

RANCANG BANGUN SISTEM PENGUKUR KECERAHAN LANGIT MENGUNAKAN SENSOR CAHAYA TSL237S-LF DAN NODEMCU ESP8266

Fransisco Rokirianto Olin, Ali Warsito, Jehunias L. Tanesib dan Ari Bangkit Sanjaya Umbu
Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Jl. Adisucipto-Penfui, Kota
Kupang, Kode Pos 85148, Indonesia
Email: rockyolin01@gmail.com

Abstrak

Telah dilakukan penelitian tentang rancang bangun sistem pengukur kecerahan langit menggunakan sensor cahaya TSL237s-LF dan NodeMCU ESP8266 dengan tujuan untuk merancang sebuah alat ukur kecerahan langit berbasis ESP8266, mengukur tingkat kecerahan langit malam dan polusi cahaya di daerah Penfui, Kupang serta menerapkan protokol MQTT pada alat ukur kecerahan langit. Kecerahan langit diukur selama 12 jam dari pukul 18.00 WITA hingga pukul 06.00 WITA pada tanggal 19 Mei 2024 sampai 20 Mei 2024 dengan alat ukur yang sudah dikalibrasi menggunakan alat ukur standar, SQM LU-DL. Hasil pengukuran menunjukkan nilai kecerahan langit tertinggi yaitu 20,19 mag/arcsec². Tanggal 25 Mei pengukuran kecerahan langit kembali dilakukan yang berlokasi disekitar Laboratorium Fisika FST UNDANA dari pukul 18.00 WITA sampai 22.00 WITA, untuk memvalidasi keakuratan data pengukuran sebelumnya, nilai kecerahan langit tertinggi yang di dapatkan berada pada nilai 17.55 mag/arcsec². Semakin rendah nilai kecerahan langit artinya langit semakin terang, begitu pun sebaliknya. Pada penelitian ini diketahui bahwa kecerahan langit berada pada kondisi terang.

Kata Kunci: *Kecerahan Langit; MQTT; Sensor Cahaya TSL237S_LF; NodeMCU ESP8266*

Abstract

Research has been carried out on the design of a sky brightness measuring system using the TSL237s-LF light sensor and NodeMCU ESP8266 with the aim of designing an ESP8266 based sky brightness measuring instrument, measuring the level of night sky brightness and light pollution in the Penfui area, Kupang and implementing the MQTT protocol on the measuring instrument brightness of the sky. The brightness of the sky was measured for 12 hours from 18.00 WITA to 06.00 WITA on 19 May 2024 to 20 May 2024 with a measuring instrument that had been calibrated using a standard measuring instrument, SQM LU-DL. The measurement results show the highest sky brightness value, namely 20.19 mag/arcsec². On May 25, sky brightness measurements were again carried out located around the FST UNDANA Physics Laboratory from 18.00 WITA to 22.00 WITA, to validate the accuracy of the previous measurement data, the highest brightness value obtained was 17.55 mag/arcsec². The lower the sky brightness value means the sky is brighter, and vice versa. In this research, it is known that the brightness of the sky is in bright conditions.

Keywords: *Sky Brightness; MQTT; TSL237S_LF Light Sensor; NodeMCU ESP8266*

PENDAHULUAN

Polusi cahaya terjadi karena adanya cahaya artifisial pada malam hari atau *Artificial Light at Night* (ALAN), yang semakin tidak terkendali, baik dari segi jumlah maupun cara pemasangannya. Seiring dengan perkembangan suatu negara permintaan pencahayaan luar ruangan juga semakin meningkat. meningkat 6% setiap tahun selama 6 dekade terakhir [1].

Pengukuran variasi kecerlangan langit sangat diperlukan untuk kuantisasi besaran

polusi cahaya di suatu daerah. Akan tetapi pengukuran kecerlangan langit yang dilakukan umumnya tidak fleksibel dari sisi peralatan dengan harga mahal, yaitu CCD dengan medan pandang sangat sempit dan waktu yang dibutuhkan cukup lama, karena sedikitnya langit yang cerah secara fotometri dalam satu tahun. Keterbatasan ini menyebabkan pengukuran kecerlangan langit sulit dilakukan secara berkesinambungan oleh kalangan

astronom amatir. Salah satu fotometer sederhana yaitu Sky Quality Meter (SQM).

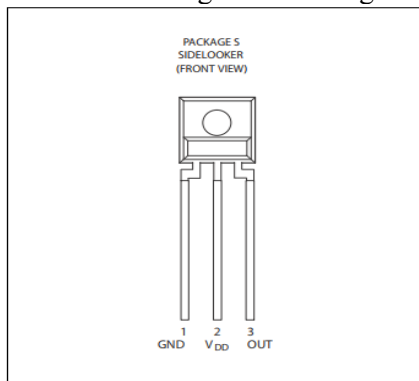
Secara garis besar kecerahan langit ditunjukkan seperti skema pada Gambar



Gambar 1. Interpretasi skala Mpsas [2]

Dapat dilihat bahwa pada skala 17-20 Mpsas langit berada pada kategori ‘terang’ atau terdeteksi adanya polusi cahaya, kemudian pada skala 21-23 Mpsas langit berada pada kategori ‘gelap’ atau tidak ada polusi cahaya yang terdeteksi.

