 – 14:30 jumat, 25 juli 2025.

Tabel 5. 2 Data di Lokasi 1 (depan rektorat)

Time (mnt)	Suhu (°C)
5	31.53
10	28.95
15	27.93
20	29.17
25	28.91
30	27.79

Time (mnt)	Suhu (°C)
35	30.19
40	28.33
45	28.37
50	27.59
55	27.15
60	27.37
65	28.99
70	28.51
75	28.51
80	28.63
85	28.37
90	28.65
95	28.05
100	29.37
105	29.57
110	29.15
115	28.59
120	29.31
125	28.45
130	28.99
135	27.73
140	28.83
145	27.85

Time (mnt)	Suhu (°C)
150	28.11
155	28.59
160	28.25
165	28.47
170	27.93
175	29.11
180	28.65
185	27.31
190	28.33
195	28.13
200	27.05
205	27.49
210	27.69
215	27.75
220	27.73
225	28.69
230	27.75

Pada Lokasi 1, Berdasarkan data suhu yang dicatat setiap 5 menit, suhu lingkungan menunjukkan fluktuasi yang cukup stabil dengan rata-rata sebesar 28,23°C. Pada menit ke-5, suhu awal tercatat cukup tinggi yaitu 31,53°C, namun setelah itu mengalami penurunan hingga mencapai suhu terendah sekitar 27,05°C pada menit ke-200. Selama periode pengamatan, suhu cenderung bergerak dalam rentang 27°C hingga 29°C, dengan sesekali terjadi kenaikan mendekati atau di atas 29°C, seperti pada menit ke-100, 105, dan 120. Kondisi ini menunjukkan bahwa suhu lingkungan relatif terkendali dan tidak mengalami perubahan ekstrem.

Data juga mencatat adanya beberapa titik dengan suhu stabil selama beberapa waktu berturut-turut, khususnya antara menit ke-65 hingga 90, serta pada periode menit ke-150 hingga 180. Hal ini mengindikasikan kondisi termal yang cenderung konsisten. Beberapa nilai waktu tercatat ganda, seperti pada menit ke-110 dan 115, yang kemungkinan merupakan pembaruan data atau duplikasi pengukuran yang tidak memengaruhi tren umum. Secara keseluruhan, pola suhu yang tercatat mencerminkan lingkungan dengan *fluktuasi* suhu ringan hingga sedang dan kestabilan yang baik.

Perhitungan Suhu Rata-Rata

Jumlah Total Data = 48

Total Suhu =

31.53 + 28.95 + 27.93 + 29.17 + 28.91 + 27.79 + 30.19 + 28.33 + 28.37 + 27.59 + 27.15 + 27.37 + 28.99 + 28.51 + 28.51 + 28.63 + 28.37 + 28.65 + 28.05 + 29.37 +

29.57 + 29.15 + 27.37 + 28.59 + 28.59 + 29.31 + 28.45 + 28.99 + 27.73 + 28.83 + 27.85 + 28.11 + 28.59 + 28.25 + 28.47 + 27.93 + 29.11 + 28.65 + 27.31 + 28.33 + 28.13 + 27.05 + 27.49 + 27.69 + 27.75 + 27.73 + 28.69 + 27.75

Total Suhu = 1354.88 °C

Rata-rata = 1354.88 / 48 = 28.23 °C

Kesimpulan

- Suhu rata-rata keseluruhan: ±28.23°C
- Data menunjukkan stabilitas suhu dalam rentang waktu panjang.
- Fluktuasi wajar, dengan beberapa kenaikan (>30°C) dan penurunan (<27°C), namun mayoritas berada di kisaran 27.5°C–29°C.

Data di Lokasi 2 (parkiran umpar).

