

# Sistem Mandiri Energi Pada Alat Deteksi Total Suspended Particulate

Muhammad Rifki Gunawan<sup>1</sup>, Asep Andang<sup>2</sup>, Aripin<sup>3</sup>

[Submission: 20-05-2024, Accepted: 03-12-2024]

**Abstract**— Many IoT systems depend on fossil energy. Therefore, with this research, an Energy Independent System was developed on the TSP Detection Tool, namely an IoT monitoring system that is able to fulfill its own energy without PLN energy. The purpose of this research is to create a TSP monitoring system that is able to fulfill its own energy for 24 hours. The research consists of collecting tools and materials, making and assembling the unit testing system, testing energy independence, testing wireless transmission of particulate data. The system consists of nodes, Gateway, DHT22 sensor, SEN1077 sensor, anemometer sensor, wind direction sensor, battery and mppt. The average energy generated during the test was 65.3WH, the energy generated each day tends to be different, this is due to the fact that the energy generated is different from the energy generated during the test.

tends to be different due to fluctuations in solar irradiation that are not constant. In sending data wirelessly to the android application, the data received is the same as the data sent, it's just that there is a delay in sending data Which is less than one second. Based on energy independent testing

obtained there is a difference in energy in some tests, the system is still able to operate independently without PLN energy, due to the presence of Backup energy. In the research the system managed to fulfill its own energy but the system needs data transmission management so that the system can run in the long term.

**Intisari**— Sistem IoT banyak yang bergantung pada energi fosil. Oleh karena itu dengan penelitian ini di kembangkanlah Sistem Mandiri Energi pada Alat Deteksi TSP yaitu sistem IoT monitoring yang mampu memenuhi energinya sendiri tanpa energi PLN. Tujuan penelitian ini yaitu membuat sistem monitoring TSP yang mampu memenuhi energinya sendiri selama 24 jam, Penelitian terdiri dari pengumpulan Alat dan bahan, pembuatan dan perakitan sistem pengujian unit, pengujian Mandiri energi pengujian pengiriman data partikulat secara nirkabel. Sistem terdiri dari node, Gateway, sensor DHT22, sensor SEN1077, sensor anemometer, sensor arah angin, baterai dan mppt. Rata rata energi yang di hasilkan selama pengujian 65,3WH, energi yang di hasilkan tiap harinya.

Cendrung berbeda karena fluktuasi iradiasi matahari yang tidak konstan. Dalam pengiriman data secara nirkabel ke aplikasi

android, data yang di terima sama dengan data yang di kirim hanya saja ada keterlambatan dalam pengiriman data yaitu kurang dari satu detik. Berdasarkan pengujian mandiri energi.

Diperoleh terjadi selisih energi pada beberapa pengujian, sistem tetap mampu beroperasi secara mandiri tanpa energi PLN, di karenakan adanya energi Cadangan. Dalam penelitian sistem berhasil memenuhi energinya sendiri tetapi sistem perlu manajemen pengiriman data sehingga sistem dapat berjalan secara jangka Panjang.

**Kata Kunci**—IoT;Mandiri Energi;Energi Surya;Partikulat

## I. PENDAHULUAN

Industri pabrik gula menghasilkan berbagai jenis limbah, seperti limbah padat, gas, dan cair. Limbah-limbah ini menjadi masalah lingkungan karena dapat memberikan dampak negatif terhadap ekosistem sekitarnya. [1].

Salah satu jenis limbah gas yang dihasilkan oleh pabrik gula adalah partikel-partikel, termasuk Total Suspended Particulate (TSP) dengan diameter kurang dari 30  $\mu\text{m}$ , PM10 dengan diameter kurang dari 10  $\mu\text{m}$ , PM2.5 (partikulat halus) dengan ukuran 2.5  $\mu\text{m}$  yang mampu menembus saluran pernapasan hingga mencapai alveoli dan paru-paru, serta partikulat ultra-halus dengan ukuran 0.1  $\mu\text{m}$ . [2].

Dengan kemajuan teknologi yang pesat, kadar partikulat di udara dapat dipantau dan dimonitor dengan praktis menggunakan bantuan Internet of Things (IoT). Pemantauan dapat dilakukan secara real-time dan akurat, memungkinkan kita untuk mengantisipasi peningkatan kadar partikulat dengan cepat. Sistem Informasi Lingkungan Hidup adalah gabungan antara teknologi informasi dan interaksi manusia yang menggunakan teknologi tersebut untuk mendukung operasional dan manajemen lingkungan hidup [3].

Revolusi industri 4.0 mengutamakan efisiensi dan kemudahan dalam pekerjaan melalui teknologi yang meminimalkan interaksi langsung antara manusia dan perangkat, maupun antar manusia. Konsep ini dikenal sebagai Internet of Things (IoT). [4].

Internet of Things (IoT) adalah sistem tertanam yang dirancang untuk memanfaatkan koneksi internet secara terus-menerus. [5].

Dalam penggunaan teknologi Internet of Things (IoT) pada umumnya masih menggunakan energi fosil dengan jumlah yang terbatas. Adapun alternatif lain untuk mengantisipasi penggunaan energi fosil kita bisa menggunakan energi terbarukan seperti energi panas bumi, energi angin, dan energi matahari.

Telkom Indonesia telah meraih penghargaan bergengsi di bidang Green Building, termasuk "Green Building Award," yang mengakui komitmen perusahaan terhadap keberlanjutan

p-ISSN:1693 – 2951; e-ISSN: 2503-2372

<sup>1</sup>Mahasiswa, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Siliwangi, Jl Siliwangi no 24 Tasikmalaya 46116, (telp: 0895609140908; e-mail: 187002044@student.unsil.ac.id)

<sup>2</sup>Dosen, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Siliwangi, Jl Siliwangi no 24 Tasikmalaya 46116, (telp: 081220913051; e-mail: andhang@unsil.ac.id)

<sup>3</sup>Dosen, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Siliwangi, Jl Siliwangi no 24 Tasikmalaya 46116, (telp: 085241904636; e-mail: aripin@unsil.ac.id)



lingkungan. Penghargaan ini diberikan atas keberhasilan Telkom dalam merancang dan mengelola bangunan dengan teknologi hijau, seperti pemanfaatan energi surya dan manajemen limbah.[6].

Pemanfaatan energi terbarukan (EBT) melalui tenaga surya dilakukan dengan menggunakan sel surya untuk mengubah radiasi panas matahari menjadi energi listrik. Sistem ini mendukung peningkatan penggunaan energi bersih, khususnya pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). [7].

