

Perancangan *Intelligent-Light Intensity Measurement Unit* Kit Berbasis *Internet of Things*: Studi Kasus di Gunung Butak

ACHMAD MU'IZZ ALTIANTO¹, SUJITO^{2*}

¹Mahasiswa Pendidikan Fisika, Universitas Negeri Malang, Indonesia

²Departemen Fisika, Universitas Negeri Malang, Indonesia

Email: achmad.altianto.2203216@students.um.ac.id

ABSTRAK

Cahaya berlebihan dapat berdampak negatif pada kesehatan, sehingga pengukuran intensitas cahaya yang akurat penting dilakukan. Penelitian ini merancang dan menguji prototipe alat ukur intensitas cahaya berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan sensor *Light Dependent Resistor* (LDR) dan mikrokontroler ESP-32. Kalibrasi dilakukan di lingkungan polusi cahaya yang rendah, yakni Gunung Butak (2868 mdpl), selama 24 jam penuh. Data intensitas cahaya dikumpulkan setiap 1 jam dan kemudian dibandingkan dengan lux meter standar. Hasil pengujian menunjukkan nilai intensitas tertinggi sebesar 460.086 lux pada pukul 12.11 dengan nilai regresi sebesar $R^2 = 0,9998$, mengindikasikan tingkat akurasi prototipe yang sangat tinggi. Prototipe ini memungkinkan pemantauan real-time melalui webserver dan dapat menjadi solusi dalam evaluasi pencahayaan ruang kerja.

Kata kunci: ESP-32, Intensitas Cahaya, IoT, Kalibrasi lux, Sensor LDR

ABSTRACT

Excessive light can have a negative impact on health, so accurate measurement of light intensity is important. This research designs and tests a prototype of an Internet of Things (IoT)-based light intensity measuring instrument using a Light Dependent Resistor (LDR) sensor and an ESP-32 microcontroller. Calibration was conducted in a low light pollution environment, namely Mount Butak (2868 masl), for a full 24 hours. Light intensity data was collected every 1 hour and then compared with a standard lux meter. The test results showed the highest intensity value of 460,086 lux at 12:11 am with a regression value of $R^2=0.9998$, indicating a very high level of accuracy of the prototype. This prototype enables real-time monitoring through a webserver interface and can be a solution in workspace lighting evaluation.

Keywords: ESP-32, Light Intensity, IoT, Lux Calibration, LDR Sensor

1. PENDAHULUAN

Pancaran cahaya merupakan standar penting dalam dunia kerja karena dapat mempengaruhi kenyamanan dan kesehatan kerja (**Riadyani & Herbawani, 2022**). Penelitian menunjukkan bahwa pancaran cahaya dapat mempengaruhi risiko kesehatan seperti obesitas (**Chen et al., 2022**) dan penuaan dini (**Ge et al., 2023**). Oleh sebab itu, pengaturan pencahayaan yang tepat dapat membantu meningkatkan kenyamanan dan kesehatan kerja.

Untuk memastikan pencahayaan memenuhi standar kesehatan, maka diperlukan metode pengukuran yang akurat (**Hidayat et al., 2025**). Dalam fisika, pancaran cahaya dapat diukur sebagai intensitas cahaya. Intensitas cahaya didefinisikan sebagai tingkat perolehan cahaya per satuan luas dan waktu dengan lux sebagai standar internasional (SI) (**Ketut Mahardika et al., 2023**), sementara luminasi merupakan satuan untuk mengukur terangnya cahaya pada permukaan dengan lumen sebagai satuannya (**Putri & Sudarti, 2022**). Penggunaan alat ukur pencahayaan telah diimplementasikan dalam peralatan oleh (**Wang et al., 2025**) untuk membantu standar pencahayaan kesehatan kerja.

Seiring perkembangan teknologi, alat pengukur intensitas cahaya semakin canggih dan akurat, seperti sensor *Light Dependent Resistor* (LDR) (**Bano et al., 2024**). Sensor ini memiliki hambatan yang dapat membaca fotokonduktivitas yang diterima, sehingga cocok digunakan sebagai pemantau intensitas cahaya di ruang kerja secara real time (**Kusuma et al., 2023**). Aplikasinya di dunia kerja telah dibuktikan oleh (**Siregar et al., 2024**) sebagai bagian dari alat pelindung diri dan dapat digunakan sebagai alat pengukur kekeruhan air (**Yulia Muniar & Khair, 2021**).

Meski demikian, sensor LDR memiliki kelemahan dalam sensitivitasnya terhadap perubahan cahaya, terutama pada intensitas rendah memberikan hasil pembacaan yang lebih tinggi (**Kusuma et al., 2023**). Hal ini dapat terjadi karena prinsip kerja sensor LDR adalah dengan menangkap cahaya yang diterima, sehingga cahaya sekecil apapun dapat diterimanya (**Agil Firmansyah et al., 2024**). Akibatnya, ketidakakuratan kalibrasi dapat berpotensi mempengaruhi reabilitas alat dalam memantau pencahayaan kerja, sehingga dapat mempengaruhi efektivitas pencegahan risiko kesehatan. Oleh karena itu, kalibrasi di lingkungan terkontrol menjadi hal yang penting.