Tabel 5. 3 Data di Lokasi 2 (parkiran umpar)

Time (mnt)	Suhu (°C)
5	29.97
10	30.51
15	29.97
20	30.67
25	31.35
30	30.63
35	30.97

Time (mnt)	Suhu (°C)
40	30.91
45	31.05
50	30.51
55	29.97
60	30.85
65	30.19
70	30.77
75	30.29
80	30.39
85	29.75
90	29.99
95	29.85
100	30.15
105	30.17
110	28.97
115	29.37
110	29.49
115	30.25
120	30.43
125	30.53
130	29.65
135	30.71
140	30.47

Time (mnt)	Suhu (°C)
145	31.15
150	31.43
155	29.85
160	30.37
165	30.23
170	30.87
175	31.63
180	31.11
185	31.69
190	32.19
195	31.75
200	32.13
205	33.19
210	32.11
215	31.99
220	30.81
225	30.71
230	30.99

Pengamatan suhu di Lokasi 2 yang dilakukan setiap 5 menit menunjukkan bahwa suhu udara di area parkiran cenderung lebih tinggi dan fluktuatif dibandingkan lokasi lainnya. Suhu awal pada menit ke-5 tercatat sebesar 29,97°C, lalu meningkat dan *relatif* stabil di kisaran 30°C hingga 31°C selama lebih dari satu

jam pertama. Puncak suhu tertinggi tercatat pada menit ke-205 yaitu 33,19°C, menandakan bahwa area parkir mengalami akumulasi panas yang signifikan, kemungkinan akibat paparan sinar matahari langsung dan permukaan aspal yang menyerap panas.

Secara umum, suhu di lokasi ini bergerak dalam rentang 28,97°C hingga 33,19°C, dengan sebagian besar waktu berada di atas 30°C. Terjadi fluktuasi ringan pada beberapa titik, seperti penurunan suhu di menit ke-110 (28,97°C) yang kemudian kembali naik secara bertahap. Duplikasi waktu pada menit ke-110 dan 115 kemungkinan besar merupakan pembaruan data atau pencatatan ganda.

Tren suhu mulai meningkat tajam setelah menit ke-175, dan tetap tinggi hingga menit ke-230, yang bisa menunjukkan efek pemanasan sore hari atau keterlambatan pelepasan panas dari permukaan parkiran. Berdasarkan semua data yang dihimpun, suhu rata-rata di lokasi parkiran adalah sekitar 30,64°C, menunjukkan bahwa area ini termasuk dalam zona yang relatif panas.

Menghitung rata-rata suhu di Lokasi 2 (parkiran UMPAR),

Data suhu dari Lokasi 2 (parkiran umpar)

29.97, 30.51, 29.97, 30.67, 31.35, 30.63, 30.97, 30.91, 31.05, 30.51,

29.97, 30.85, 30.19, 30.77, 30.29, 30.39, 29.75, 29.99, 29.85, 30.15,

30.17, 28.97, 29.37, 29.49, 30.25, 30.43, 30.53, 29.65, 30.71, 30.47,

31.15, 31.43, 29.85, 30.37, 30.23, 30.87, 31.63, 31.11, 31.69, 32.19,

31.75, 32.13, 33.19, 32.11, 31.99, 30.81, 30.71, 30.99

Jumlah total suhu = 1470.66

Jumlah data = 48 nilai suhu

Rumus rata-rata:

Rata-rata=1470.66/48 = 30.64°C

Data di Lokasi 3 (depan sekret).

Tabel 5. 4 Data di Lokasi 3 (depan sekret)

Time (mnt)	Suhu (°C)
5	29.57
10	29.63
15	31.61
20	31.29
25	31.35
30	31.85
35	30.19
40	32.17
45	31.25
50	33.55
55	31.83
60	33.43
65	37.09
70	31.81
75	32.09
80	32.19

Time (mnt)	Suhu (°C)
85	33.87
90	32.41
95	35.63
100	32.89
105	32.05
110	32.69
115	33.19
110	31.63
115	31.25
120	32.35
125	32.47
130	33.93
135	34.53
140	32.33
145	32.39
150	32.95
155	33.13
160	33.17
165	33.55
170	33.13
175	32.53
180	33.61
185	32.31

Time (mnt)	Suhu (°C)
190	31.85
195	33.63
200	39.73
205	37.03
210	32.35
215	30.53
220	32.09
225	29.97
230	30.37

Berdasarkan data yang tercatat dari Lokasi 3 (depan sekret), suhu menunjukkan pola fluktuatif dengan kecenderungan yang cukup tinggi. Pengukuran dimulai dengan suhu sekitar 29,57°C dan secara bertahap meningkat, dengan lonjakan tertinggi mencapai 39,73°C pada menit ke-200. Beberapa titik pengukuran menunjukkan suhu yang ekstrem, seperti pada menit ke-65 (37,09°C) dan 205 (37,03°C), yang dapat diakibatkan oleh paparan langsung sinar matahari atau lingkungan yang terperangkap panas (*heat trap*).