Indonesia adalah negara tropis yang terletak di garis khatulistiwa, sehingga memiliki potensi besar untuk menerima panas matahari. Berdasarkan data, penyinaran matahari global di Indonesia berkisar antara 1700-1950 kWh/m<sup>2</sup> per tahun atau sekitar 4,66-5,34 kWh/m<sup>2</sup> per hari. Oleh karena itu, penting untuk memanfaatkan potensi energi matahari ini menjadi energi listrik. [8].

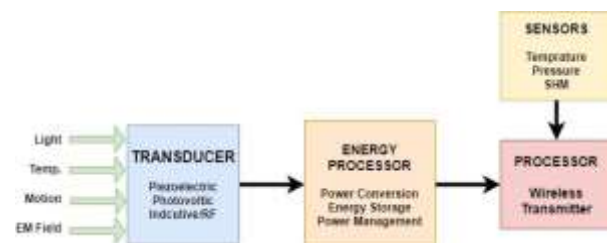
Dengan potensi penyinaran matahari yang besar di Indonesia dan berdasarkan uraian dari permasalahan diatas, oleh karena itu pemanfaatan energi surya menjadi pilihan yang tepat salah satunya dalam merancang sistem monitoring kadar partikulat di udara dari jarak jauh dengan menggunakan energi surya, yang dituangkan dalam judul “Sistem Mandiri Energi Pada Alat Deteksi TSP”.

## II. STUDI PUSTAKA

### A. Energy Harvesting

Pemanenan energi, atau *energy harvesting*, adalah metode inovatif untuk memperoleh energi dari sumber daya alam yang terbarukan tanpa menimbulkan kerusakan pada lingkungan. Proses ini melibatkan pengambilan energi alam dan mengubahnya menjadi sumber energi yang dapat dimanfaatkan oleh manusia untuk kebutuhan sehari-hari. Listrik yang dihasilkan berasal dari sumber daya alam yang tersedia, seperti energi angin dan sinar matahari. [9].

Sistem *energy harvesting* adalah kombinasi dari beberapa subsistem yang bekerja secara paralel, di mana pembangkit listrik memiliki peran kunci yang bertanggung jawab untuk menggerakkan perangkat IoT. Pemanenan energi untuk perangkat berdaya rendah dari sumber seperti termal, matahari, angin, frekuensi radio, suara, dan lain lain telah dilakukan secara efisien selama dekade terakhir [10].



Gambar 2: Alur Kerja Energy Harvesting.

Catu daya node sensor merupakan tantangan besar *node* sensor yang dapat dipakai secara mandiri, karena banyak perangkat memerlukan penggantian atau pengisian baterai secara teratur. Untuk memungkinkan operasi jangka panjang

dan meminimalkan interaksi manusia node sensor yang dapat dipakai, sistem harus berdaya rendah konsumsi dan mengadopsi Energi Harvesting [11].

Dengan menggunakan konsep Energi Harvesting di harapkan sistem yang dibuat mampu bekerja selama 24 jam dengan hanya menggunakan Energi yang di dapatkan dari alam sehingga bisa disebut sebagai Sistem Mandiri Energi.

### B. Energi Surya

Energi surya adalah energi yang didapat dengan mengubah energi panas surya (matahari) melalui peralatan tertentu menjadi sumber daya dalam bentuk lain. Energi surya merupakan energi yang ramah lingkungan. Penggunaan energi ramah lingkungan merupakan solusi yang layak untuk memenuhi kebutuhan listrik.[12]. Energi surya menjadi salah satu sumber pembangkit daya selain air, uap, angin, biogas, batu bara, dan minyak bumi. Berdasarkan data penyinaran matahari yang dihimpun dari 18 lokasi di Indonesia, radiasi surya di Indonesia dapat diklasifikasikan berturut-turut sebagai berikut: (a). Kawasan Barat Indonesia (KBI) dengan distribusi penyinaran sekitar 4,5 kWh/m<sup>2</sup>/hari dengan variasi bulanan 10% (b). Kawasan Timur Indonesia (KTI) dengan distribusi penyinaran sekitar 5,1 kWh/m<sup>2</sup>/hari dengan variasi bulanan sekitar 9%.[13]. Cahaya matahari merupakan sumber energi bersih karena tidak menghasilkan polusi udara. Disisi lain, cahaya matahari

juga merupakan energi terbarukan yang tidak akan habis seperti sumber energi fosil pada umumnya. Untuk memanen energi matahari dan mengubahnya menjadi energi listrik, dibutuhkan piranti yang disebut solar panel/panel surya [14].

Terkadang terdapat perubahan tak terduga dalam ketersediaan kemampuan energi matahari membuat energi yang dipanen relatif kecil dibandingkan terhadap kepadatannya. Selain tantangan-tantangan ini, pemanenan energi ringan menjanjikan digunakan di banyak aplikasi IoT berdaya rendah, mulai dari dari rumah pintar hingga aplikasi pertanian skala besar [15].

### C. Panel Surya

Sel surya adalah perangkat yang mengubah energi sinar matahari menjadi energi listrik melalui proses yang disebut efek fotovoltaik. Oleh karena itu, perangkat ini juga dikenal sebagai sel fotovoltaik (*Photovoltaic cell* atau PV). [16]. Selama panel surya beroperasi di bawah sinar matahari, energi radiasi matahari dikonversi menjadi energi listrik dan terjadi peningkatan temperatur sel-sel surya [17].



Gambar 1: Sistem Arsitektur Device yang digunakan

### D. Maximum Power Point Tracking (MPPT)

Sistem *Maximum Point Tracker* (MPPT) adalah perangkat elektronik yang berfungsi untuk mengubah titik operasi panel surya. Salah satu metode sederhana yang dapat digunakan pada

sistem MPPT adalah dengan menyesuaikan tegangan, baik menaikkan maupun menurunkannya, hingga ditemukan titik daya maksimum pada panel surya. [18].

Daya keluaran yang maksimum ini akan mendapatkan nilai hasil rasio daya yang tinggi sehingga mengurangi rugi-rugi pada panel surya [19].

Untuk menghitung nilai efisiensi pada mppt bisa menggunakan persamaan berikut:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (1)$$

$\eta$  merupakan efisiensi dengan satuan persen,  $P_{out}$  merupakan daya scc, dan  $P_{in}$  merupakan daya panel surya.

### E. Energi Listrik

Daya listrik adalah jumlah energi listrik yang digunakan dalam suatu periode waktu tertentu. Biasanya, daya listrik dinotasikan dengan huruf kapital P [20].