Sebagai upaya untuk mengatasi kendala tersebut, peningkatan keakuratan kalibrasi sensor LDR dapat dilakukan di lingkungan dengan polusi cahaya paling rendah, seperti kawasan pegunungan. Penelitian (**Bustari et al., 2019**) menunjukkan bahwa gunung merupakan tempat dengan tingkat interferensi cahaya buatan sangat rendah, menjadikannya ideal untuk proses kalibrasi. Gunung Butak (2868 mdpl) dapat menjadi opsi yang potensial karena perbatasan Kabupaten Malang dan Kabupaten Blitar (**Abriliaa et al., 2024**). Berdasarkan (**Bappeda Kabupaten Blitar, 2021**), wilayah ini memiliki morfologi pegunungan dan dataran tinggi, sehingga cocok sebagai tempat kalibrasi untuk meningkatkan presisi sensor.

Lebih lanjut, hasil kalibrasi pada lingkungan yang terkendali dapat digunakan untuk menyesuaikan standar baku mutu pencahayaan yang ditetapkan oleh Permenkes No.2 Tahun 2003 (**Pebralia et al., 2024**) dan SNI 03-6575-2001 tentang sistem pencahayaan buatan pada bangunan gedung (**SNI 03-6575-2001, 2001**). Kedua regulasi ini memerlukan data pencahayaan yang akurat dan reliabel. Penelitian terdahulu (**Kusuma et al., 2023**) menunjukkan hasil kalibrasi yang kurang maksimal sebab dilakukan pengukuran pada lingkungan yang tidak terkendali. Keunggulan dalam penelitian ini terletak pada rancangan prototipe alat berbasis *Internet of Things* (IoT) yang mampu menampilkan data secara real-

time melalui webserver. Dengan pendekatan ini, penelitian tidak hanya menyelesaikan persoalan teknis dalam akurasi sensor, tetapi juga memperkenalkan metode baru kalibrasi IoT secara langsung di lapangan — menjadi nilai kebaruan dalam studi pengukuran intensitas cahaya.

Tujuan utama studi ini adalah untuk merancang, membuat serta menguji prototipe pendeteksi intensitas cahaya matahari berbasis IoT. Penelitian ini mencakup tahapan desain perangkat pengukur intensitas cahaya menggunakan sensor LDR, serta proses kalibrasi sensor LDR yang dilakukan di kawasan Gunung Butak. Diharapkan prototipe yang dihasilkan mampu memberikan data pengukuran yang lebih konsisten dan presisi.

2. METODE PERANCANGAN DAN KALIBRASI

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen untuk menganalisis hubungan antara variabel independen (intensitas cahaya) dan variabel dependen (pembacaan sensor LDR). Metode eksperimen dipilih sebab memungkinkan pengontrolan variabel penelitian kondisi lingkungan dan pengukuran dampak secara kuantitatif (**Hamali et al., 2023**). Eksperimen dilakukan melalui lima tahapan utama disajikan secara terstruktur pada Gambar 1, yang memperlihatkan alur metodologi penelitian secara menyeluruh.



Gambar 1. Metodologi Eksperimen

2.1 Pengumpulan Data

Pada tahap ini, peneliti melakukan pengumpulan data secara mendalam dan menyeluruh serta hati-hati, sebab dalam penelitian berkaitan dengan data eksperimen yang dihasilkan yang kemudian dikalibrasikan pada sistem. Tahapan pengumpulann data dapat diperoleh melalui sumber data pada artikel sejenis dan studi litelatur sebelumnya (**Sulistiani et al., 2020**).

2.2 Analisis Kebutuhan

Pada fase ini, peneliti menganalisis kebutuhan alat dan bahan yang akan dikembangkan untuk eksperimen terdiri atas mikrokontroler ESP-32, Sensor LDR:

1. Mikrokontroler ESP-32

Mikrokontroler ESP-32 merupakan alat yang dikembangkan oleh espressf system. Kelebihan pada mikrokontroler ESP-32 ini dapat terhubung melalui jaringan internet atau melalui hotspot sinyal Wi-Fi secara mandiri, selain itu perangkat ini juga mampu untuk terhubung melalui sinyal Bluetooth (**Amar Rasuli, 2023**).

2. *Light Dependent Resistor* (LDR)

LDR (*Light Dependent Resistor*) adalah jenis resistor atau hambatan yang secara otomatis dapat mengubah nilai hambatannya karena terpengaruh oleh intensitas cahaya. Besar kecilnya nilai resistor pada sensor LDR bergantung pada besar kecilnya cahaya yang diterima oleh LDR itu sendiri (**Desmira, 2022**).

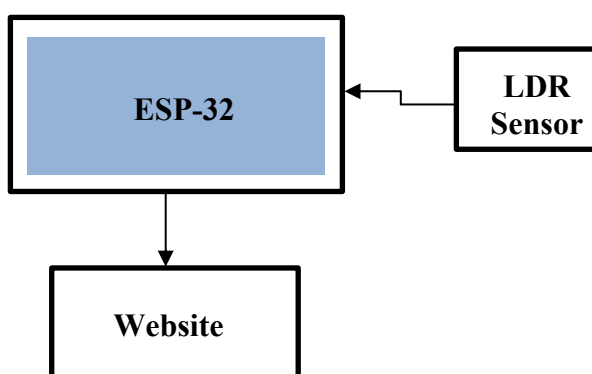
2.3 Perancangan Sistem

Tahapan perancangan meliputi atas perencanaan diagram blok, perancangan keseluruhan alat, diagram alir, dan prosedur pembuatan alat.

Tahapan perancangan meliputi atas perencanaan diagram blok, perancangan keseluruhan alat, diagram alir, dan prosedur pembuatan alat.