Sensor Tsl237s merupakan jenis konverter cahaya ke frekuensi yang menggabungkan fotodiode silikon dan konverter arus-frekuensi pada terintegrasi CMOS monolitik tunggal. Output dari sensor ini berupa gelombang persegi (siklus 50%) dengan frekuensi yang berbanding lurus dengan intensitas cahaya (iradisi) pada *photodiode*. Perangkat ini telah dikompensasi suhu untuk kisaran cahaya ultraviolet sampai cahaya tampak 320 nm hingga 700 nm dan merespons pada kisaran cahaya 320 nm hingga 1050 nm. TSL237 digunakan untuk pengoperasian di atas kisaran suhu -40°C hingga 85°C dan disediakan dalam paket *3-lead clear plasticside-looker* dengan lensa integral.



Gambar 2. Pin diagram TSL237 [3]

Tabel 1. Fungsi Pin pada TSL237

Terminal	Tipe	Deskripsi
No.	Nama	
1	GND	Catu daya tanah (substrat). Semua tegangan diarahkan ke GND
2	V _{DD}	Tegangan pasokan
3	OUT	O Frekuensi keluaran

Frekuensi pada pin output diberikan oleh persamaan berikut:

$$f_o = f_D + (R_e)(E_e) \quad (1)$$

Keterangan:

f_o = frekuensi output

f_D = frekuensi output pada kondisi gelap ($E_e = 0$)

R_e = responsivitas perangkat untuk panjang gelombang cahaya tertentu dalam kHz / ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)

E_e = radiasi ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)

Satuan kecerahan langit dibedakan menjadi dua yaitu magnitudo ($\text{Mag}/\text{arcsec}^2$) dan Iluminasi (Cd/m^2). Magnitudo menggambarkan nilai kecerahan langit per satuan detik busur kuadrat untuk menggambarkan satuan luas langit, sedangkan Iluminasi merupakan intensitas cahaya yang diterima oleh pengamat per satuan luas. Para Ilmuwan telah menyetujui bahwa rujukan nilai untuk langit yang tidak berpolusi adalah sekitar 21,4-22,0 $\text{mag}/\text{arcsec}^2$ [1].

Magnitudo diperoleh hubungannya dengan intensitas melalui persamaan [4]:

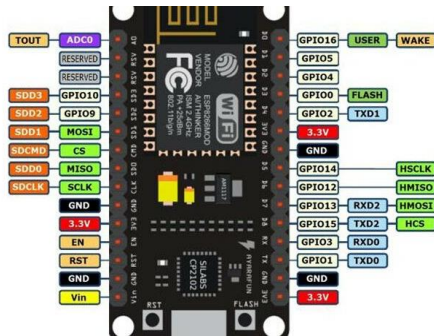
$$m = -2,5 \log I + C \quad (2)$$

Photodiode yang terdapat dalam sensor TSL 237s mendeteksi perubahan resistansi saat sejumlah cahaya masuk dan mengalirkan arus listrik. Arus ini kemudian diubah menjadi frekuensi oleh konverter sehingga sejumlah intensitas cahaya yang masuk (input) bisa keluar (output) menjadi besaran frekuensi, maka persamaan (2) dapat dituliskan sebagai

$$m = -2,5 \log f + C \quad (3)$$

NodeMCU ESP8266 merupakan *platform IOT open source*. Modul ini termasuk firmware yang berjalan di *ESP8266 Wi-Fi SoC* dari *espressif systems*, dan perangkat keras yang berbasis pada modul ESP-12. NodeMCU pada dasarnya adalah pengembangan dari ESP8266 dengan firmware berbasis e-Lua. Pada NodeMcu dilengkapi dengan micro USBPort yang berfungsi untuk pemrograman maupun

power supply. Selain itu juga pada NodeMCU di lengkapi dengan tombol *push button* yaitu tombol reset dan flash.