Energi listrik merupakan akumulasi dari daya Listrik yang digunakan dalam periode tertentu, bisa dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$E = P \times t \quad (2)$$

$$E = Ah \times V \quad (3)$$

Energi listrik, yang dinotasikan sebagai E, diukur dalam satuan Watt-hour (Wh) atau kilowatt-hour (kWh), sedangkan daya listrik, dinotasikan sebagai P, diukur dalam satuan Watt (W). Simbol t biasanya mewakili waktu dalam jam (h). E juga dapat dihitung dengan mengalikan jumlah ampere-hour (Ah) dengan tegangan (V)

### F. Penelitian terkait

Berdasarkan Penelitian Rancang bangun sensor kualitas udara mandiri energi didasari penelitian – penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan Rancang bangun sistem monitoring partikel, berikut adalah beberapa penelitian terkait:

Penilaian Kinerja Sensor PM2.5 Berbiaya Rendah untuk Periode Empat Bulan dekat di Oslo, Norwegia dengan nama peneliti Hai-Ying Liu, Philipp Schneider, Rolf Haugen, dan Matthias Vogt pada tahun 2019, membahas kinerja kelayakan sensor SDS011 selama empat bulan di Oslo Norwegia, sensor yang digunakan berjumlah empat dan dibandingkan pengukurannya dengan stasiun pemantauan kualitas udara.

Rancang bangun alat ukur konsentrasi massa PM2.5 Berbasis Optik dengan nama peneliti Niki Adi Negoro, Indra Chandra, dan Ismudiati Puri Handayani pada tahun 2020, membahas rancang bangun alat ukur konsentrasi massa PM2.5 dengan laser diode 405nm.

Penelitian yang dilakukan oleh Ashari Sya'bani, Indra Chandra, Lutfi Iqbal Majid, Furqan Vaicdan, Robbi Adam Aldino Barus, Arief Abdurrachman, dan Rahmat Awalud pada tahun 2020 membahas tentang pemantauan konsentrasi PM2.5 dan CO2 secara real-time menggunakan sensor berbiaya rendah di cekungan udara Bandung Raya. Penelitian ini dilakukan pada rentang waktu 12 Maret hingga 25 April 2019. Sensor PM2.5, CO2, dan detektor parameter meteorologi telah dikalibrasi di laboratorium sebelumnya. Penempatan alat

pengukur dilakukan di dua lokasi, yaitu Gedung Tokong Nanas (Lokasi 1 / L1) dan Gedung Deli (L2), Universitas Telkom, Bandung, dengan perbedaan jarak sekitar  $\pm 300$  m dan ketinggian sekitar  $\pm 20$  m.

Sementara itu, penelitian lain yang dilakukan oleh A Y P Wardoyo, H A Dharmawan, M Nurhuda, dan E T P Adi pada tahun 2020 fokus pada optimalisasi sistem pengukuran konsentrasi PM2.5 menggunakan sensor NOVA SDS011. Sistem ini telah dikalibrasi dengan menggunakan monitor debu Kanomax 3443, dan hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem tersebut berfungsi dengan baik.

Penelitian yang dilakukan oleh Matías Tagle, Francisca Rojas, Felipe Reyes, Yeanice Vásquez, Fredrik Hallgren, Jenny Lindén, Dimitar Kolev, Ågot K. Watne, dan Pedro Oyola pada tahun 2020 membahas tentang kinerja lapangan sensor berbiaya rendah dalam pemantauan partikel di Santiago, Chile. Penelitian ini memfokuskan pada integrasi sensor kualitas udara murah dengan Internet of Things (IoT), dengan pembuatan prototipe menggunakan sensor SDS011. Uji lapangan dilakukan di tiga stasiun pemantauan regulasi selama musim dingin austral 2018 dan musim semi.

Perbedaan yang diteliti dengan penelitian sebelumnya yaitu pada penelitian sebelumnya belum menggunakan sistem mandiri energi dan masih menggunakan energi dari Energi Listrik dari penyedia Listrik seperti PLN. Oleh karena itu penulis berfokus mengembangkan sistem mandiri energi yang mampu bertahan selama 24 jam menggunakan energi surya pada alat deteksi TSP (Total Suspended Particulate).

## III. METODOLOGI

### A. Sistem Arsitektur Device yang di buat

Gambar 2 merupakan Sistem Arsitektur Device yang digunakan menggunakan dua modul LoRa sebagai node atau transceiver dan satu lagi sebagai gateway atau penerima data, node akan mengirim data ke gateway menggunakan jaringan LoRa dan gateway akan menerima data dari node setelah data diterima, gateway akan kembali mengirimkan data ke server dan setelah itu data akan di tampilkan pada aplikasi android.

### B. Langkah penelitian Mandiri Energi

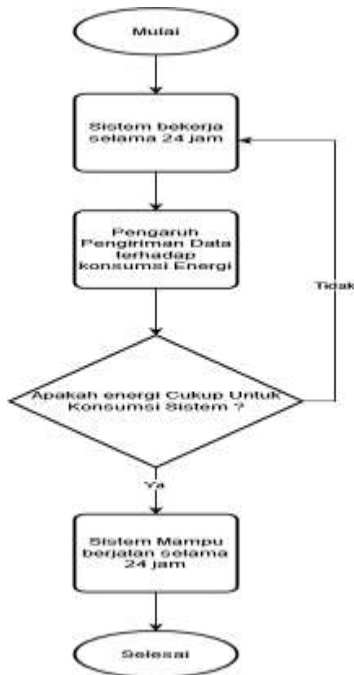
Gambar 3 merupakan flowchart pengujian sistem mandiri energi, di tujukan untuk mengetahui sistem catu daya mampu memenuhi energinya selama 24 jam, penelitian dilakukan selama 24 jam dan memantau sistem apakah sistem mampu berjalan dengan normal selama 24 jam atau tidak dan melihat pengaruh Pengiriman data terhadap konsumsi daya.