Suhu cenderung stabil di kisaran 32°C hingga 34°C selama sebagian besar waktu, dengan beberapa penurunan di bawah 31°C di awal dan akhir periode. Kenaikan suhu yang cukup signifikan mulai tampak setelah menit ke-50, dan kondisi ini berlanjut hingga mendekati akhir pengukuran. Nilai suhu rata-rata selama keseluruhan waktu pengamatan adalah sekitar 32,39°C, menjadikan Lokasi

3 sebagai salah satu area yang paling panas dibandingkan lokasi lain yang telah dianalisis.

Jumlah Total Data = 48

Total Suhu =

29.57 + 29.63 + 31.61 + 31.29 + 31.35 + 31.85 + 30.19 + 32.17 + 31.25 + 33.55 +

31.83 + 33.43 + 37.09 + 31.81 + 32.09 + 32.19 + 33.87 + 32.41 + 35.63 + 32.89 +

32.05 + 32.69 + 33.19 + 31.63 + 31.25 + 32.35 + 32.47 + 33.93 + 34.53 + 32.33 +

32.39 + 32.95 + 33.13 + 33.17 + 33.55 + 33.13 + 32.53 + 33.61 + 32.31 + 31.85 +

33.63 + 39.73 + 37.03 + 32.35 + 30.53 + 32.09 + 29.97 + 30.37

Total Suhu = 1551.13 °C

Rata-rata = 1551.13/ 48 = 32,31°C

Kesimpulan Umum

Secara keseluruhan, data menunjukkan bahwa hubungan antara suhu plat dan intensitas cahaya matahari bervariasi di setiap lokasi.

* Lokasi 1 menunjukkan bahwa pada kondisi cahaya tinggi yang stabil, faktor lain mungkin lebih berpengaruh pada suhu plat.

* Lokasi 2 menunjukkan korelasi positif yang lebih jelas antara intensitas cahaya tinggi dan suhu plat tinggi, tetapi akumulasi panas lingkungan juga berperan.

* Lokasi 3 menonjol dengan suhu plat yang secara konsisten lebih tinggi dan fluktuasi intensitas cahaya yang ekstrem, namun suhu tinggi seringkali terjadi bahkan saat intensitas cahaya rendah. Ini sangat mengindikasikan bahwa faktor lingkungan atau struktural (seperti material bangunan, sirkulasi udara, atau bayangan/perangkap panas) memiliki dampak yang sangat signifikan pada suhu plat di lokasi ini, mungkin lebih dari intensitas cahaya matahari langsung.

Untuk analisis yang lebih mendalam, akan bermanfaat untuk mempertimbangkan:

* Karakteristik Lingkungan: Detail lebih lanjut tentang lingkungan setiap lokasi misalnya, ada tidaknya pepohonan, material permukaan, keberadaan bangunan tinggi yang memberikan bayangan, akan sangat membantu dalam menjelaskan anomali yang diamati, terutama di Lokasi 3.