A. Diagram Blok

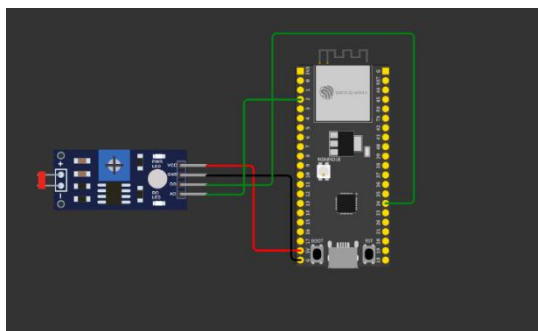
Gambar 2. Menunjukkan diagram blok sistem yang menggambarkan alur kerja prototipe. Sistem ini akan terdiri atas tiga komponen utama: (1) Sensor LDR sebagai input intensitas cahaya, (2) ESP-32 sebagai mikrokontroler yang akan memproses sinyal analog ke sinyal digital, serta (3) Webserver digunakan sebagai antarmuka output yang dapat menampilkan data secara real-time. Hubungan antarblok direpresentasikan dengan garis panah, dimana ESP-32 memiliki peran sebagai penghubung antara sensor dengan tampilan webserver.



Gambar 2. Diagram blok sistem

B. Perancangan Keseluruhan Alat

Gambar 3. Menjelaskan rancangan fisik dan logika alat. Dimana bagian input mencakup sensor LDR yang akan terhubung ke mikrokontroler ESP-32. Setelah diproses oleh mikrokontroler ESP-32 (rangkain pengendali) yang telah di program melalui Arduino IDE untuk mengonversi nilai ADC ke satuan LUX. Hasilnya akan dikirim oleh mikrokontroler ESP-32 berupa webserver melalui modul Wi-Fi ESP-32. Integrasi keseluruhan bagian dapat memastikan sistem berfungsi dengan sebenarnya sebagai alat pengukur intensitas cahaya berbasis IoT.

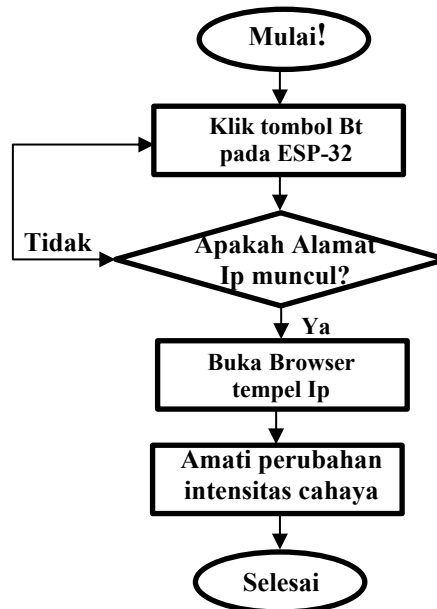


Gambar 3. Rancangan Keseluruhan Alat

C. Diagram Alir

Gambar 4 memperlihatkan diagram alir (flowchart) yang berisi tahapan kerja prototipe alat saat digunakan di lapangan. Proses ini dimulai dengan menyalakan alat menggunakan tombol "Boot" pada mikrokontroler ESP-32. Setelah itu, alat

akan menampilkan alamat Ip yang dapat diakses melalui Arduino IDE. Apabila alamat Ip berhasil muncul, pengguna dapat membuka browser, menempelkan alamat Ip tersebut, dan memantau data intensitas cahaya secara real-time. Diagram ini memvisualisasikan webserver. Tahapan ini penting untuk memastikan proses pengumpulan data berjalan sesuai alur prosedur penelitian.



Gambar 4. Diagram alir

D. Prosedur Pembuatan Alat

Penelitian ini melibatkan proses merancang struktur alat ukur intensitas cahaya berbasis IoT. Prosedur pembuatan alat terdiri atas dua bagian utama, yaitu: pemilihan alat dan bahan yang akan digunakan, serta tahapan teknis dalam merakit dan mengoperasikan prototipe.

1. Alat dan Bahan

Tabel 1 menyajikan daftar alat dan bahan yang digunakan dalam pembuatan prototipe, beserta justifikasi penggunaannya. Komponen utama terdiri atas mikrokontroler ESP-32 sebagai pusat kendali sistem, sensor LDR sebagai input pendeteksi intensitas cahaya, serta breadboard dan kabel jumper sebagai tempat perakitan sirkuit tanpa proses penyolderan. Kabel mikro USB digunakan sebagai penghubung antara mikrokontroler ESP-32 dengan komputer selama proses kalibrasi dilakukan, sementara powerbank digunakan sebagai sumber daya saat alat dioperasikan di lapangan.

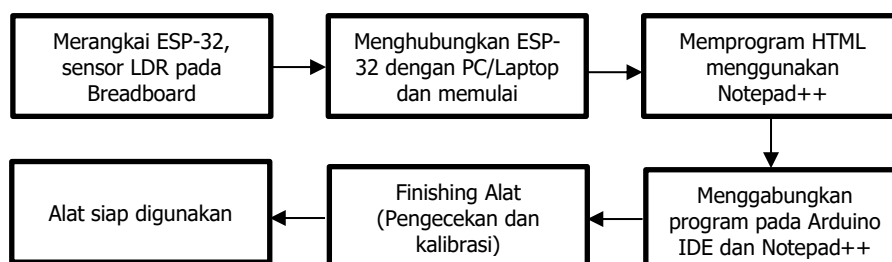
Adapun alat dan bahan yang diperlukan dalam mengembangkan alat yaitu:

Tabel. 1 Alat dan bahan serta penggunaannya

No.	Jenis Alat	Justifikasi Penggunaan
1.	ESP-32	Mikrokontroler digunakan menjadi pusat pengendali dalam sistem untuk mengembangkan IoT (Internet of Things).
2.	LDR (Light Dependent Resistor)	Difungsikan untuk mendeteksi intensitas cahaya yang dihasilkan oleh matahari.
3.	Kabel Jumper	Kabel jumper digunakan karena mempunyai pin penghubung di setiap ujungnya sehingga memungkinkan untuk menghubungkan dua komponen yang melibatkan ESP-32 tanpa memerlukan solder.
4.	Kabel Mikro USB	Digunakan sebagai penghubung antara ESP-32 dengan komputer, agar dapat dijalankan
5.	Breadboard	Digunakan dalam merangkai komponen dengan menancapkan ke papan proyek dan tanpa perlu penyolderan.
6.	Powerbank	Digunakan sebagai sumber daya utama ESP-32 untuk bekerja di luar ruangan.

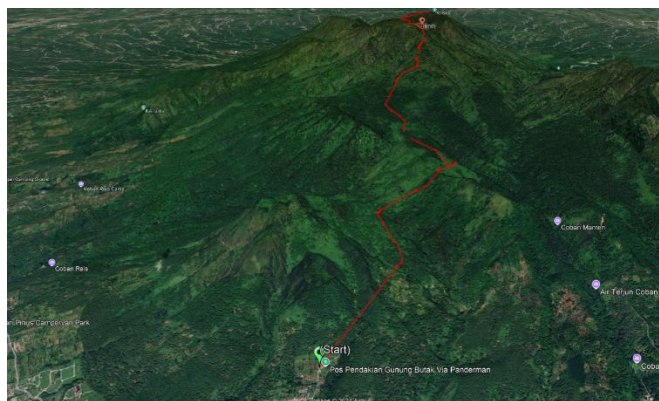
2. Prosedur Pembuatan Alat

Gambar 5 menunjukkan langkah-langkah dalam pembuatan alat dimulai dari perakitan hingga alat siap digunakan. Langkah awal melalui perakitan komponen pada breadboard sesuai dengan diagram sistem, dilanjutkan dengan pemrograman mikrokontroler menggunakan Arduino IDE dan Notepad++. Setelah itu, mikrokontroler ESP-32 dihubungkan dengan sensor LDR dan diuji coba serta kalibrasi pada lingkuan yang terkontrol. Setelah dilakukan ujicoba maka program akan menampilkan hasil pembacaan sensor dalam bentuk data intensitas cahaya melalui antar muka web Pembuatan penelitian akan menggunakan software Arduino IDE dan Web Server untuk mengeluarkan output perintah dari Arduino IDE berikut merupakan prosedur pembuatan alat:

**Gambar 5. Langkah kerja pembuatan alat**

2.4 Implementasi

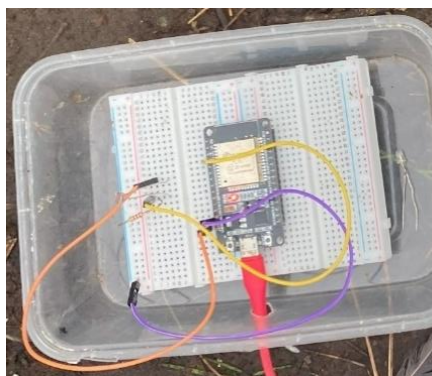
Tahapan implementasi prototipe dilakukan di Sabana Gentong, Gunung Butak ($7^{\circ}57'17''$ LS, $112^{\circ}28'9''$ BT) selama 24 jam non-stop pada tanggal 14-15 Desember 2024. Gunung Butak dijadikan opsi penelitian karena berada pada kondisi ideal dengan polusi cahaya rendah (**Bustari et al., 2019**) serta gunung dengan akses mudah untuk para pendaki dengan jarak tempuh 10,83 dari basecamp panderman sehingga dapat untuk memastikan lingkungan terkontrol. Gambar 6 merupakan citra satelit lokasi penelitian di Gunung Butak. Dengan garis merah menandakan alur pergerakan dari basecamp menuju tempat penelitian.



Gambar 6. Peta Gunung Butak sebagai lokasi penelitian

3. HASIL RANCANGAN EKSPERIMEN DAN PENGUJIAN

Pada bagian ini, disajikan hasil dari pengujian serta kalibrasi alat dengan Gunung Butak sebagai tempat percobaan. Gunung Butak dipilih karena topografi yang ideal serta minim akan polusi cahaya (**Bustari et al., 2019**). Gambar 7 menunjukkan bentuk secara fisik rancangan prototipe yang telah dibuat. Prototipe ini terdiri atas perangkat keras dan perangkat lunak yang dapat menjalankan fungsinya sebagai alat ukur intensitas cahaya.



Gambar 7. Hasil prototype

3.1 Spesifikasi dan Prinsip Kerja Prototipe

Dalam proses perancangan alat pendeteksi intensitas cahaya menggunakan sensor LDR berbasis mikrokontroler ESP-32. Prototipe ini memiliki beberapa bagian dan kegunaan sebagai berikut:

1. ESP-32

Digunakan sebagai pusat informasi dan kendali dari semua perangkat keras. ES-32 melakukan tugas seperti menerima sinyal dari hasil pembaca sensor kemudian mengolah data pembacaan dan kemudian dikonversi menjadi data intensitas cahaya dan mengirimkan data tersebut ke Web Server dan akan ditampilkan pada Web Server.