(a)



(b)

Gambar 3. (a) pin out NODEMCU; (b) Bentuk fisik NODEMCU ESP8266 [5]

Real Time Clock (RTC) merupakan jam elektronik berupa chip yang dapat menghitung waktu (mulai dari detik hingga tahun) dan menyimpan data tersebut secara *real time*. Salah satu RTC yang sudah populer dan mudah penggunaannya adalah DS3231, yang merupakan pengganti dari serial RTC tipe DS1307 dan DS1302. DS3231 adalah RTC serial yang digerakkan oleh osilator kristal kompensasi suhu atau *Temperature Compensated Crystal Oscillator* (TCXO) 32kHz TCXO menyediakan jam referensi yang stabil dan akurat, dan mempertahankan RTC dalam akurasi ± 2 menit per tahun dari -40°C hingga $+85^\circ\text{C}$. Output frekuensi TCXO tersedia di pin 32kHz. DS3231 didesain untuk mengoperasikan pada power yang sangat rendah dan mempertahankan data dan informasi waktu ± 1 microwatt

METODE PENELITIAN

Perancangan alat ukur dan pengolahan data dilakukan di Laboratorium Elektronika Instrumentasi, PRODI Fisika, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana sedangkan proses kalibrasi dilakukan di Penfui, Kupang, Nusa Tenggara Timur.

Proses perancangan sistem “ Pengukuran kecerahan langit menggunakan sensor cahaya dan NodeMCU ESP8266” dilaksanakan pada bulan Juni 2023 – bulan April 2024

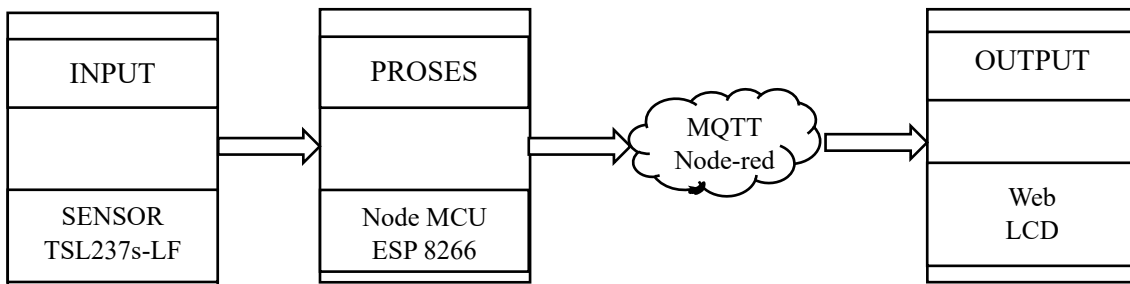
Perangkat Keras dan Perangkat Lunak

Perangkat keras yang digunakan pada perancangan sistem yaitu : Sensor cahaya (TSL237s-LF), RTC (Real Time Clock), NodeMCU ESP8266, OLED LCD Display, LED, OP Filter Lensa Optik IR UV Slim L148101, Lensa LED HPL CONVEX MINI PMMA, Laptop, kabel port, kabel jumper secukupnya. Perangkat lunak yang digunakan ialah Arduino IDE dan Node-Red.

Perancangan Sistem Dan Prosedur Perancangan

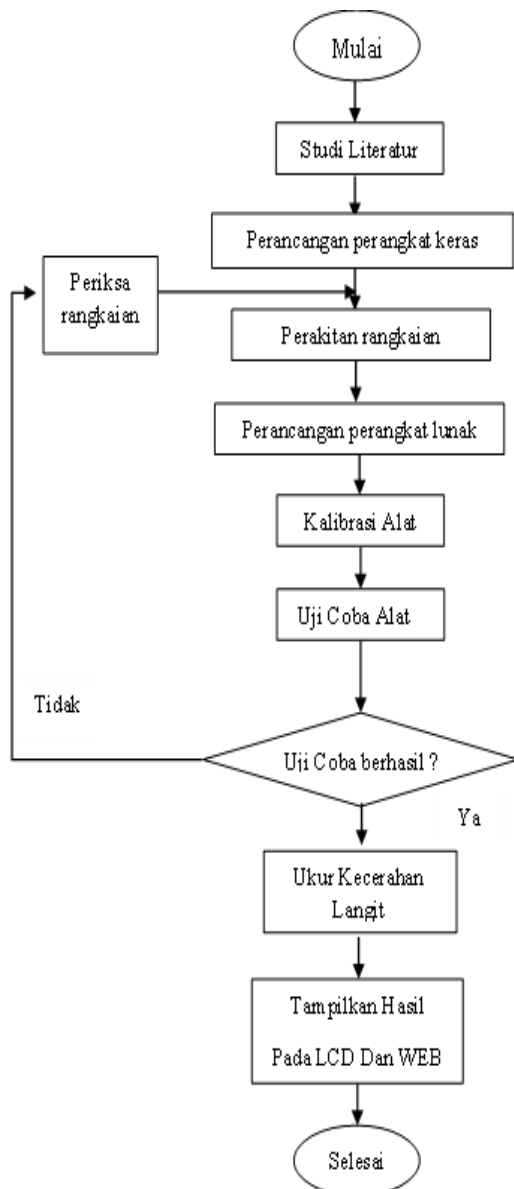
Perancangan merupakan tahap yang paling penting dari keseluruhan proses pembuatan suatu perangkat, pada penelitian ini digunakan metode *experimental kuantitatif*. Diagram blok perancangan sistem diperlihatkan pada Gambar 4, secara garis besar dibagi ke dalam 3 bagian yaitu bagian input, proses, dan output.