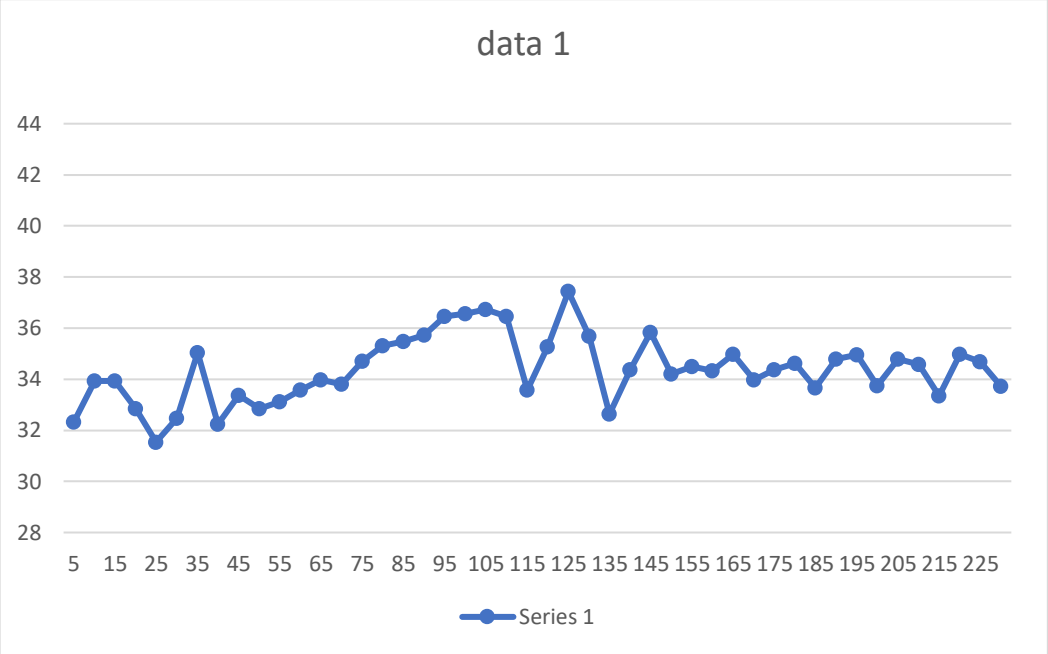
* Variabel Lain: Kelembaban udara, kecepatan angin, dan tutupan awan juga merupakan faktor penting

Pengambilan data di lakukan pada 13:30 - 14:30 minggu, 31 agustus 2025

Tabel 5. 5 Data di Lokasi 1 (Depan Rektorat)

Time (mnt)	Suhu (°c)
5	32,33
10	33,90
15	33,93
20	32,84
25	31,54
30	32,46
35	35,03
40	32,25
45	33,37
50	32,85
55	33,12
60	32,57
65	33,97
70	33,81
75	34,71
80	35,32
85	35,47
90	35,73
95	36,45
100	36,57
105	36,72
110	36,45

115	33,57
120	35,27
125	37,43
130	35,69
135	32,63
140	34,38
145	35,83
150	34,21
155	34,49
160	34,33
165	34,98
170	33,97
175	34,36
180	34,63
185	33,65
190	34,78
195	34,95
200	33,75
205	34,78
210	34,57
215	33,35
220	34,97
225	34,69
230	33,73



Gambar 5. 1 Grafik Data di Lokasi 1 (Depan Rektorat)

Nilai Rata-rata

Jumlah total angka = 1532.70

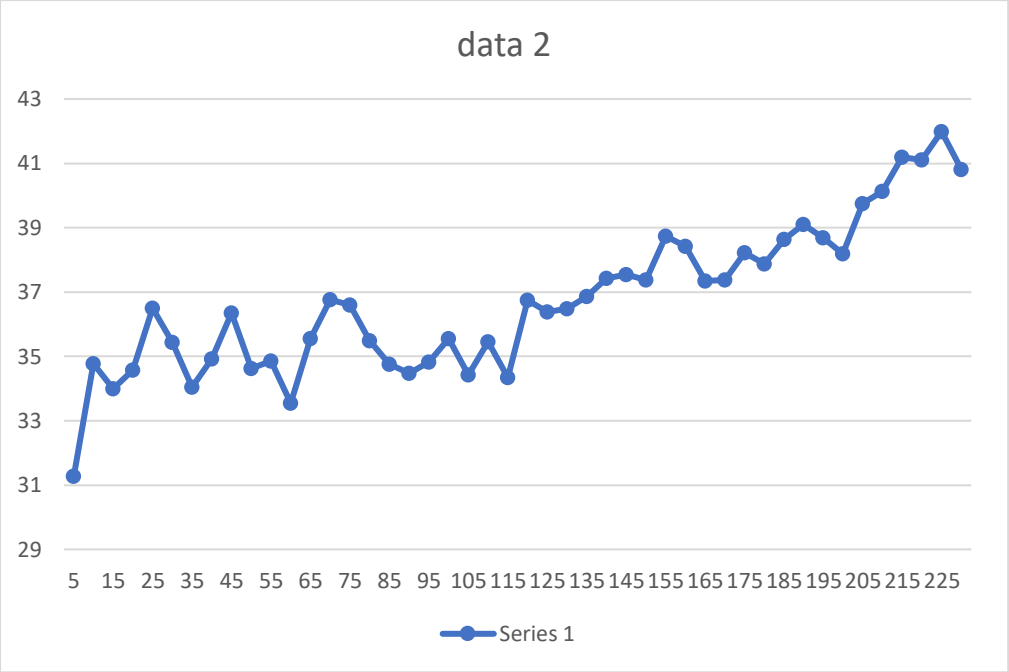
Jumlah data = 46

Rata-rata = 1532.7046 / 46 = 33.32

Tabel 5. 6 Data di Lokasi 2 (Parkiran Umpar)

