

Sistem Monitoring *Greenhouse* Untuk Genus Kantong Semar (*Nepenthes*) Dataran Tinggi berbasis IoT

Jhagas Hana Winaya, Melania Suweni Muntini

Departemen Fisika, Fakultas Sains dan Analitika Data, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: jhagas@e.email

Abstrak—Percobaan Sistem Monitoring *Greenhouse* Untuk Genus Kantong Semar (*Nepenthes*) Dataran Tinggi berbasis IoT dilakukan dengan tujuan bertujuan untuk mempermudah pembacaan kondisi lingkungan *greenhouse* secara nirkabel dengan akurat. Prinsip dari percobaan ini adalah kalibrasi sensor dengan menggunakan hubungan regresi linier. Langkah kerja percobaan adalah dengan menyusun rangkaian dan mengunggah kode ke mikrokontroler lalu data diukur dan data dari sensor dibandingkan dengan data dari kalibrator, lalu dicari hubungannya dengan metode regresi linier. Setelah itu, eror sebelum dikalibrasi dan sesudah dikalibrasi dibandingkan, dan setelah kalibrasi dicari toleransi dari sensor tersebut. persamaan regresi yang didapatkan adalah $1.0137x$. Setelah dikalibrasi ditemukan bahwa eror pengukuran menurun (akurasi meningkat) dan toleransi pengukuran juga menurun menjadi ± 39 lx. Setelah kalibrasi, data iluminans juga digabungkan dengan data kelembapan relatif udara dan suhu dari DHT22. Data tersebut dikirimkan ke basis data PostgreSQL (Supabase) lalu diambil menjadi tampilan laman web yang juga bisa dilihat grafik Riwayat pengukurannya. Data dikirim setiap 5 menit sekali, dan apabila data tidak terkirim maka mikrokontroler akan mengulangi pengiriman data terus menerus hingga data terkirim.

Kata Kunci— BH1750, Internet of Things, Greenhouse, Kalibrasi, Sensor.

I. PENDAHULUAN

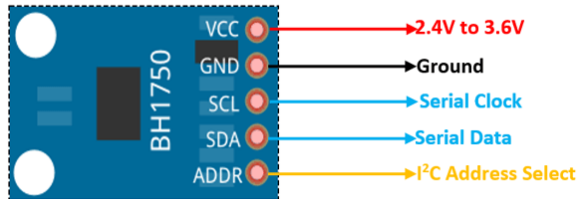
DALAM menerapkan sebuah instrumen pengukuran, dibutuhkan suatu sensor yang dapat dengan akurat mengukur data. Untuk mencapai keakuratan tertentu, maka perlu dilakukan kalibrasi. Hal ini juga dapat diterapkan untuk membuat pengukuran berbasis IoT (*Internet of Things*) yang hasil pengukuran datanya bisa ditampilkan dalam bentuk digital, terlebih apabila dalam bentuk yang portabel, seperti laman *website*. Aplikasi sistem tersebut dapat juga diterapkan untuk memonitor kondisi rumah hijau, terlebih apabila tanaman yang terdapat pada rumah hijau sangat sensitif dengan kondisi lingkungan di sekitarnya seperti intensitas cahaya, suhu maupun kelembapan. Maka dari itu dibuatlah sistem *monitoring* terintegrasi IoT untuk tanaman kantong semar dataran tinggi (*highland nepenthes*) dalam rumah hijau yang terdapat sensor intensitas cahaya, sensor suhu dan sensor kelembapan udara. Selama ini kolektor kantong semar hanya mengandalkan sensor *offline* yang hanya bisa dilihat secara langsung, sehingga pembuatan sistem terintegrasi ini menjadi sangat bermanfaat.

Iluminans (pencahayaan) adalah istilah yang sering

disalahartikan sebagai luminans atau luminositas. Iluminasi mengukur jumlah insiden cahaya di permukaan. Dengan kata lain, iluminasi mengukur jumlah cahaya yang menerangi permukaan. Ini ditimbang oleh panjang gelombang, untuk mengimbangi sensitivitas mata manusia. Iluminans didefinisikan sebagai kejadian fluks luminans total pada permukaan tertentu persatuan luas. Pencahayaan diukur dalam lux (lx) atau lumen per meter persegi. Satuan SI penerangan adalah $cd \cdot sr \cdot m^{-2}$ [1]. Sejumlah cahaya tertentu, jika tersebar di luasan yang lebih besar, akan menerangi permukaan dengan lebih redup. Oleh karena itu, kita dapat mengatakan bahwa jika fluks cahaya dijaga konstan, pencahayaan berbanding terbalik dengan luas [2].