Sensor TSL237s-LF mengubah arus dari cahaya (foton) yang masuk menjadi frekuensi, sehingga bisa secara akurat membedakan variasi kecerahan langit agar dapat dikirim ke mikrokontroler NodeMCU ESP8266 yang kemudian mengubah frekuensi menjadi indeks kecerahan dengan faktor kalibrasi dan dihubungkan ke *cloud* sebagai server yang nantinya dapat digunakan sebagai lalu lintas penyimpanan dan pengelolaan data. Dalam hal ini, *user* dapat memantau kondisi kecerahan langit dengan bantuan jaringan koneksi internet secara realtime.



Gambar 4. Diagram block perancangan sistem

Rancang Bangun Proses Pengerjaan Alat

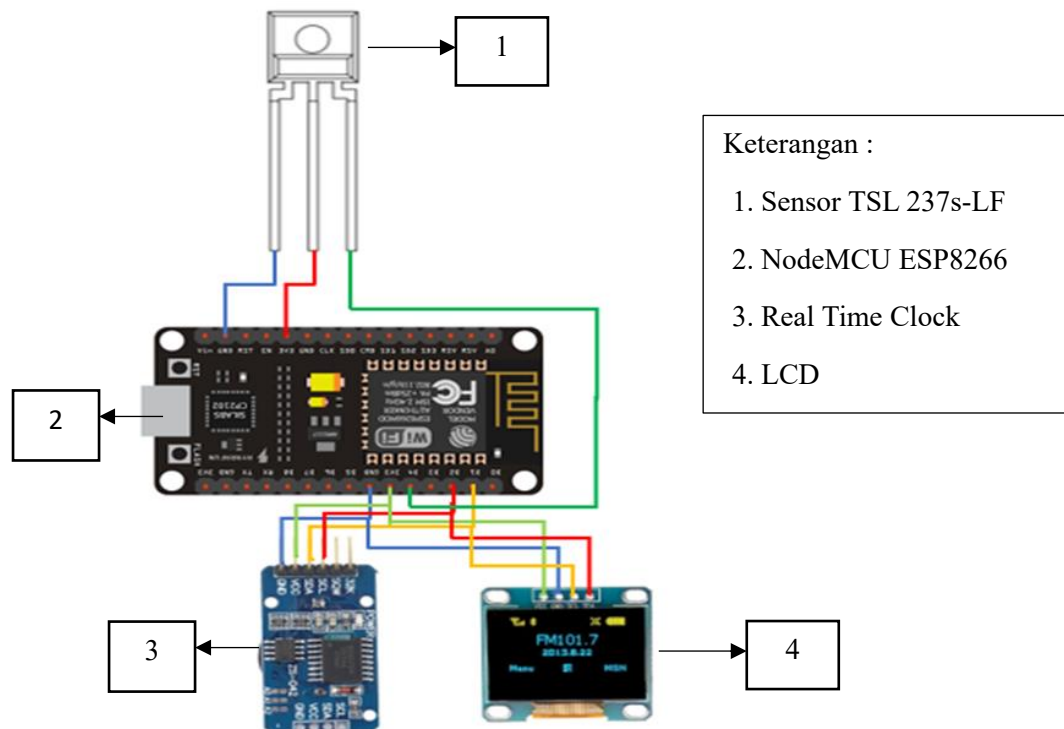


Gambar 5. Rancang Bangun Proses Pengerjaan Alat

Pada gambar 5. dijelaskan bahwa proses yang dilakukan dimulai dengan studi literatur yang merupakan salah satu teknik untuk mencari ide atau sumber referensi, setelah itu pada tahap perancangan perangkat keras yang merupakan penggambaran atau perencanaan suatu sistem yang dapat digunakan untuk menunjukkan urutan-urutan proses pengerjaan alat, setelah itu masuk pada proses perakitan dimana setiap komponen dihubungkan menjadi satu, kemudian perancangan perangkat lunak merupakan hal yang paling penting sebelum di lakukan agar alat dapat berfungsi dan dapat menghasilkan data yang sesuai, setelah itu masuk pada kalibrasi alat dimana kalibrasi bertujuan agar data yang diinginkan sesuai dengan acuan atau standar dari alat ukur, selanjutnya masuk pada uji coba alat dimana jika uji coba alat tidak berhasil atau alat tidak menyala maka akan dilakukan pengecekan kembali pada perakitan dan jika uji coba berhasil maka dilakukan pengukuran kecerahan langit, setelah melakukan pengukuran maka memperoleh data kecerahan lalu di tampilkan pada LCD atau WEB.