Time (mnt)	Suhu (°c)
5	31,28
10	34,78
15	33,99
20	34,57
25	36,49
30	35,43
35	34,05
40	34,93
45	36,35
50	34,63
55	34,86
60	30,85
65	35,55
70	36,76
75	36,59
80	35,49
85	34,75
90	34,47
95	34,83
100	35,56
105	34,43
110	35,45

115	34,35
120	36,74
125	36,39
130	36,48
135	36,86
140	37,43
145	37,54
150	37,38
155	38,74
160	38,43
165	37,34
170	37,37
175	38,23
180	37,87
185	38,63
190	39,11
195	38,69
200	38,19
205	39,75
210	40,13
215	41,19
220	41,11
225	41,99
230	40,81



Gambar 5. 2 Grafik Data di Lokasi 2 (Parkiran Umpar)

Nilai Rata-rata

Jumlah angka = 1624.68

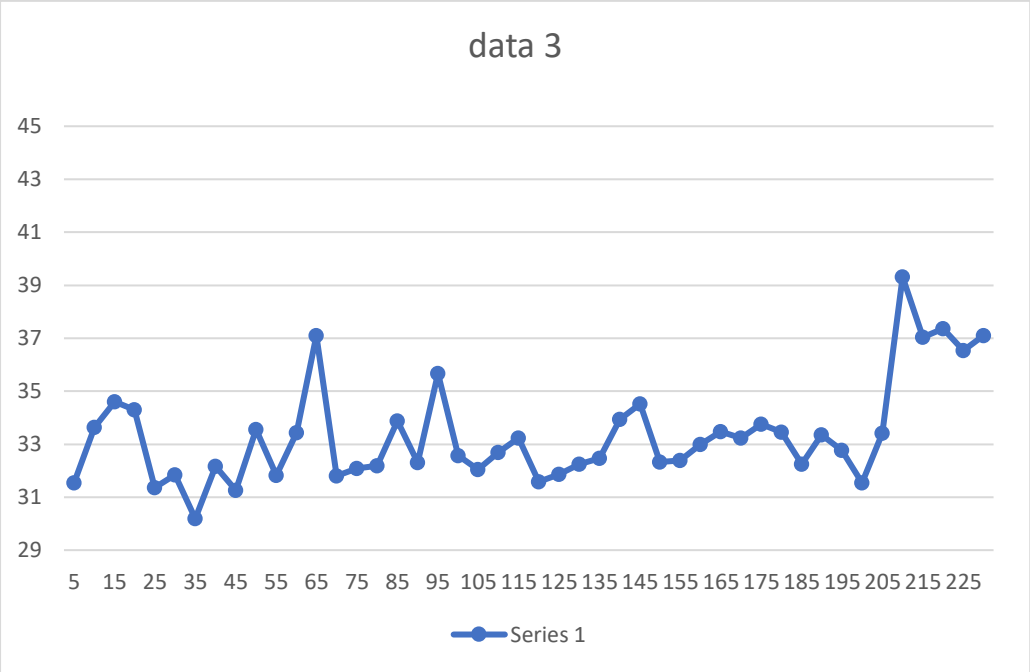
Jumlah data = 46

Rata-rata = 1624.6846 \ 46 = 35.32

Tabel 5. 7 Data di Lokasi 3 (Depan Sekret)

Time (mnt)	Suhu (°c)
5	31,53
10	33,63
15	34,61
20	34,29
25	31,35
30	31,85
35	30,19
40	32,17
45	31,25
50	33,55
55	31,83
60	33,43
65	37,09
70	31,81
75	32,09
80	32,19
85	33,87
90	32,31
95	35,66
100	32,57
105	32,05
110	32,68