### C. Langkah penelitian Pengiriman data partikulat secara nirkabel ke aplikasi android

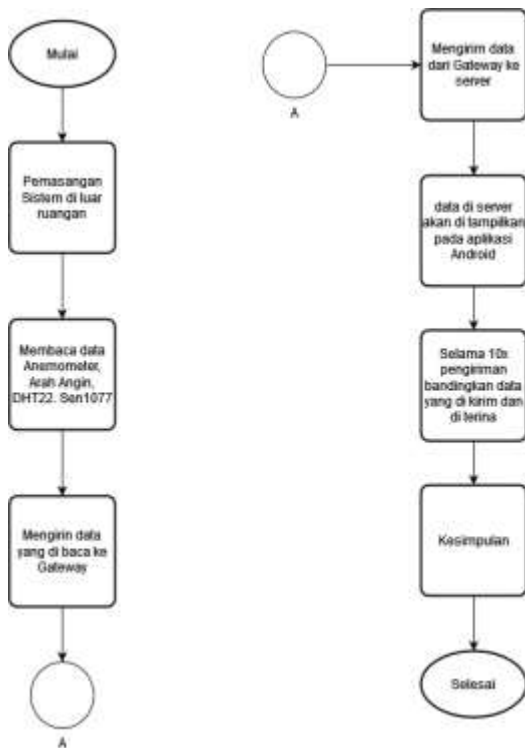
Gambar 4 merupakan flowchart penelitian pengiriman data partikulat secara nirkabel ke Aplikasi Android dalam Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana node mengirim data ke aplikasi android, data yang dikirim dan diterima akan di bandingkan untuk mengetahui jika datanya sama atau tidak, selain itu pengujian ini juga dilakukan untuk mengetahui



bagaimana keterlambatan pengiriman data dan data yang diterima.



Gambar 3: Flowchart Pengujian Sistem Mandiri Energi



Gambar 4: Flowchart Pengujian Pengiriman Data Partikulat secara Nirkabel ke Aplikasi Android

Pengambilan data di dilakukan untuk mengetahui sistem yang di buat mampu berjalan 24 jam tanpa energi tambahan seperti energi Listrik PLN. Selain itu juga untuk mengetahui perbedaan konsumsi energi pada beberapa nilai *delay* pengiriman data system, dan juga penulis mencoba pengiriman data Sistem ke Aplikasi Android yang di buat, data yang di kirim sama dengan yang di terima atau tidak.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini yang harus dituliskan adalah data-data yang didapatkan, analisis yang dilakukan termasuk didalamnya ulasan yang dilakukan secara mendalam dan disajikan dalam bentuk grafik, table ataupun gambar.

A. Pengujian Mandiri Energi

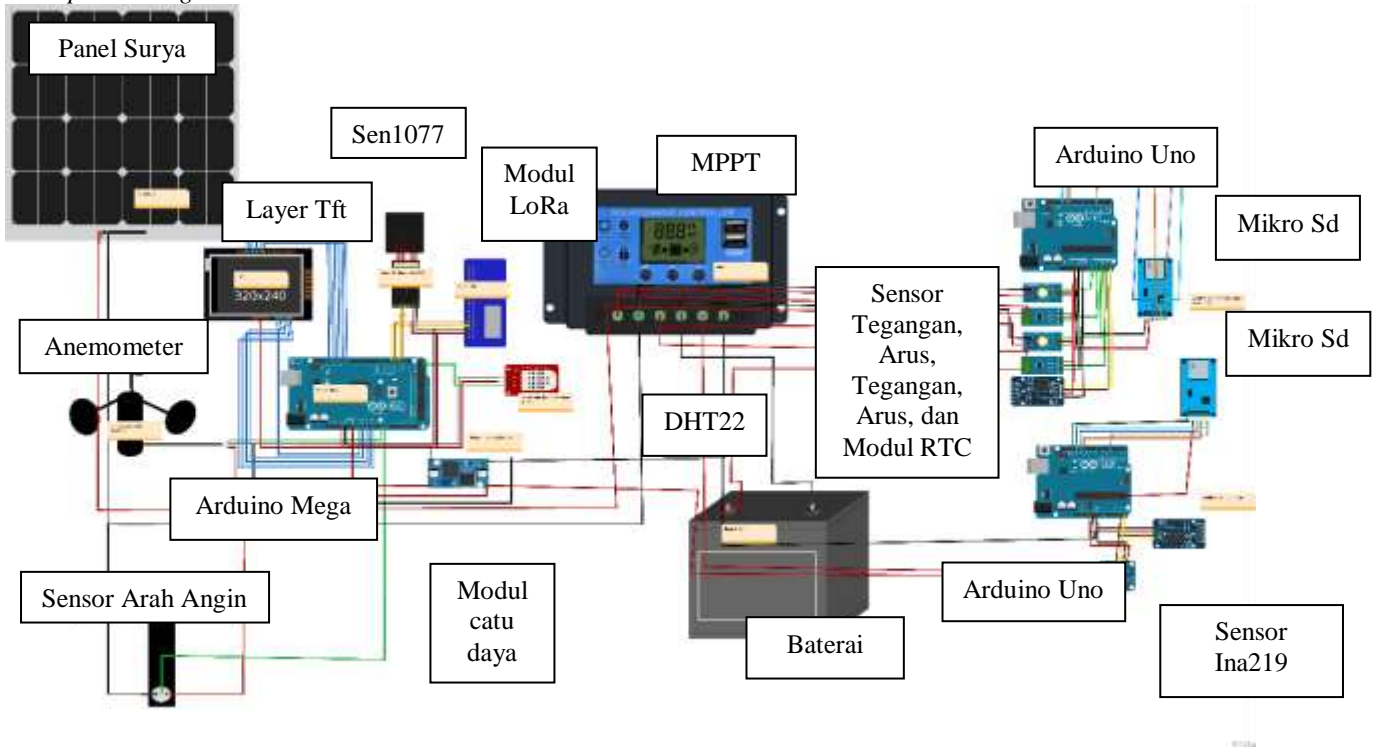
Pengujian Mandiri Energi dilakukan untuk mengukur jumlah energi yang dihasilkan dan dikonsumsi oleh sistem, dengan tujuan agar sistem dapat beroperasi secara mandiri selama periode 24 jam.

Untuk memahami bagaimana pengiriman data mempengaruhi konsumsi daya pada sistem pemantauan, kami melakukan pengujian mandiri energi dengan menghubungkan seluruh unit seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5. Pengujian ini dilakukan empat kali untuk mengidentifikasi pola konsumsi energi yang terkait dengan proses pengiriman data. Langkah ini penting untuk mengoptimalkan kinerja sistem pemantauan guna mencapai tingkat efisiensi yang lebih tinggi dan mengurangi konsumsi daya yang tidak perlu, sehingga sistem lebih hemat energi. Selain itu, pengujian ini dilakukan untuk memastikan bahwa sistem yang dibuat dapat beroperasi selama 24 jam tanpa mengandalkan energi surya.