Fotodiode merupakan sebuah komponen elektronika yang termasuk dalam jenis sensor aktif dan terbuat dari bahan semikonduktor. Pada umumnya, fotodiode menangkap cahaya dan mengubahnya menjadi arus listrik (apabila ada tegangan/bias terbalik yang dipasang pada fotodiode tersebut). Cara kerja fotodiode berprinsip pada P-N *junction* yang bekerja dalam bias mundur (*reverse bias*). Dalam fotodiode, arus balik meningkat dengan intensitas cahaya pada P-N *junction*, peningkatan arus bersifat/memiliki garis linier. Ketika tidak ada cahaya datang, arus balik dapat diabaikan karena sangat kecil dan disebut arus gelap. Peningkatan jumlah intensitas cahaya dalam fotodiode dinyatakan sebagai penyinaran [3].

BH1750 adalah sensor cahaya (iluminans) Digital. Mudah untuk disambungkan dengan mikrokontroler, karena menggunakan protokol komunikasi I2C. Sensor ini mengonsumsi jumlah arus yang sangat rendah. Sensor ini menggunakan fotodiode untuk merasakan cahaya. Fotodiode ini berisi P-N *junction*. Ketika cahaya jatuh di atasnya, pasangan elektron-lubang dibuat di daerah penipisan (*depletion area*). Karena efek foto listrik internal, listrik dihasilkan di fotodiode. Listrik yang dihasilkan ini sebanding dengan intensitas cahaya. Cahaya diukur tergantung pada intensitasnya. Frekuensi respons fotodiode yang digunakan untuk merasakan cahaya mendekati frekuensi respons mata manusia. Pada sensor BH1750 terdapat op-amp. Lalu tegangan dari op-amp diteruskan ke ADC untuk mengubah nilai analog yang disediakan oleh op-amp menjadi nilai digital. Setelah itu, nilai iluminans digital diterjemahkan menjadi data dengan protokol I2C dan proses komunikasi I2C berlangsung. Digunakan *clock*



Gambar 1. Kaki Keluaran BH1750 dengan protocol komunikasi data I2C

osilator dengan frekuensi 320kHz, untuk logika internal dan protokol komunikasi I2C. Kaki keluaran dari BH1750 ditampilkan pada gambar 1 [4].

Untuk melakukan kalibrasi sensor dengan kalibrator yang lebih akurat dan presisi, digunakan metode regresi linier untuk menemukan hubungan antara data dari sensor dengan kalibrator. Analisis regresi linier adalah studi tentang masalah hubungan 2 variabel yang ditampilkan dalam persamaan matematika. Analisis regresi linier lebih akurat dalam melakukan analisis korelasi, peramalan atau perkiraan nilai variabel terikat pada nilai variabel bebas lebih akurat. Rumus dari analisis regresi linear sederhana adalah sebagai berikut

$$Y = aX + b \quad (1)$$

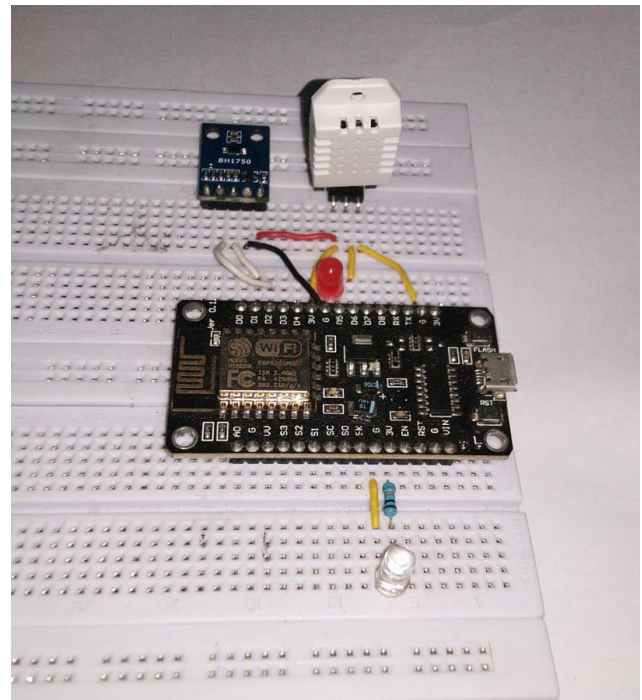
Dalam hal ini Y adalah nilai data kalibrator dan X adalah nilai dari sensor. Sedangkan a adalah koefisien dan b adalah konstanta yang menghubungkan antara nilai data sensor dan kalibrator [5].