115	33,24
120	31,58
125	31,86
130	32,25
135	32,47
140	33,93
145	34,53
150	32,33
155	32,39
160	32,98
165	33,47
170	33,24
175	33,75
180	33,46
185	32,25
190	33,35
195	32,76
200	31,53
205	33,42
210	39,31
215	37,03
220	37,35
225	36,53
230	37,09

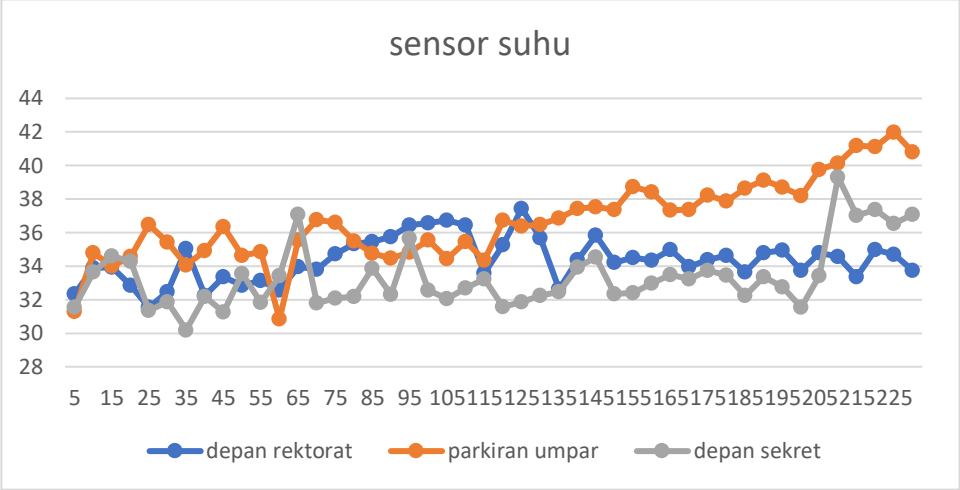


Gambar 5. 3 Grafik Data di Lokasi 3 (Depan Sekret)

Jumlah total = 1516.80

Jumlah data = 46 angka

Rata-rata = 1516.8046 = 32.97 \ 46 = 32.97



Gambar 5 . 4 Grafik Gabungan Ke 3 Lokasi

Berdasarkan hasil pengukuran suhu di tiga lokasi berbeda selama periode 230 menit, ditemukan bahwa suhu rata-rata tertinggi terdapat di Lokasi 2 (Parkiran Umpar) dengan nilai 35,32°C, sedangkan suhu rata-rata terendah terdapat di Lokasi 1 (Depan Rektorat) sebesar 33,32°C, dan Lokasi 3 (Depan Sekret) berada di tengah dengan rata-rata suhu sekitar 33,49°C. Lokasi 2 menunjukkan tren suhu yang meningkat secara signifikan, bahkan mencapai suhu maksimum hingga 41,99°C, yang menunjukkan bahwa area tersebut memiliki paparan panas lebih tinggi, kemungkinan disebabkan oleh permukaan, kurangnya *vegetasi*, dan minimnya naungan.

Lokasi 1 dan Lokasi 3 menunjukkan fluktuasi suhu yang lebih stabil dengan puncak suhu yang tidak terlalu ekstrem, mengindikasikan adanya faktor lingkungan yang lebih mendukung seperti bayangan atau sirkulasi udara yang lebih baik. Secara keseluruhan, perbedaan suhu di tiap lokasi mencerminkan pengaruh langsung dari kondisi fisik lingkungan terhadap kenyamanan termal.

5.2 Pengujian Pemecahan Masalah

1. Evaluasi Terhadap Rumusan Masalah

Tabel 5. 8 rumusan masalah dan efektivitas solusi

Rumusan Masalah	Evaluasi Efektivitas Solusi
1. Bagaimana mengetahui parameter penting dalam pemetaan potensi energi surya di Kampus Universitas Muhammadiyah Parepare?	Sistem berhasil mengidentifikasi parameter utama, yaitu dan suhu lingkungan, yang merupakan indikator penting dalam pemetaan potensi energi surya. Penggunaan sensor suhu plat memberikan data yang akurat dan relevan untuk analisis potensi energi matahari di lingkungan kampus.
2. Bagaimana melakukan sistem instrumentasi terhadap parameter-parameter penting dalam pemetaan potensi energi surya di Kampus Universitas Muhammadiyah Parepare?	Sistem instrumentasi yang dirancang menggunakan ESP32, sensor, dan media penyimpanan SD card mampu mengukur, menampilkan, dan merekam data secara *real-time*. Alat ini portabel dan efisien, serta mudah digunakan di berbagai titik lokasi kampus, menjadikannya solusi efektif untuk mendukung proses pemetaan energi surya.