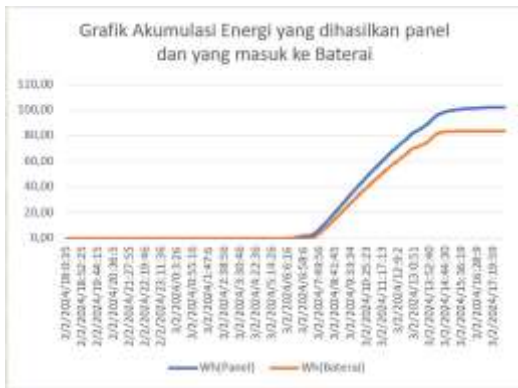
Gambar 6 merupakan grafik dari energi yang di hasilkan panel dan yang masuk ke baterai selama 24 jam, energi yang di hasilkan panel adalah 101,77 Wh sedangkan energi yang masuk ke baterai adalah 83,31 Wh. Dengan menggunakan rumus (1) maka  $\eta=83,31/101,77 \times 100\%$ , maka di dapatkan nilai efisiensi sebesar  $\eta=81,86\%$ .

Gambar 7 merupakan Grafik Energi yang di konsumsi oleh sistem selama 24 jam pada gambar tersebut di ketahui energi yang di konsumsi oleh sistem tersebut sebesar 70,18 Wh.

Dari analisis kedua grafik yang disajikan, terlihat bahwa energi yang diterima baterai dari panel surya mencapai 83,31 Wh, sementara konsumsi energi sistem hanya sebesar 70,13 WH. Perbedaan ini mengindikasikan bahwa sistem memiliki kelebihan energi sebesar 13,18 WH. Kelebihan energi ini akan menjadi cadangan ketika cuaca tidak Terik. Dari hasil pengujian ini memberikan gambaran yang jelas bahwa sistem mampu beroperasi secara mandiri selama 24 jam tanpa ketergantungan pada pasokan energi PLN. Dengan demikian, kesimpulan yang dapat diambil adalah sistem telah memenuhi kriteria sebagai sistem mandiri energi.



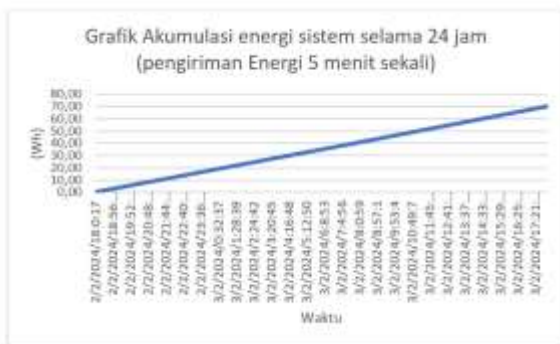
Gambar 7: Skematik Penguji Mandiri Energi



Gambar 6: Hasil Penguji Mandiri Energi dengan Pengiriman Data 5 Menit Sekali yang Dihasilkan oleh Panel Surya



Gambar 8: Hasil Penguji Mandiri energi dengan pengiriman data 3 menit sekali, yang di hasilkan oleh Panel surya



Gambar 5: Hasil Penguji Mandiri energi dengan pengiriman data 5 menit sekali, yang di konsumsi sistem

Gambar 8 merupakan grafik dari energi yang di hasilkan panel dan yang masuk ke baterai selama 24 jam, energi yang di hasilkan panel adalah 74,95 WH sedangkan energi yang masuk ke baterai adalah 59,39 WH. Dengan menggunakan rumus (1) maka  $\eta = 59,39 / 74,95 \times 100\%$ , maka di dapatkan nilai efisiensi sebesar  $\eta = 79,23\%$ .

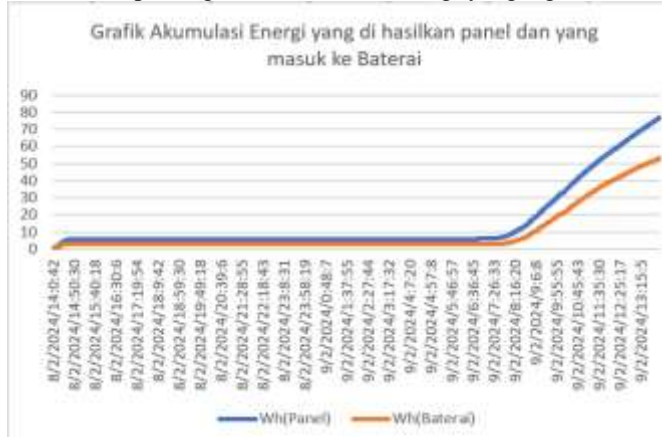
Gambar 9 merupakan Grafik Energi yang di konsumsi oleh sistem selama 24 jam pada gambar tersebut di ketahui energi yang di konsumsi oleh sistem tersebut sebesar 70,23 Wh.





Gambar 9: Hasil Pengujian Mandiri energi dengan pengiriman data 3 menit sekali, yang di konsumsi sistem.

Dari analisis kedua grafik yang disajikan, terlihat bahwa energi yang diterima oleh baterai mencapai 59,39 Wh, sementara konsumsi energi sistem mencapai 70,23 Wh. Perbedaan ini menunjukkan bahwa sistem mengalami defisit energi sebesar 10,84 Wh. Meskipun demikian, hal ini tidak mengurangi signifikansi pencapaian sistem dalam mengoperasikan dirinya secara mandiri. Meskipun ada kekurangan energi, sistem tetap mampu beroperasi tanpa ketergantungan pada pasokan energi PLN, mengindikasikan tingkat efisiensi yang cukup tinggi dalam pengelolaan sumber daya. Hasil pengujian ini menjadi bukti nyata bahwa sistem telah mencapai tingkat kemandirian energi yang signifikan.



Gambar 10: Hasil Pengujian Mandiri energi dengan pengiriman data 1 menit sekali, yang di dihasilkan oleh Panel surya

Gambar 10 merupakan grafik dari energi yang di dihasilkan panel dan yang masuk ke baterai selama 24 jam, energi yang di dihasilkan panel adalah 76,94 Wh sedangkan energi yang masuk ke baterai adalah 53,15 Wh. Dengan menggunakan rumus (1) maka  $\eta = 53,15 / 76,94 \times 100\%$ , maka di dapatkan nilai efisiensi sebesar  $\eta = 69,07\%$ .