Kelompok tumbuhan kantong semar dataran tinggi terdiri dari sebagian besar genus dan dapat ditemukan tumbuh di dataran tinggi di pegunungan. Mereka memiliki habitat dengan suhu siang hari antara 23-28 °C dan mengalami penurunan suhu 6-9 derajat di malam hari, biasanya pada 12-15 °C. Meskipun kelompok kantong semar ini dapat bertahan di suhu yang lebih hangat, suhu lebih rendah bermanfaat untuk pertumbuhan yang kuat dan kesehatan secara keseluruhan. Tingkat kelembaban harus di atas 75% pada siang hari dengan malam hari menjadi 100% [6]. Untuk intensitas cahaya, Sebagian besar kantong semar biasanya membutuhkan sekitar 3000 Lux hingga 25.000 Lux bergantung pada genus [7].

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan pada praktikum kali ini yaitu yang pertama *project board* yang berfungsi sebagai wadah atau tempat untuk merangkai rangkaian percobaan. Kabel *jumper* untuk menghubungkan rangkaian di *project board*. Alat yang digunakan selanjutnya yaitu catu daya DC 5V yang berfungsi sebagai sumber tegangan pada rangkaian. Selanjutnya, DHT22 digunakan sebagai sensor untuk pengukuran suhu dan kelembapan relatif udara yang kemudian dikalibrasikan dengan



Gambar 2. Skema Rangkaian Percobaan BH1750 sebagai sensor pengukur iluminans (pencahayaan).

kalibrator suhu berupa termometer digital dan kalibrator kelembapan udara yaitu higrometer. Digunakan BH1750 sebagai sensor intensitas cahaya yang kemudian dikalibrasikan dengan kalibrator berupa Luxmeter. Sebagai mikrokontroler digunakan ESP8266 yang dapat melakukan komunikasi nirkabel dengan Wi-Fi. Digunakan satu LED merah untuk indikator error dan satu LED putih untuk indikator daya tersambung. Dibutuhkan pula laptop dan kabel data *micro-USB* sebagai alat pemrogram ESP8266. Untuk ruang kalibrasi, dibutuhkan ruangan/kotak gelap dan lampu LED dengan kemampuan dapat meningkatkan kecerahan cahaya LED dalam ruangan/kotak tersebut.

B. Skema Rangkaian

Skema rangkaian yang digunakan pada percobaan praktikum kali ini akan ditampilkan pada gambar 2.

C. Langkah Kerja

Percobaan kali ini hanya berfokus pada pengukuran dan kalibrasi sensor iluminans (pencahayaan) BH1750. Langkah kerja yang pertama adalah alat dan bahan disiapkan termasuk pemrograman Arduino atau ESP pada perangkat lunak Arduino IDE. Lalu rangkaian dirangkai sesuai gambar 2 dan sesuai dengan *pin* yang ada pada gambar 1 menggunakan kabel *jumper*. Pengambilan data dilakukan pada ruangan gelap yang diterangi lampu LED yang dapat diatur kecerahannya dengan menampilkan serial monitor di *software* Arduino IDE, iluminans diatur (dilihat pada luxmeter) pada 5000 lx, 10000 lx, 15000 lx, 20000 lx, dan 25000 lx. Dilakukan kalibrasi sensor dengan data yang telah didapat diregresi dan di cari persamaan regresinya melalui Excel (dengan sumbu horizontal adalah data dari sensor BH1750 dan sumbu vertikal adalah data dari luxmeter), lalu dibuat grafik datanya. Selanjutnya, persamaan regresi dimasukkan ke dalam pemrograman. Terakhir,

Tabel 1.

Tabel data dari luxmeter dan BH1750 dengan 3 kali pengulangan pengambilan data serta rata-rata dari pengulangan dan nilai error dari rata-rata (dibandingkan dengan data luxmeter) sebelum dikalibrasi.

Luxmeter (lx)	BH1750 (lx)			Rata-rata	Error (%)	Toleransi
	1	2	3			
5000	4568	4568	4568	4568	8.64	432
10000	9427	9427	9426	9426	5.74	574
15000	14514	14517	14512	14514	3.24	486
20000	19749	19748	19748	19748	1.26	252
25000	25033	25043	25054	25043	0.17	43
Rata-Rata Toleransi						357

Tabel 2.