2. Modul sensor LDR

Sensor ini dapat mengukur intensitas cahaya dengan akurasi yang cukup tinggi, prinsipnya menggunakan fotometri untuk mengubah intensitas cahaya menjadi sinyal Analog yang kemudian akan di proses pada mikrokontroller.

Secara garis besar alat ini terdiri atas dua bagian utama yaitu: perangkat keras yang terdiri atas prototipenya dan perangkat lunak yang terdiri atas webserver sebagai hasil atau output dari pengukuran. Berikut merupakan bagian dari spesifikasi prototipe yang telah dikembangkan:

1. Perangkat Keras

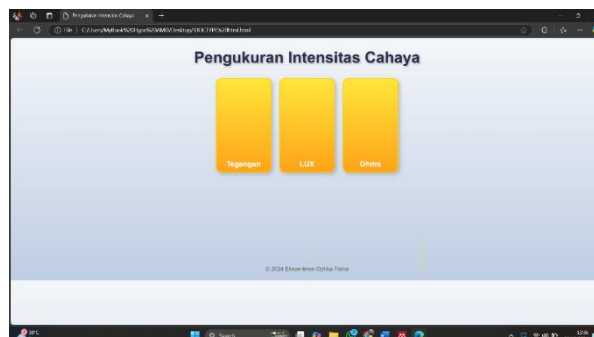
Perangkat keras pada projek penelitian ini menggunakan sensor LDR berbasis mikrokontroller ESP-32, terdapat 3 bagian utama yaitu dalam perangkat keras: Adaptor, Modul sensor LDR, modul ESP-32. Ditunjukkan pada Gambar 9.

Cara kerja dari alat ukur intensitas cahaya ini di mulai dengan memberikan adaptor catu daya menggunakan powerbank, adaptor yang dipakai harus dapat menghasilkan tegangan 5v yang digunakan pada modul ESP-32 sehingga dapat memberi daya sensor LDR. Rangkaian yang telah diberikan tegangan kemudian akan melakukan tugasnya masing-masing.

1. Menaruh alat pengukur intensitas cahaya pada tempat terbuka.
2. Menghidupkan alat dengan cara memberikan daya 5V menggunakan powerbank.
3. Klik tombol boot pada ESP-32.
4. Maka akan ada alamat Ip yang muncul pada Arduino IDE.
5. Membuka website dan menuliskan alamat IP pada website tersebut.
6. Hasil akan muncul pada website tersebut.

2. Perangkat Lunak

Gambar 8 menunjukkan spesifikasi perangkat lunak yang telah dikembangkan dalam penelitian alat ukur intensitas cahaya. Software Arduino IDE merupakan kontrol utama pengukuran sensor LDR yang menggunakan bahasa pemrograman C++. Program ini akan ditanamkan pada ESP-32 menggunakan USB Serial Converter. Program ini akan menghasilkan keluaran dari sensor LDR berdasarkan perintah yang diberikan kemudian akan di tampilkan pada Web Server untuk pengolahan data lebih lanjut. Untuk itu pada prototipe ini menggunakan 2 jenis software yang pertama untuk mengunggah dan menyimpan data pada ESP-32, kemudian satu software lagi yang digunakan sebagai tempat pengodingan tampilan Web Server yaitu Notepad++. Notepad++ bekerja pada Bahasa pemrograman HTML sehingga mudah untuk dilakukan pengodingan untuk membuat tampilan yang menarik pada web server. Berikut merupakan tampilan Web Server yang telah dibuat sebelumnya menggunakan Software Notepad++:



Gambar 8. Hasil aplikasi webserver

3.2 Kinerja Prototipe di Lapangan

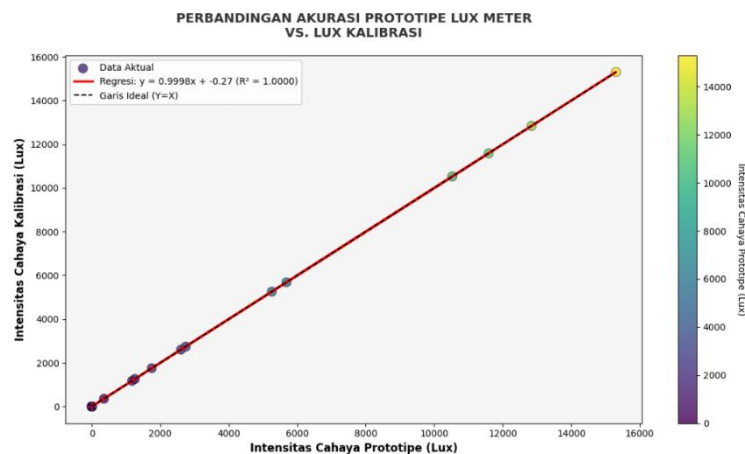
Prototipe ini diujicobakan di Gunung Butak 2868 Mdpl dengan pengambilan data di sekitaran Sabana Gentong pada koordinat ($7^{\circ}57'17''$ LS, $112^{\circ}28'9''$ BT) dengan ketinggian relatif 2686 Mdpl. Gunung Butak diambil karena menurut **(Bustari et al., 2019)** gunung merupakan tempat dengan polusi cahaya terendah, oleh karena itu penelitian di ambil pada gunung butak tepatnya pada sabana gentong berikut merupakan perolehan data alat pengukuran intensitas cahaya. Tabel 2 menunjukkan hasil kalibrasi prototipe menggunakan Lux meter dengan pengambilan data setiap 1 jam sekali selama 24 jam kedepan. Hasil kemudian dianalisis menggunakan standar regresi untuk menghitung tingkat kesesuaian prototipe dengan kalibrator.