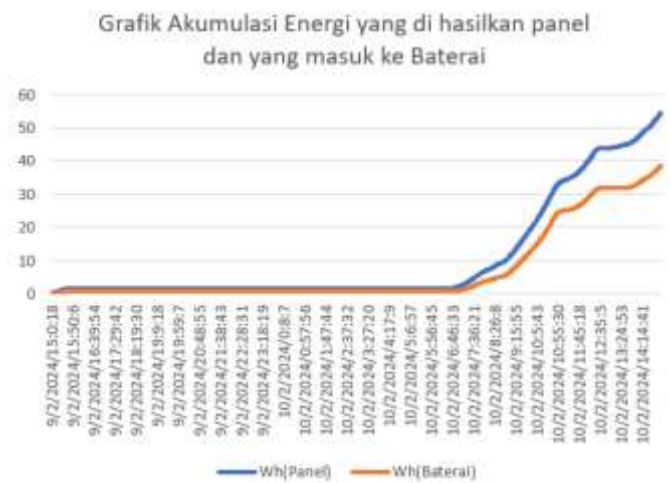
Gambar 11 merupakan Grafik Energi yang di konsumsi oleh sistem selama 24 jam pada gambar tersebut di ketahui energi yang di konsumsi oleh sistem tersebut sebesar 70,43 Wh.

Dari analisis kedua grafik yang disajikan, terlihat bahwa energi yang diterima oleh baterai mencapai 53,15 Wh, sementara konsumsi energi sistem mencapai 70,43 Wh. Perbedaan ini menunjukkan bahwa sistem mengalami defisit energi sebesar 17,28 Wh. Meskipun demikian, hal ini tidak mengurangi signifikansi pencapaian sistem dalam operasional mandiri. Meskipun ada kekurangan energi, sistem tetap mampu beroperasi tanpa ketergantungan pada pasokan energi PLN, di

karenakan masih terdapatnya cadangan energi ketika cuaca tidak Terik.



Gambar 11: Hasil Pengujian Mandiri energi dengan pengiriman data 1 menit sekali, yang di konsumsi sistem



Gambar 12: Hasil Pengujian Mandiri energi dengan pengiriman data tanpa delay, yang di dihasilkan oleh Panel surya

Gambar 12 merupakan grafik dari energi yang di dihasilkan panel dan yang masuk ke baterai selama 24 jam, energi yang di dihasilkan panel adalah 54,57 Wh sedangkan energi yang masuk ke baterai adalah 38,69 Wh. Dengan menggunakan rumus (1) maka  $\eta = 38,69 / 54,57 \times 100\%$ , maka di dapatkan nilai efisiensi sebesar  $\eta = 70,89\%$ .



Gambar 13: Hasil Pengujian Mandiri Energi dengan Pengiriman Data Tanpa Delay yang Dikonsumsi Sistem

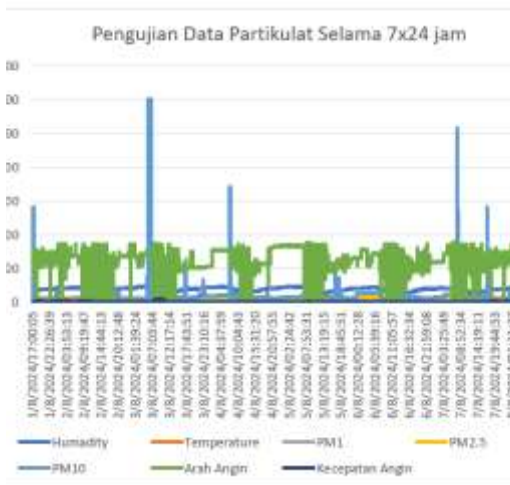
Gambar 13 merupakan Grafik Energi yang di konsumsi oleh sistem selama 24 jam pada gambar tersebut di ketahui energi yang di konsumsi oleh sistem tersebut sebesar 84,57 Wh.

Dari analisis kedua grafik yang disajikan, terlihat bahwa energi yang diterima oleh baterai mencapai 38,69 Wh, sementara konsumsi energi sistem mencapai 84,57 Wh. Meskipun demikian, hal ini tidak mengurangi signifikansi pencapaian sistem dalam operasional mandiri. Meskipun ada kekurangan energi, sistem tetap mampu beroperasi tanpa ketergantungan pada pasokan energi PLN, di karenakan masih terdapatnya cadangan energi ketika cuaca tidak Terik. Tetapi hal ini tentu buruk jika terjadi secara terus menerus, karena hal ini pengiriman data tanpa *delay* tidak disarankan.



Gambar 14: Pengujian data partikulat secara nirkabel

Dengan mengoptimalkan pengiriman data, dapat mengurangi konsumsi energi sistem tanpa mengorbankan kinerja. Langkah-langkah manajemen yang tepat dapat membantu memastikan bahwa sumber daya tersedia secara optimal untuk mendukung operasional sistem, mencegah kerentanan yang disebabkan oleh defisit energi yang berkelanjutan.



Gambar 15 Hasil Pengujian Data Monitoring yang di hasilkan oleh Node selama 7x24 jam

### B. Pengujian Pengiriman data partikulat secara nirkabel ke aplikasi android

Pengujian data partikulat secara nirkabel dengan tujuan untuk mengetahui proses pengiriman data dari node ke aplikasi android. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengevaluasi kemampuan sistem tersebut untuk dapat berhasil dalam menstransmisikan data secara real-time.

Pengujian dilakukan dengan menghubungkan unit-unit sensor seperti pada Gambar 16. Pengujian pengiriman data partikulat secara nirkabel dilakukan untuk tujuan utama yaitu mengevaluasi kemampuan sistem dalam mentransfer data ke aplikasi Android sesuai dengan arsitektur sistem yang telah ditetapkan. Melalui serangkaian pengujian, kami memperhatikan dengan seksama bagaimana bagaimana pengiriman data mempengaruhi kinerja sistem saat mengirimkan informasi ke aplikasi Android. Berikut hasil yang didapatkan sesuai TABEL 1.

Dari data yang disajikan pada TABEL 1, dapat disimpulkan bahwa proses pengiriman data sensor ke aplikasi Android berlangsung dengan lancar. Data yang diterima di aplikasi Android sama persis dengan data yang dikirimkan dari node sensor. Selain itu, kita juga dapat melihat bahwa keterlambatan pengiriman data sensor ke aplikasi Android cenderung sangat kecil, kurang dari satu detik.