Tabel data dari luxmeter dan BH1750 dengan 3 kali pengulangan pengambilan data serta rata-rata dari pengulangan dan nilai error dari rata-rata (dibandingkan dengan data luxmeter) sesudah dikalibrasi.

Luxmeter (lx)	BH1750 (lx)			Rata-rata	Error (%)	Toleransi
	1	2	3			
5000	4996	4997	4995	4996	0.08	4
10000	9985	9986	9984	9985	0.15	15
15000	14987	14953	14944	14961	0.26	39
20000	19998	19999	19999	19999	0.01	1
25000	24994	24989	24954	24979	0.09	21
Rata-Rata Toleransi						16

dilakukan pengambilan data setelah sensor BH1750 dikalibrasi dengan menampilkan serial monitor di *software* Arduino IDE, lalu dibuat grafik.

D. Flowchart

Diagram alir percobaan pada praktikum ini akan ditampilkan pada lampiran 1.

E. Persamaan Yang Digunakan

Digunakan persamaan untuk menghitung nilai error dan konstanta serta koefisien regresi linier. Persamaan untuk menghitung nilai error adalah

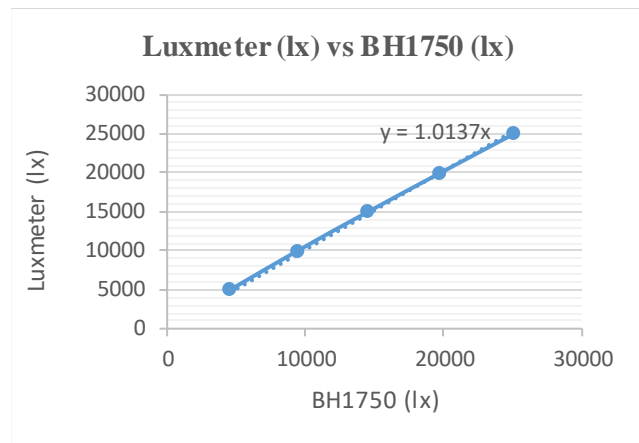
$$\text{Err} = \left[\frac{|\text{data sensor} - \text{data kalibrator}|}{\text{nilai perhitungan}} \right] \times 100\% \quad (2)$$

Sedangkan persamaan untuk menghitung nilai konstanta serta koefisien regresi linier (sesuai dengan persamaan 1) adalah

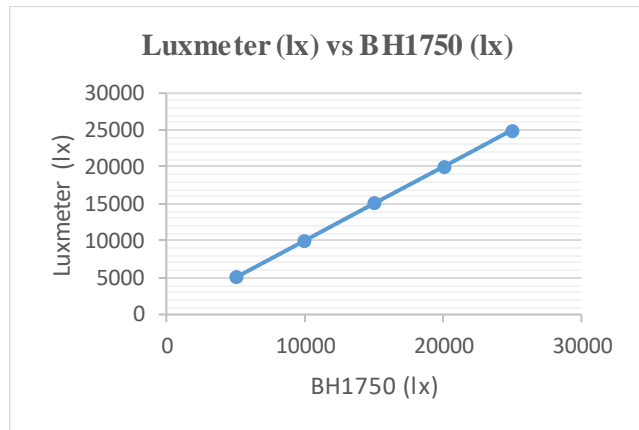
$$a = \frac{(\sum y)(\sum x^2) - (\sum x)(\sum xy)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \quad (3)$$

$$b = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \quad (4)$$

Dengan nilai b disetel menjadi 0, sesuai dengan arahan kalibrasi dari *datasheet* BH1750, sehingga hanya nilai a yang dihitung.



Gambar 3. Grafik data suhu dari BH1750 sebelum dikalibrasi (sumbu horizontal) dan dari Luxmeter (sumbu vertikal)



Gambar 4. Grafik data suhu dari BH1750 sesudah dikalibrasi (sumbu horizontal) dan dari Luxmeter (sumbu vertikal)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Data

Pada percobaan kali ini didapat data suhu dari Termometer digital dan BH1750 sebelum dan sesudah dikalibrasi. Data-data tersebut disajikan pada tabel 1 dan 2.

B. Grafik

Dari data yang disajikan pada tabel 1 dan tabel 2, dibuat grafik dengan sumbu horizontal adalah rata-rata dari pengukuran suhu BH1750 dan sumbu vertikal adalah pengukuran iluminans dari luxmeter. Grafik disajikan pada gambar 3 dan 4.