2. Evaluasi Efektivitas Solusi

Tabel 5. 9 efektivitas Solusi

Aspek yang Dianalisis	Permasalahan Awal	Solusi yang Diberikan	Hasil Pengujian	Analisis Efektivitas
Identifikasi Parameter Penting	Belum adanya data atau metode untuk mengetahui parameter yang menentukan potensi energi surya di kampus.	Menggunakan sensor intensitas cahaya dan suhu plat untuk mengukur parameter utama.	Sensor mampu mendeteksi perubahan intensitas cahaya dan suhu sesuai dengan kondisi lingkungan.	Parameter penting berhasil diidentifikasi dan diukur secara akurat; solusi efektif menjawab kebutuhan pemetaan dasar.
Pengumpulan Data	Tidak adanya sistem untuk mengumpulkan data potensi surya secara berkelanjutan.	Menggunakan ESP32 dan SD card module untuk mencatat data secara otomatis.	Data tercatat secara kontinu selama uji coba dengan format waktu, suhu, dan lux.	Sistem mampu mengakuisisi dan menyimpan data secara efisien; mendukung analisis lebih lanjut.
Portabilitas Alat	Sulit membawa alat ukur ke	Sistem dirakit dalam casing	Alat mudah dipindahkan dan	Mobilitas tinggi memungkinkan pemetaan

Aspek yang Dianalisis	Permasalahan Awal	Solusi yang Diberikan	Hasil Pengujian	Analisis Efektivitas
	berbagai lokasi di area kampus.	portabel dan ringan.	digunakan di beberapa titik lokasi.	menyeluruh; solusi sangat efektif untuk skala kampus.
Real-time Display	Tidak ada tampilan langsung hasil pengukuran.	Ditambahkan LCD 16x2 untuk tampilan data langsung.	Data suhu dan cahaya tampil langsung di layar LCD saat sensor aktif.	Memberikan kemudahan monitoring cepat di lapangan; mendukung proses validasi langsung.
Kesesuaian untuk Pemetaan	Tidak ada sistem yang menghasilkan data spasial untuk pemetaan potensi surya.	Sistem dapat digunakan berulang kali di berbagai lokasi dan waktu.	Data bervariasi sesuai lokasi dan waktu; memberikan dasar pemetaan.	Solusi mendukung proses pemetaan potensi energi surya dengan data valid dan representatif.

BAB VI

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Proyek sistem instrumentasi sensor suhu untuk pemetaan potensi energi surya di Universitas Muhammadiyah Parepare telah berhasil dirancang, dibangun, dan diuji. Sistem ini, yang menggunakan ESP32 sebagai mikrokontroler utama, sensor DHT22 untuk pengukuran suhu, dan LCD 16x2 untuk tampilan data real-time, mampu mengumpulkan dan merekam data suhu di berbagai lokasi kampus. Hasil pengujian menunjukkan fluktuasi suhu yang bervariasi di setiap lokasi, dipengaruhi oleh faktor-faktor lingkungan seperti paparan sinar matahari langsung, material permukaan, dan sirkulasi udara. Meskipun sistem saat ini hanya mengukur suhu, data yang dikumpulkan memberikan gambaran awal tentang potensi energi surya di kampus keberhasilan proyek ini ditunjukkan oleh kemampuan sistem dalam mengidentifikasi parameter penting (suhu), mengumpulkan data secara real-time, dan memberikan tampilan data yang mudah dibaca. Sistem ini juga *portabel* dan mudah dioperasikan, sehingga efektif untuk pemetaan potensi energi surya di lingkungan kampus yang luas.