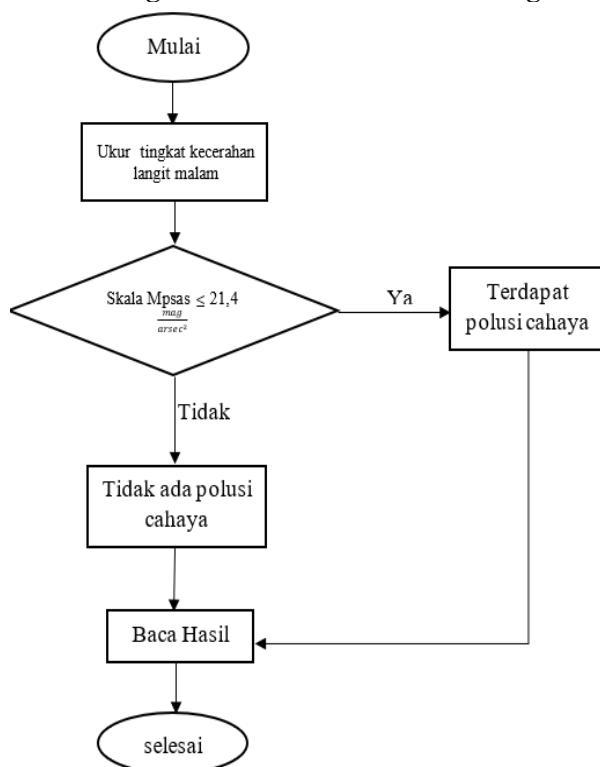
Perancangan Sistem Secara Keseluruhan

Gambar 6 merupakan rangkaian dari keseluruhan alat yang akan dibuat oleh peneliti, dimana pada rangkaian di atas semua komponen dihubungkan menjadi satu rangkaian yang terdiri dari OLED LCD Display Module, sensor TSL237s, RTC DS3231 dan NodeMCU ESP8266 berfungsi sebagai prosesor dan pengolah data, sedangkan sensor sebagai penginput data parameter pengukuran.



Gambar 6. Rangkaian sistem secara keseluruhan

Proses Pengukuran Pada Kecerahan Langit



Gambar 7. Diagram alir proses pengukuran kecerahan langit

Tahapan pengambilan data dalam mengukur tingkat kecerahan langit malam ditunjukkan pada Gambar 7 bahwa pada proses pengukuran kecerahan langit alat kecerahan langit akan di arahkan ke langit dan proses pengambilan data berada dalam radius 20° . Jika skala Mpsas yang didapatkan lebih kecil dari $21 \frac{mag}{arcsec^2}$ maka langit berada pada kategori ‘terang’ atau terdeteksi adanya polusi cahaya, kemudian pada skala $21,4-23 \frac{mag}{arcsec^2}$ maka langit berada pada kategori ‘gelap’ atau tidak ada polusi cahaya yang terdeteksi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kalibrasi Alat Kecerahan Langit

Perancangan alat ukur kecerahan langit malam ini menggunakan beberapa komponen perangkat keras, yaitu Nodemcu ESP8266 sebagai mikrokontroler, Sensor Cahaya (TSL237S-LF) sebagai *input* data, RTC DS3231 sebagai pencatatan data realtime, LCD OLED Display untuk menampilkan output, Module SDCard untuk menyimpan data, kabel *jumper* dan serial monitor pada arduino ide berfungsi untuk menampilkan output nilai sensor.

Bacaan dari alat kecerahan dibandingkan dengan alat ukur kecerahan standar yang biasa

digunakan yaitu Sky Quality Meter (SQM LU-DL). Setelah diamati nilai perbandingan antara alat ukur yang dibuat dengan alat ukur standar, karena alat ukur yang dibuat secara *real time* atau setiap detik. Sehingga pengukuran dilakukan dengan kondisi terang dan gelap kemudian data dipilih sebanyak 87 data dari alat

ukur standar SQM LU-DL dibandingkan dengan bacaan alat kecerahan pada waktu dan tanggal yang sama. Kalibrasi ini dilakukan di Penfui Kupang, Nusa Tenggara Timur. Hasil dari pengukuran kecerahan dari alat yang dirancang dan alat ukur standar bisa dilihat pada gambar 9.