C. Pembahasan

Pembuatan Sistem Monitoring *Greenhouse* Untuk Genus Kantong Semar (*Nepenthes*) Dataran Tinggi berbasis IoT bertujuan untuk mempermudah pembacaan kondisi lingkungan *greenhouse* secara nirkabel dengan akurat. Untuk menciptakan pembacaan yang akurat, diperlukan kalibrasi sensor dengan menggunakan kalibrator (instrumen pengukuran yang lebih akurat). Prinsip dari percobaan ini adalah kalibrasi sensor dengan menggunakan hubungan regresi linier. Langkah kerja percobaan adalah dengan menyusun rangkaian dan mengunggah kode Arduino ke mikrokontroler lalu data diukur

dan data dari sensor dibandingkan dengan data dari kalibrator, lalu dicari hubungannya dengan metode regresi linier. Setelah itu, eror sebelum dikalibrasi dan sesudah dikalibrasi dibandingkan dan setelah kalibrasi dicari toleransi dari sensor tersebut.

Dari *datasheet* BH1750, eror pengukuran iluminans dari instrumen tersebut adalah $\pm 20\%$. Dari hasil yang didapat menunjukkan tingkat toleransi yang sesuai dari *datasheet*. Namun setelah kalibrasi yang dilakukan dengan kalibrator luxmeter bawaan dari ponsel pintar, toleransi pengukuran bisa bervariasi namun rata-ratanya menunjukkan eror tertinggi berada di $\pm 0,26\%$, yang berarti terjadi peningkatan akurasi sensor. Dapat dilihat toleransi dari sensor BH1750 berkurang sesudah kalibrasi. Sebelumnya toleransi pengukuran bisa mencapai ± 574 lx, namun setelah kalibrasi nilai eror menurun sehingga toleransi maksimalnya hanya ± 39 lx. Hal ini menunjukkan bahwa kalibrasi bisa meningkatkan keakuratan dan mengurangi toleransi pengukuran dari sensor. Setelah kalibrasi, data iluminans juga digabungkan dengan data kelembapan relatif udara dan suhu dari DHT22. Data tersebut dikirimkan ke basis data PostgreSQL (Supabase) lalu diambil menjadi tampilan laman web yang juga bisa dilihat grafik Riwayat pengukurannya. Kode sumber dari kode ESP8266 dan kode tampilan web dapat diakses dari <https://github.com/jhagas/greenhouse-ui/>. Tampilan web uji coba dapat diakses dari <https://greenhousemu.netlify.app/>. Data dikirim setiap 5 menit sekali, dan apabila data tidak terkirim maka mikrokontroler akan mengulangi pengiriman data terus menerus hingga data terkirim.

Faktor eror yang terdapat pada percobaan pengukuran iluminans ini adalah adanya ketidaksamaan pada kemiringan (direksionalitas) dari sensor BH1750 dan juga kalibrator yang menyebabkan adanya variasi pada data yang didapatkan.

IV. KESIMPULAN

Dari percobaan Sistem Monitoring *Greenhouse* Untuk Genus Kantong Semar (*Nepenthes*) Dataran Tinggi berbasis IoT yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan bahwa:

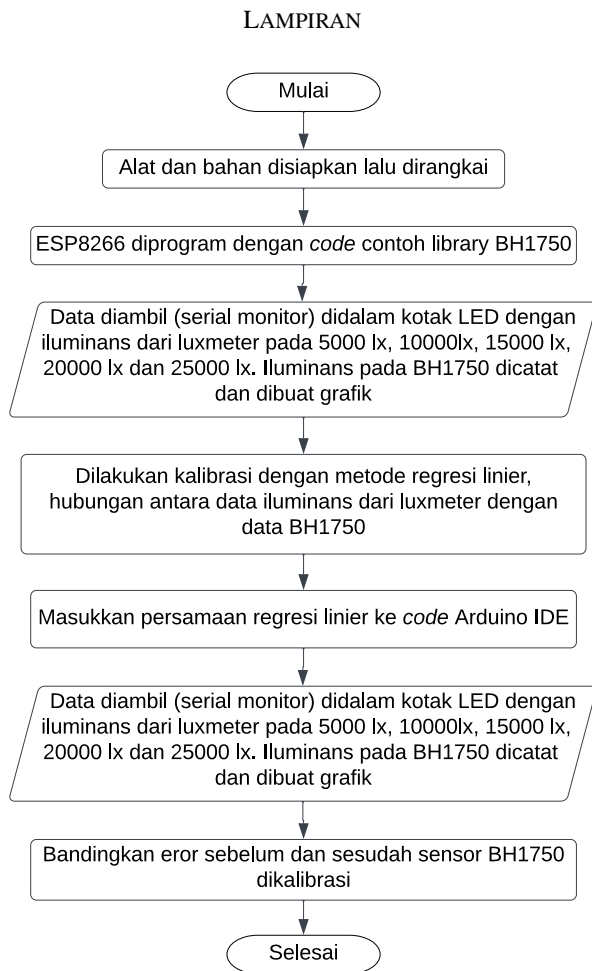
- Pengukuran yang akurat dapat dicapai dengan melakukan kalibrasi sensor. Kalibrasi adalah membandingkan hasil ukur dari sensor dengan data dari kalibrator yang merupakan instrumen pengukuran suhu yang lebih akurat (luxmeter). Kalibrasi dilakukan dengan metode regresi linier, persamaan regresi yang didapatkan adalah $1.0137x$. Setelah dikalibrasi ditemukan bahwa eror pengukuran menurun (akurasi meningkat) dan toleransi pengukuran juga menurun menjadi ± 39 lx.
- Laman web dapat diakses dengan baik, dan pengiriman data dari sensor dan mikrokontroler dapat berjalan optimal meski sering kali terdapat putus jaringan karena mikrokontroler akan terus mencoba mengulangi pengiriman data apabila data tidak terkirim.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis J.W. mengucapkan syukur kepada Allah SWT karena berkat dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan resmi ini dengan tepat waktu. Kemudian, penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Ibu Melania Suweni Muntini sebagai dosen mata kuliah MBKM Akuisisi Data Digital yang telah memberikan tenaganya untuk memandu kelas MBKM ini. Selanjutnya, tidak lupa penulis ucapkan terima kasih untuk Mas Gusti sebagai Pemandu Laboratorium yang telah bersedia membimbing kelas ini di Laboratorium Elektronika. Terakhir, terima kasih juga diucapkan kepada Farid dan Wildan yang menjadi *support system* yang baik dan bisa diajak bekerja sama dalam praktikum ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Strephonsays, "Perbedaan Antara Luminance Dan Illuminance," *Strephonsays*. 2013, [Online]. Available: <https://id.strephonsays.com/luminance-and-vs-illuminance-13813>.
- [2] Vedantu, "Unit of Light," *VEDANTU*. Vedantu, 2020, [Online]. Available: <https://www.vedantu.com/physics/unit-of-light>.
- [3] T. L. Floyd, *Digital Fundamentals, Global Edition*. Pearson Education Limited, 2015.
- [4] T. Agarwal, "BH1750 Ambient Light Sensor - Specifications & Applications," *ElProCus - Electronic Projects for Engineering Students*. 2019, [Online]. Available: <https://www.elprocus.com/bh1750-specifications-and-applications/>.
- [5] F. Huda, "Pengertian Dan Contoh Kasus Uji Regresi Linear Sederhana Dan Berganda," *Fatkhan.web.id*. 2018, [Online]. Available: <https://fatkhan.web.id/pengertian-dan-contoh-kasus-uji-regresi-linear- sederhana-dan-berganda/>.
- [6] R. Exotics, "Nepenthes Care Guide," *RedLeaf Exotics*. 2022, [Online]. Available: <https://redleafexotics.com/pages/nepenthes-care-guide#:~:text=Day temperatures between 84-88F, humidity in the 80%25 range>.
- [7] I. C. P. Society, "Fluorescent Indoor Plant Lighting," *Carnivorousplants.org*. 2013, [Online]. Available: <https://www.carnivorousplants.org/grow/SoilsWaterLight/FluorescentLighting>.



Lampiran 1. Diagram alir praktikum sensor iluminans BH1750.



Lampiran 2. Proses pengambilan data dan kalibrasi sensor BH1750 dengan kotak LED yang dapat divariasikan kecerahannya.



Lampiran 3. Rangkaian dalam chamber pada saat pengambilan data dan kalibrasi sensor BH1750 dengan dengan kotak LED yang dapat divariasikan kecerahannya.



Lampiran 4. Tampilan laman web dari Sistem Monitoring Greenhouse Untuk Genus Kantong Semar (Nepenthes) Dataran Tinggi berbasis IoT, dengan nama web greenhousemu.