Tabel 2. Data intensitas cahaya pada gunung Butak

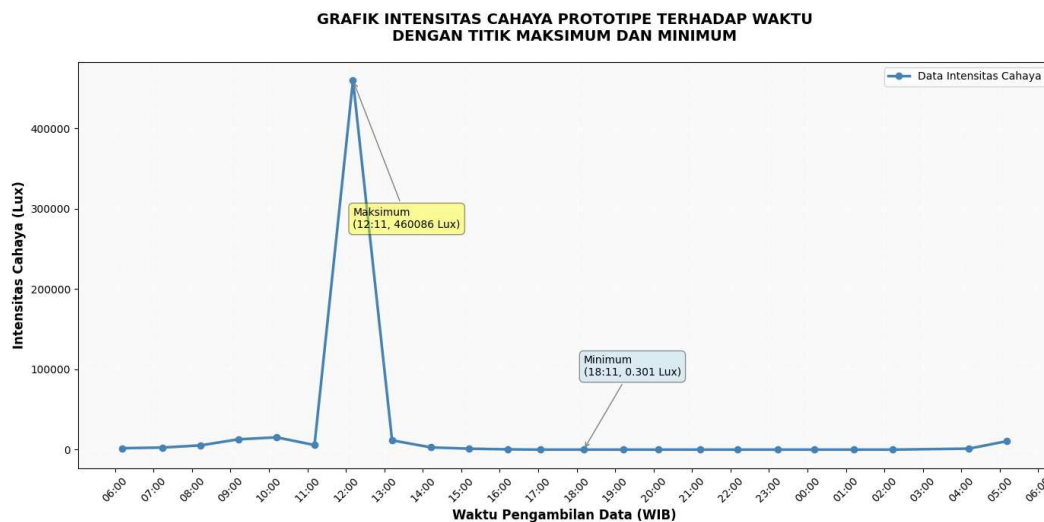
No.	Jam	Lux Prototipe	Lux Kalibrasi	Kondisi Cuaca
1.	06:11	1751	1753	Gerimis
2.	07:14	2604	2603	Gerimis
3.	08:13	5256	5253	Kabut Tipis
4.	9:12	12840	12836	Kabut Tipis
5.	10:12	15304	15302	Cerah Berawan
6.	11:11	5683	5683	Hujan Gerimis
7.	12:11	460086	460000	Cerah
8.	13:12	11589	11586	Mendung Kabut
9.	14:13	2747	2745	Kabut
10.	15:12	1178	1175	Kabut
11.	16:12	355,8	354,2	Kabut Pekat
12.	17:04	0,826	0,8	Mendung Kabut
13.	18:11	0,301	0	Hujan Deras
14.	19:13	0	0	Hujan
15.	20:07	0	0	Cerah
16.	21:13	0	0	Cerah
17.	22:11	0	0	Cerah Berawan
18.	23:14	0	0	Cerah Berawan
19.	00:11	0	0	Cerah Berawan
20.	01:12	0	0	Gerimis
21.	02:13	0	0	Gerimis
22.	03:13	0,867	0	Cerah Berawan
23.	04:12	1257	1258	Cerah
24.	05:11	10525	10523	Kabut Pekat

Pengukuran kalibrasi yang dilakukan suhu tercatat rentang 18°C sampai dengan 27°C menggunakan termometer. Dari hasil perhitungan persamaan regresi didapatkan keakuratan atau kelinearan dari prototipe yang dikembangkan ditunjukkan pada Gambar 9 menunjukkan bahwa kalibrasi alat menggunakan Aplikasi Lux Meter didapatkan hasil yang sesuai standar dengan nilai R^2 sama dengan 1 sesuai dengan pernyataan oleh **(Bano et al., 2024)** untuk

mendapatkan hasil pengukuran mendekati sempurna maka nilai R^2 harus mendekati 1. Sedangkan pada Gambar 10 menunjukkan bahwa nilai Lux terbesar berada pada jam 12:11 yang memberikan nilai intensitas cahaya sebesar 460.000 sesuai dengan SNI 03-6575-2001 cahaya tersebut memiliki intensitas lebih dari 3000 Lux sehingga apabila terpapar terlalu lama dapat meningkatkan resiko mengganggu kesehatan. Sesuai dengan latar belakang penelitian bahwa intensitas cahaya matahari dapat memberikan risiko kesehatan seperti obesitas (**Chen et al., 2022**) dan penuaan dini (**Ge et al., 2023**). Oleh sebab itu disarankan apabila akan melaksanakan pendakian atau aktivitas di luar rumah diharapkan memakai pelindung kulit untuk mengurangi paparan intensitas cahaya ataupun sinar ultraviolet yang berlebihan.