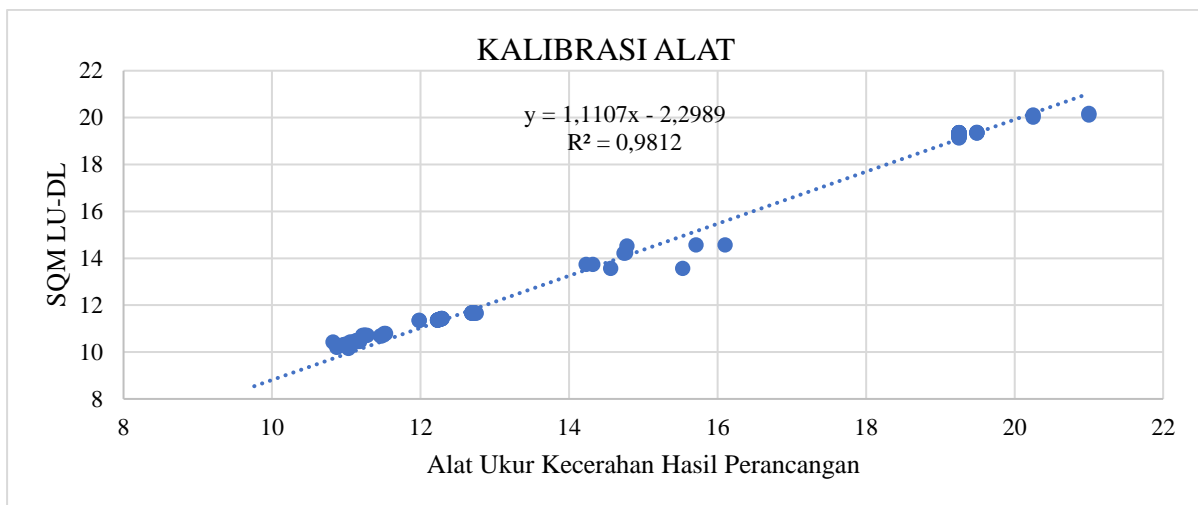


(a)



(b)

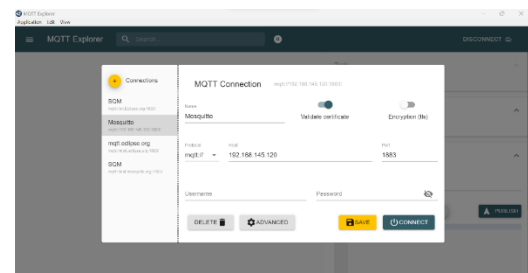
Gambar 8. (a) Rangkaian alat ukur kecerahan langit malam; (b) proses kalibrasi



Gambar 9. Grafik hasil kalibrasi alat

Perancangan MQTT connection

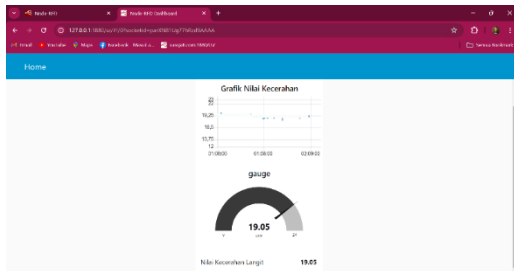
Perancangan broker MQTT Menggunakan aplikasi MQTT Explorer . MQTT adalah sebuah protokol komunikasi yang ringan dan dapat digunakan untuk mentransfer data. Dapat dilihat pada gambar nama yang digunakan yaitu mosquitto sedangkan host yang digunakan merupakan IP bawaan dari laptop dan digunakan port 1883.



Gambar 10. Perancangan MQTT

Tampilan pada Node-RED

Node-RED digunakan untuk membuat *dashboard*, *dashboard* yang dibuat sudah berfungsi dengan baik dalam mengatur komponen IoT yang tersedia, seperti pemantauan alat kecerahan langit secara *real time*. Tampilan pada dashboard IoT