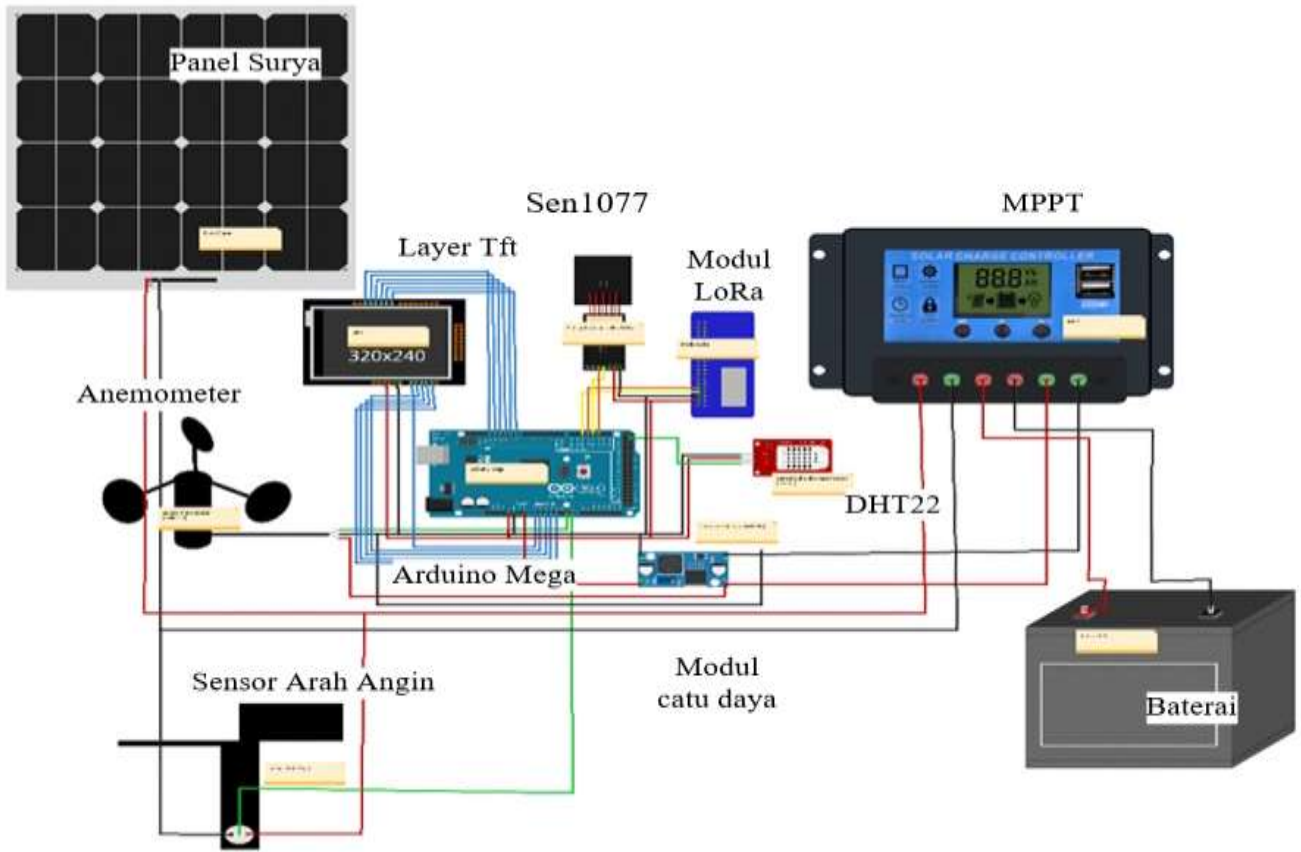
Hal ini menunjukkan bahwa sistem pengiriman data nirkabel antara node sensor dan aplikasi Android beroperasi secara efisien dan konsisten. Keterlambatan yang sangat kecil dalam pengiriman data juga menunjukkan tingkat keandalan yang tinggi dalam komunikasi antara node sensor dan aplikasi Android.

Dengan demikian, berdasarkan analisis data yang diberikan, dapat disimpulkan bahwa sistem pengiriman data sensor ke aplikasi Android telah berhasil dan berjalan sesuai dengan harapan, dengan keterlambatan pengiriman data yang sangat kecil.

## V. KESIMPULAN

Dalam perancangan sistem monitoring ini, kami menggunakan sensor SEN1077, DHT22, Anemometer dan Arah angin. Untuk pengiriman data nya kami sudah bisa mengirimnya secara nirkabel dengan menggunakan LoRa, data node akan dikirim melalui LoRa ke Gateway, dan Gateway akan menerimanya untuk di kirim ke internet. Catu daya mandiri berbasis energi surya berhasil dibuat, untuk pengiriman data yang paling baik bisa menggunakan pengiriman data 5 menit sekali, sehingga energi yang di konsumsi hanya 70,13 Wh dan energi yang di hasilkan 83,31 Wh. Hal ini memungkinkan sistem mandiri yang baik di karenakan masih terdapat energi sisa energi yang bisa di gunakan saat cuaca redup.





Gambar 16: Skematik Pengujian data partikulat secara nirkabel

TABEL 2 Hasil Pengujian Pengiriman data partikulat secara nirkabel ke aplikasi android

N o	Timest amp	Data node	Times tamp androi d	Data di aplikasi android
1	21:13:0 2.723	DataRow: {"id": "7d80e4e0", "data": "ht120av 89,25,12,18,26,269,0.00,"}	21:13:03	{89,25,12,18,26,269,0.00}
2	21:13:3 3.047	DataRow: {"id": "7d80e4e0", "data": "ht120av 89,25,12,18,26,269,0.00,"}	21:13:34	{89,25,12,18,26,269,0.00}
3	21:14:0 3.331	DataRow: {"id": "7d80e4e0", "data": "ht120av 89,25,12,19,27,269,0.00,"}	21:14:04	{89,25,12,19,27,269,0.00}
4	21:14:3 3.652	DataRow: {"id": "7d80e4e0", "data": "ht120av 89,25,11,17,24,268,0.00,"}	21:14:34	{89,25,11,17,24,268,0.00}
5	21:15:0 4.008	DataRow: {"id": "7d80e4e0", "data": "ht120av 89,25,11,17,24,269,0.00,"}	21:15:05	{89,25,11,17,24,269,0.00}
6	21:15:3 4.311	DataRow: {"id": "7d80e4e0", "data": "ht120av 89,25,13,20,26,269,0.00,"}	21:15:35	{89,25,13,20,26,269,0.00}

		DataRow: {"id": "7d80e4e0", "data": "ht120av 89,25,13,20,26,269,0.00,"}		
7	21:16:0 4.639	DataRow: {"id": "7d80e4e0", "data": "ht120av 89,25,13,20,28,271,0.00,"}	21:16:05	{89,25,13,20,28,271,0.00}
8	21:17:0 5.268	DataRow: {"id": "7d80e4e0", "data": "ht120av 89,25,12,19,27,269,0.00,"}	21:17:06	{89,25,12,19,27,269,0.00}
9	21:17:3 5.600	DataRow: {"id": "7d80e4e0", "data": "ht120av 89,25,12,18,25,269,0.00,"}	21:17:36	{89,25,12,18,25,269,0.00}
10	21:18:0 5.930	DataRow: {"id": "7d80e4e0", "data": "ht120av 89,25,12,18,25,269,0.00,"}	21:18:06	{89,25,12,18,25,269,0.00}