6.2 Saran

Berikut beberapa saran untuk pengembangan dan penyempurnaan sistem:

- Penambahan Sensor: Integrasi sensor intensitas cahaya (misalnya, BH1750) akan memberikan data yang lebih komprehensif untuk pemetaan potensi energi surya. Data suhu dan intensitas cahaya secara bersamaan

akan memungkinkan analisis yang lebih akurat tentang potensi energi yang dapat dihasilkan di setiap lokasi.

- Peningkatan Akurasi: Kalibrasi berkala sensor DHT22 dan penggunaan pelindung yang lebih baik untuk melindungi sensor dari kondisi lingkungan yang ekstrem akan meningkatkan akurasi data yang dikumpulkan. Pertimbangan terhadap kelembaban udara dan kecepatan angin sebagai parameter tambahan juga perlu dipertimbangkan.
- Pengembangan Perangkat Lunak: Perangkat lunak dapat dikembangkan lebih lanjut untuk menyediakan analisis data yang lebih canggih, termasuk pembuatan peta potensi energi surya dan prediksi produksi energi. Integrasi dengan platform cloud akan memungkinkan akses *real-time* dan pemantauan jarak jauh terhadap data.
- Analisis Spasial: Data suhu yang telah dikumpulkan perlu dianalisis secara spasial untuk menghasilkan peta distribusi suhu di kampus. Ini akan membantu mengidentifikasi area dengan potensi energi surya yang paling tinggi. Pemetaan lokasi secara detail dengan koordinat GPS dapat meningkatkan ketepatan data spasial.
- Pengujian yang Lebih *Ekstensif*: Pengujian yang lebih *ekstensif* perlu dilakukan pada berbagai kondisi cuaca dan waktu yang berbeda untuk memvalidasi kinerja sistem dalam jangka panjang.
- Studi Komparatif: Melakukan studi komparatif antara data yang diperoleh dari sistem instrumentasi dengan data dari sumber lain (misalnya, data cuaca dari BMKG) akan membantu dalam validasi dan interpretasi hasil

DAFTAR PUSTAKA

Al-Alawi, A., & Al-Marri, A. (2015). A comprehensive review of solar energy applications in the Gulf Cooperation Council (GCC) countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 48*, 584–601.

Choi, W. C., Cho, J., & Lee, S. K. (2019). Development of a multi-sensor system for the precise measurement of solar radiation. *Sensors, 19*(11), 2548.

Chou, J. S., & Le, D. H. (2017). Forecasting the global solar power market using a hybrid grey model. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 76*, 1568–1577.

Dubey, R. K., Kumar, S., & Upadhyay, A. K. (2020). Design and implementation of an IoT-based smart solar power monitoring system. *International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT), 9*(3), 232–237.

Espressif Systems. (2019). *ESP32 technical reference manual*. Espressif Systems.

Gevorkian, P. (2017). *Solar power in building design: The solar energy handbook*. McGraw-Hill Education.

Han, C., Sun, S., & Li, C. (2016). Research on solar energy resource assessment based on multi-sensor information fusion. *Energy Procedia, 88*, 723–728.

Ismail, S., Ariffin, A., & Razali, N. (2022). Development of an IoT-based real-time monitoring system for solar photovoltaic performance. *Journal of King Saud University - Engineering Sciences, 34*(8), 612–620.

Kumar, A., Singh, B. N., & Kumar, S. (2021). A review on solar energy utilization and its applications. *Materials Today: Proceedings, 46*, 4954–4960.

Liu, Y., Fan, Y., & Wei, R. (2019). An intelligent monitoring system for solar PV array based on multi-sensor data fusion. *Energy Reports, 5*, 107–113.

Narayana, M., & Kumar, R. (2018). Design and implementation of a wireless sensor network for solar panel monitoring. *Procedia Computer Science, 132*, 166–175.

Peronato, G., Habert, G., & Luterbacher, J. (2018). Multi-criteria optimization of building integrated photovoltaics for energy autonomy and visual comfort. *Solar Energy, 174*, 25–39.

Rui Santos, & Santos, S. (2018). *ESP32 development board: Programming with Arduino IDE*. RNT Press.

Saravanan, S., & Ramakrishna, K. (2023). IoT-enabled smart solar power monitoring and control system: A comprehensive review. *Journal of Cleaner Production, 385*, 135456.

Singh, R., & Kumar, A. (2015). A review of solar radiation measurement techniques and instruments. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 43*, 111–125.