Gambar 9. Hasil kalibrasi



Gambar 10. Pola intensitas cahaya pada 24 jam

Gambar 10 menjelaskan bahwa grafik pola intensitas cahaya menghasilkan R^2 mendekati nol berarti sesuai dengan teori (**Bano et al., 2024**) yang menyatakan koefisien determinasi R^2 yang diharapkan yaitu sama dengan atau mendekati 1,0,1 dan 0, secara berurutan. Pada gambar tersebut menjelaskan bahwa intensitas cahaya akan meningkat seiring bertambahnya waktu dan terjadi pada titik tertinggi pada tengah hari tepatnya 12.11 mendapatkan intensitas cahaya lebih dari 460000 Lux. Namun ketika dilihat pada data pengamatan terjadi beberapa data yang tidak sempurna hal ini merupakan pengaruh dari cuaca dan suhu lingkungan. Dimana ketika pengambilan data banyak terjadi kabut dan hujan deras sehingga akan

mempengaruhi hasil pengukuran sesuai dengan teori hamburan Mie. Menurut teori hamburan Mie, intensitas cahaya yang dihamburkan pada suatu titik dapat diperoleh melalui Persamaan (1) yang mendeskripsikan persamaan Maxwell untuk partikel seragam dalam satu media yang disinari oleh gelombang monokromatik **(Zhang et al., 2021)**.

$$I_{sca} = I_0 g \frac{\lambda^2}{8\pi^2 r^2} gI(\theta, \phi) \quad (1)$$

Pada persamaan (1) menganalogikan bahwa intensitas cahaya akan berbanding lurus terhadap intensitas cahaya awal, jarak pengamat, panjang gelombang dan, sudut hamburan. Pada pelaksanaan penelitian ini kabut dapat mempengaruhi intensitas cahaya yang diterima oleh sensor, sehingga dapat mengganggu hasil pengukuran. Dari data dan kesesuaian teori prototipe pengamatan intensitas cahaya matahari menggunakan sensor LDR dapat digunakan untuk memperoleh data pengukuran yang valid dan benar di dalam maupun di luar ruangan sesuai dengan SNI 03-6575-2001.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini berhasil untuk merancang dan mengimplementasikan prototipe *Intelligent-Light Intensity Measurement Unit* berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan sensor LDR dan mikrokontroler ESP-32. Prototipe ini dirancang untuk dapat mengukur intensitas cahaya dengan akurasi dan kinerja yang tinggi dibuktikan dengan nilai R^2 mendekati 1, yang mengindikasikan tingkat akurasi yang tinggi sesuai dengan standar lux meter. Gunung Butak digunakan sebagai tempat kalibrasi karena memiliki lingkungan dengan polusi cahaya yang rendah. Pengujian lapangan selama 24 jam mendapatkan hasil variasi intensitas cahaya dengan beragam kondisi cuaca. Data yang diperoleh menunjukkan bahwa intensitas cahaya tertinggi terjadi pada tengah hari, dengan nilai lebih dari 460.000 Lux. Hal ini mengindikasikan bahwa paparan intensitas cahaya yang tinggi dapat berakibat negatif terhadap tubuh seperti obesitas dan penuaan dini **(Ge et al., 2023)**, sehingga diperlukan perlindungan saat berkegiatan di bawah sinar matahari langsung.

Prototipe ini tidak hanya memberikan solusi teknis untuk pengukuran intensitas cahaya yang akurat, tetapi juga memperkenalkan metode kalibrasi yang dilakukan dengan isolasi lingkungan selain itu prototipe ini memberikan akses secara real-time melalui webserver. Dengan demikian, penelitian ini memberikan kontribusi signifikan dalam bidang pengukuran cahaya. Saran untuk penelitian dimasa yang akan datang untuk menambahkan berbagai sensor lain seperti UV, untuk meningkatkan cakupan pengukuran serta perlunya uji coba di berbagai lokasi dengan lingkungan yang berbeda untuk memvalidasi keandalan prototipe serta penelitian lebih lanjut untuk mengeksplor dampak bahaya intensitas cahaya matahari terhadap kesehatan secara lebih mendalam.

DAFTAR RUJUKAN

- Abriliaa, D. C. N., Hakima, G. A. A., Qomariyaha, N., Pridanisa, S. P., & Billy Sopater Maniania Adiatma Maulana Wardhanaa, 6, P. C. W. (2024). *Analysis of The Implementation of K3 In The Prevention and Mitigation of Wonosari Tea Garden Agrotourism Disaster Efforts*. 4(2), 1–9.
- Agil Firmansyah, D., Kurniawan, E., & Prihatiningrum, N. (2024). Implementasi LDR Pada Alat Alternatif Pendeteksi Kadar Zat Besi Pada Air. *E-Proceeding of Engineering*, 11(1), 334.
- Amar Rasuli. (2023). Pengatur Intensitas Cahaya secara Otomatis dengan Perintah Google Voice Assistant. *Electrician: Jurnal Rekayasa Dan Teknologi Elektro*.