REFERENSI

- [1] A. Gusti, "Peran Pabrik Gula Madukismo Dalam Pencegahan Pencemaran Akibat Limbah Pabrik di Kabutapen Bantul," 2019. [Online]. Available: <https://regional.kompas.com/read/2017/05/16/133>
- [2] I. Miftahul Ihsan, M. Yani, R. Hidayat, and T. Permatasari, "Fluctuation of Particulate Air Pollutant and Its Risk Level to the Public Health of Bogor City," *Jurnal Teknologi Lingkungan*, vol. 22, no. 1, pp. 038–047, 2021.
- [3] Presiden Republik Indonesia, *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No 23 Tahun 2021*. 2021.



- [4] T. Sutikno, D. R. Susanto, and H. S. Purnama, "Sistem Monitoring Debit Air Berbasis Internet of Things pada Saluran Air," *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, vol. 22, no. 2, p. 159, Dec. 2023, doi: 10.24843/mite.2023.v22i02.p01.
- [5] P. A. P. Wiradani, L. Jasa, and P. Rahardjo, "Analisis Perbandingan Produktivitas Material Budidaya Akuaponik Berbasis IoT (Internet of Things) dengan Budidaya Akuaponik Konvensional," *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, vol. 21, no. 2, p. 263, Dec. 2022, doi: 10.24843/mite.2022.v21i02.p14.
- [6] A. H. Hardiansyah, I. N. S. Kumara, and R. S. Hartati, "IoT Berbasis NodeMCU ESP8266 Sebagai Decision Support System Pengelolaan Energi Gedung Telkomsel Renon," *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, vol. 23, no. 1, p. 103, Aug. 2024, doi: 10.24843/mite.2024.v23i01.p11.
- [7] S. Servinus, I. N. S. Kumara, and R. S. Hartati, "Rancang Bangun Simulator Smart Home Berbasis IoT Dengan Sumber Daya PLTS," *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, vol. 23, no. 1, p. 97, Aug. 2024, doi: 10.24843/mite.2024.v23i01.p10.
- [8] H. Assiddiq *et al.*, "Studi Pemanfaatan Energi Matahari Sebagai Sumber Energi Alternatif Terbarukan Berbasis Sel Fotovoltaik untuk Mengatasi Kebutuhan Listrik Rumah Sederhana di Daerah Terpencil," *Jurnal Teknik Mesin UNISKA*, vol. 3, no. 2, pp. 88–93, 2018.
- [9] A. J. Widiyanto, A. Gautama Putrada, and R. R. Pahlevi, "Analisis Kinerja Multi-Application Energy Harvesting pada IoT Aquaponic," in *e-Proceeding of Engineering*, 2021, pp. 9924–9931.
- [10] H. Elahi, K. Munir, M. Eugeni, S. Atek, and P. Gaudenzi, "Energy Harvesting towards Self-Powered IoT Devices," *Energies (Basel)*, vol. 13, no. 21, p. 5528, Oct. 2020, doi: 10.3390/en13215528.
- [11] F. Wu, J.-M. Redoute, and M. R. Yuca, "WE-Safe: A Self-Powered Wearable IoT Sensor Network for Safety Applications Based on LoRa," *IEEE Access*, vol. 6, pp. 40846–40853, Jul. 2018, doi: 10.1109/ACCESS.2018.2859383.
- [12] G. Agus Wira Dharma, D. Giriantari, I. Wayan Sukerayasa, I. Nyoman Setiawan, W. Gede Ariastina, and I. Nyoman Satya Kumara, "Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) pada Atap Gedung Parkir Bandar Udara Internasional I Gusti Ngurah Rai," *Jurnal SPEKTRUM*, vol. 11, no. 2, pp. 11–20, 2024.
- [13] V. R. Yandri, "Prospek Pengembangan Energi Surya untuk Kebutuhan Listrik di Indonesia," *JURNAL ILMU FISIKA*, vol. 4, no. 1, pp. 14–19, 2012.
- [14] T. Sutikno, J. Alfahri, and H. S. Purnama, "Monitoring Tegangan dan Arus Pada Panel Surya Menggunakan IoT," *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, vol. 22, no. 1, p. 153, Jun. 2023, doi: 10.24843/mite.2023.v22i01.p20.
- [15] S. Zeadally, F. K. Shaikh, A. Talpur, and Q. Z. Sheng, "Design architectures for energy harvesting in the Internet of Things," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 128, p. 109901, Aug. 2020, doi: 10.1016/j.rser.2020.109901.
- [16] B. H. Purwoto, J. Jatmiko, M. A. Fadilah, and I. F. Huda, "Efisiensi Penggunaan Panel Surya sebagai Sumber Energi Alternatif," *Emitor: Jurnal Teknik Elektro*, vol. 18, no. 1, pp. 10–14, Mar. 2018, doi: 10.23917/emitor.v18i01.6251.
- [17] K. Hie Khwee, "Pengaruh Temperatur Terhadap Kapasitas Daya Panel Surya (Studi Kasus: Pontianak)," *Jurnal ELKHA*, vol. 5, no. 2, pp. 23–26, 2013, doi: <https://doi.org/10.26418/elkha.v5i2>.
- [18] I. Winarno and L. Natasari, "Maximum Power Point Tracker (MPPT) Berdasarkan Metode Perturb and Observe dengan Sistem Tracking Panel Surya Single Axis," in *Seminar Nasional Sains dan Teknologi*, 2017, pp. 1–9.
- [19] Gede Patrianaya Margayasa Wirsuyana, Rukmi Sari Hartati, and Ida Bagus Gede Manuaba, "Metode Maximum Power Point Tracking pada Panel Surya : Sebuah Tinjauan Literatur," *Techné : Jurnal Ilmiah Elektroteknika*, vol. 21, no. 2, pp. 211–224, Sep. 2022, doi: 10.31358/techné.v21i2.321.
- [20] Yusro Hakimah, "Analisis Kebutuhan Energi Listrik dan Prediksi Penambahan Pembangkit Listrik di Sumatera Selatan," *Jurnal Desiminasi Teknologi*, vol. 7, no. 2, pp. 86–156, 2019.



{ Halaman ini sengaja di kosongkan }