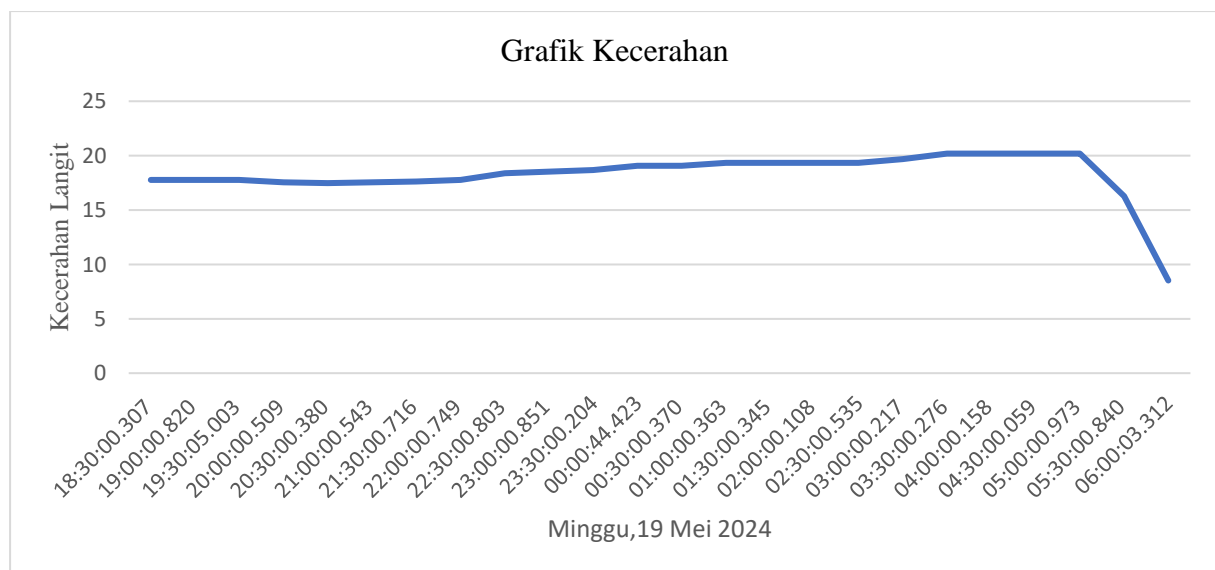


Gambar 11. Tampilan Dashboard IoT

Hasil Analisis Data

Pengukuran dan pengontrolan alat ukur kecerahan langit malam yang berlokasi di Penfui Kupang, Nusa Tenggara Timur dilakukan pada tanggal 19 Mei pada pukul 18.00 WITA sampai tanggal 20 Mei 2024 pukul 06.00 WITA. Data diambil *real time* dengan interval waktu 30 menit tiap 1 jam. Dari pengontrolan dan pengukuran alat kecerahan langit malam di lokasi pengamatan didapatkan hasil kecerahan langit tertinggi yaitu 20,19 mag/arsec² yang merupakan nilai yang tertinggi atau nilai maksimum.

Data kecerahan langit yang di dapatkan kemudian diolah menggunakan Ms.Excel dan dibuat dalam bentuk grafik sebagai berikut :



Gambar 12. Grafik Data Penelitian I

Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa nilai kecerahan langit pada pukul 18.00 WITA hingga pukul 22.00 WITA berada pada nilai 17,76 mag/arsec² ini terjadi karena kondisi bulan yang sangat terang. Nilai ini kemudian terus meningkat, sehingga data grafik berikutnya yang diambil pada pukul 22.30 WITA sampai pukul 05.00 WITA nilai kecerahan langit tertinggi yang didapatkan yaitu 20,19 mag/arsec². Pada pukul 05.30 WITA hingga pukul 06.00 WITA grafik mulai menampilkan penurunan, hal ini dikarenakan cahaya matahari yang muncul dilangit dan

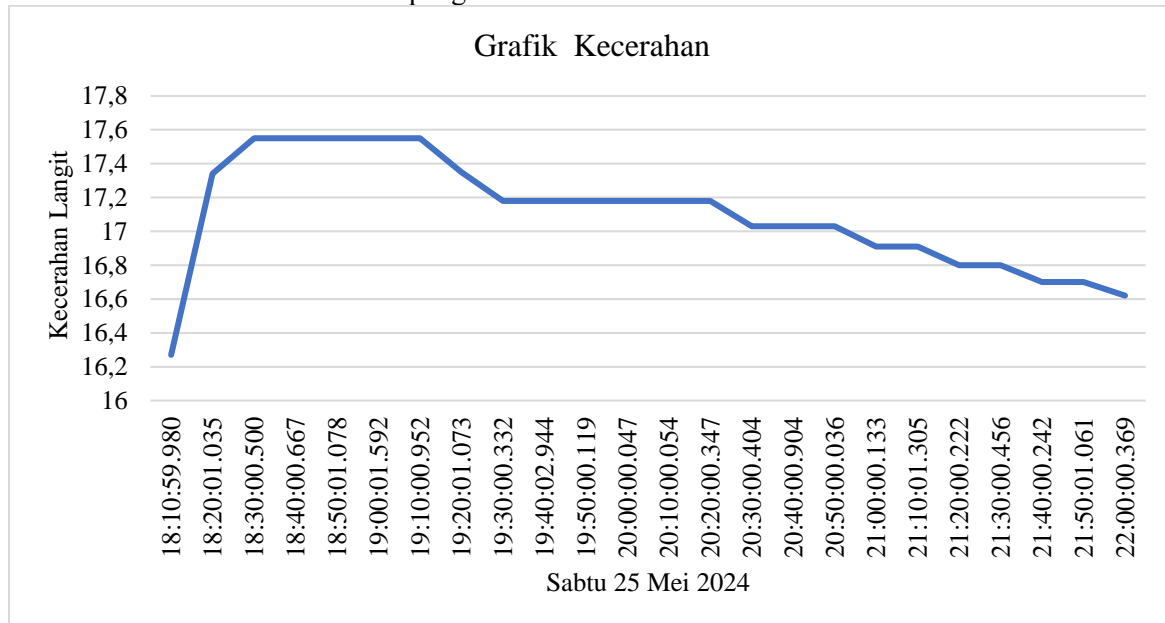
menyebabkan langit berada dalam kondisi terang.