<https://doi.org/10.23960/elc.v17n2.2437>

- Bano, T. B., Widagda, I. G. A., Trisnawati, N. L. P., Wibawa, I. M. S., Putra, I. K., & Sandi, I. N. (2024). Perancangan Alat Ukur Intensitas Cahaya menggunakan Sensor BH1750 Berbasis Mikrokontroler ATmega328P. *Kappa Journal*, 8(1), 95–101. <https://e-journal.hamzanwadi.ac.id/index.php/kpj/index>
- Bappeda Kabupaten Blitar. (2021). *Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah (RPJMD) Gambaran Umum Kondisi Daerah*. 1–118. www.blitarkab.go.id
- Bustari, A. A., Pratama, R. B., & Al-aryachiyah, C. J. (2019). *Analisis Tingkat Polusi Cahaya Berdasarkan Light Pollution Map Dan Implikasinya Terhadap Pengamatan Astronomi Di Indonesia*.
- Chen, R., Yang, C., Li, P., Wang, J., Liang, Z., Wang, W., Wang, Y., Liang, C., Meng, R., Wang, H. Y., Peng, S., Sun, X., Su, Z., Kong, G., Wang, Y., & Zhang, L. (2022). Long-Term Exposure to Ambient PM_{2.5}, Sunlight, and Obesity: A Nationwide Study in China. *Frontiers in Endocrinology*, 12(January), 1–7. <https://doi.org/10.3389/fendo.2021.790294>
- Desmira, D. (2022). Aplikasi Sensor Ldr (Light Dependent Resistor) Untuk Efisiensi Energi Pada Lampu Penerangan Jalan Umum. *PROSISKO: Jurnal Pengembangan Riset Dan Observasi Sistem Komputer*. <https://doi.org/10.30656/prosisko.v9i1.4465>
- Ge, G., Wang, Y., Xu, Y., Pu, W., Tan, Y., Liu, P., Ding, H., Lu, Y. M., Wang, J., Liu, W., & Ma, Y. (2023). Induced skin aging by blue-light irradiation in human skin fibroblasts via TGF- β , JNK and EGFR pathways. *Journal of Dermatological Science*, 111(2), 52–59. <https://doi.org/10.1016/j.jdermsci.2023.06.007>
- Hamali, S., Riswanto, A., Zafar, T. S., Handoko, Y., Sarjana, I. W. M., Saputra, D., A. Manafe, H., Susanti, I., Kurniawan, S., & Sarjono, H. (2023). *Metodologi penelitian manajemen: pedoman praktis untuk penelitian & penulisan karya ilmiah ilmu manajemen* (Efitra & Sepriano (eds.); 1st ed.). PT. Sonpedia Publishing Indonesia.
- Hidayat, E. Y., Ernada, S., Arianti, D., & Ashari, M. L. (2025). Evaluasi Intensitas Pencahayaan Berdasarkan SNI 7062:2019 dan SNI 7391:2008 pada Perusahaan Suku Cadang Otomotif. *Journal of Student Research*, 3(2), 67–78. <https://doi.org/https://doi.org/10.55606/jsr.v3i2.3737>
- Ketut Mahardika, I., Baktiarso, S., Nurul Qowasmi, F., Wulansari Agustin, A., & Listian Adelia, Y. (2023). Pengaruh Intensitas Cahaya Matahari Terhadap Proses Perkecambahan Kacang Hijau Pada Media Tanam Kapas. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, Februari, 2023(3), 312–316. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7627199>
- Kusuma, H. A., Saputra, H., Muhazri, M., & Sandi, T. K. (2023). Analisis Perbandingan Performa

- Sensor Light Dependent Resistor (LDR) pada Ukuran 5mm dan 10mm dalam Pengukuran Intensitas Cahaya. *Seminar Nasional Teknik Elektro*, 3(1), 1–6.
- Pebralia, J., Fendriani, Y., Afrianto, M. F., & Syaqla, C. N. (2024). Rancang bangun sistem pengukuran intensitas cahaya, suhu, dan kelembaban ruangan berbasis sensor dht11 dan bh1750. *JoP*, 10(1), 37–42.
- Putri, S. I., & Sudarti, S. (2022). Analisis Intensitas Cahaya di Dalam Ruangan dengan Menggunakan Aplikasi Smart Luxmeter Berbasis Android. *Jurnal Materi Dan Pembelajaran Fisika*. <https://doi.org/10.20961/jmpf.v12i2.51474>
- Riadyani, A. P., & Herbawani, C. K. (2022). Systematic Review Pengaruh Intensitas Cahaya Terhadap Kelelahan Mata Pekerja. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. <https://doi.org/10.14710/jkm.v10i2.32475>
- Siregar, S. K., Athallah, F., & Rusdi, M. (2024). Rancang Bangun Alat Pelindung Diri Pada Pekerja Industri Menggunakan Sensor Light Dependent Resistor Dan Gryscope Untuk Minimalisir Kecelakaan. *Konferensi Nasional Social & Engineering Polmed*, 5(1), 812–818. <https://doi.org/https://doi.org/10.51510/konsep.v5i1.1912>
- Standar Nasional Indonesia, B. S. N. (2001). SNI 03-6575-2001 tentang Tata Cara Perancangan Sistem Pencahayaan Buatan pada Bangunan Gedung. *SNI 03-6575-2001 Tentang Tata Cara Perancangan Sistem Pencahayaan Buatan Pada Bangunan Gedung*, 1–32.
- Sulistiani, H., Miswanto, M., Alita, D., & Dellia, P. (2020). Pemanfaatan Analisis Biaya Dan Manfaat Dalam Perhitungan Kelayakan Investasi Teknologi Informasi. *Eduatic - Scientific Journal of Informatics Education*, 6(2). <https://doi.org/10.21107/edutic.v6i2.7220>
- Wang, X., Gu, Y., Yuan, J., & Matsushita, D. (2025). Natural light control to improve awakening quality. *Building and Environment*, 273(February), 112733. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2025.112733>
- Yulia Muniar, A., & Khair, M. M. (2021). Sistem Monitoring Air Layak Konsumsi Menggunakan Sensor PH meter, TDS dan LDR berbasis arduino. *Celebes Computer Science Journal*, 3(1), 9–17. <http://journal.ildikti9.id/ccsjDOI:https://doi.org/>
- Zhang, H., Nie, W., Liang, Y., Chen, J., & Peng, H. (2021). Development and performance detection of higher precision optical sensor for coal dust concentration measurement based on Mie scattering theory. *Optics and Lasers in Engineering*. <https://doi.org/10.1016/j.optlaseng.2021.106642>