Unihedron, 2020 menginterpretasikan nilai kecerahan langit yang tidak berpolusi atau gelap pada nilai 21-23 mag/arsec², sedangkan langit malam yang berpolusi atau berada pada kondisi terang berada pada nilai 17-20 mag/arsec², sehingga dari data penelitian yang didapatkan disimpulkan bahwa kondisi langit pada tanggal 19 Mei 2024 pukul 18.00 WITA sampai tanggal 20 Mei 2024 pukul 06.00 WITA berada dalam kondisi terang atau terdapat polusi cahaya. Hal ini dikarenakan oleh beberapa faktor yaitu polusi cahaya yang

berasal dari *artificial light* atau cahaya lampu disekitar Daerah Penfui, serta kemunculan cahaya bulan yang terbit dari pukul 17.40 WITA dan terbenam pada pukul 06.04 WITA

Tanggal 25 Mei 2024 pengukuran kecerahan langit malam kembali dilakukan dari pukul 18.00 WITA sampai 22.00 WITA, untuk memvalidasi keakuratan data pengukuran

sebelumnya. Data hasil pengukuran yang di buat dalam bentuk grafik diambil setiap 10 menit sekali dan dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Grafik Data Penelitian II

Berdasarkan grafik di atas dapat dilihat bahwa nilai kecerahan langit malam tertinggi berada pada nilai $17,55 \text{ mag/arsec}^2$ dan grafiknya semakin lama semakin menurun. Hal ini menunjukkan langit berada dalam kondisi terang yang disebabkan oleh cahaya bulan purnama. Jika dibandingkan dengan data sebelumnya maka dapat dikatakan bahwa pengukuran yang dilakukan sudah sesuai dimana pada tanggal 30 Mei 2024 pukul 18.00 WITA hingga 01 April 2024 pukul 05.30 WITA langit malam berada pada keadaan lebih gelap dari tanggal 25 Mei 2024. Dari kedua hasil pengukuran ini maka dapat disimpulkan bahwa langit berada pada kondisi yang terang akibat cahaya bulan pada fase bulan 2 hari setelah purnama.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka kesimpulan yang bisa diambil adalah:

Alat ukur kecerahan langit telah berhasil dirancang dengan menggunakan sensor cahaya (TSL237S-LF) dan NodeMCU ESP8266

terkoneksi dengan jaringan wifi sehingga dapat diakses oleh pengguna lain.

Nilai kecerahan langit di daerah penfui pada tanggal 19 mei 2024 pukul 18.00 WITA sampai 20 Mei 2024 pukul 06.00 WITA diukur secara *real time* dengan hasil pengukuran pada pukul 18.00 WITA sampai pukul 20.00 WITA pada nilai $17,76 \text{ mag/arsec}^2$, nilai ini kemudian terus meningkat dan didapatkan nilai kecerahan langit tertinggi yaitu $20,19 \text{ mag/arsec}^2$ dan pada pukul 05.30 WITA hingga pukul 06.00 wita nilai kecerahan menurun, dan pada pengukuran yang dilakukan pada tanggal 25 Mei dari pukul 18.00 hingga pukul 22.00 nilai kecerahan tertinggi berada pada nilai $17,55 \text{ mag/arsec}^2$ yang disebabkan oleh bulan yang muncul dan langit berada dalam kondisi terang.

Sistem IoT pada alat ukur kecerahan langit dapat bekerja dengan baik dengan menerapkan protokol MQTT pada alat ukur kecerahan langit.

SARAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, penulis memberikan beberapa saran untuk pengembangan penelitian ini, yakni sebagai berikut :

Penelitian ini bisa dikembangkan dengan menambahkan fitur-fitur baru pada aplikasi dan menggunakan mikrokontroler yang berbeda dikarenakan koneksi dari nodemcu esp8266 ke MQTT yang terkadang kurang stabil.

Serta mengintegrasikan sensor-sensor baru yang lebih kompleks untuk menghasilkan data dan akurasi yang lebih baik dalam mengambil keputusan.

DAFTAR PUSTAKA

1 Ahyar M, Pramudya Y. 2020.

Implementasi Sistem Pengolahan Data Sky Quality Meter Berbasis Visual Basic Untuk Analisis Perubahan. *J. Kumparan Fis.* **3**(3): 239.

2 Unihedron. SQM-LU-DL Operator's Manual. Unihedron 4 Lawrence Avenue Grimsby, Canada. 2020.

3 ams Datasheet. TSL237, High-Sensitivity Light-to-Frequency Converter. Austria. 2018.

4 Utama JA. Fotometri Absolut Berbantuan CCD dengan Metode Aperture Photometry. Universitas Pendidikan Indonesia. 2006.

5 Circuit Diagrams. ESP8266 12e Pinout Schematic Circuit Diagram.2018.