

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 $1.0323x - 0.602$. Setelah dikalibrasi ditemukan bahwa eror pengukuran menurun (akurasi meningkat) dan toleransi pengukuran juga menurun menjadi $\pm 0,5$ °C. Setelah kalibrasi, data kelembapan relatif udara juga digabungkan dengan data suhu dari DHT22 serta data iluminansi dari sensor BH1750. 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— DHT22, Internet of Things, Greenhouse, Kalibrasi, Sensor.

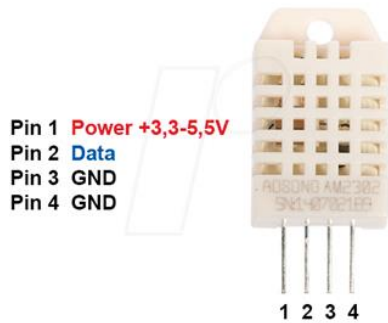
I. PENDAHULUAN

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.

Kelembaban relatif adalah jumlah uap air di udara pada suhu tertentu dibandingkan dengan apa yang dapat ditampung oleh udara pada suhu itu. Ketika udara memiliki jumlah uap air tertentu, ia akan mengembun, menyebabkan udara terasa lembab. Secara matematis, kelembaban relatif adalah ukuran gram per meter kubik (g/m^3) dari uap air di udara dibagi dengan ukuran gram per meter kubik (g/m^3) dari jumlah maksimum kelembaban udara dapat bertahan pada suhu tertentu. Angka yang dihasilkan dikalikan dengan 100 untuk mendapatkan persentase, yang merupakan kelembaban relatif. Higrometer dapat mengukur nilai kelembapan relatif saat ini di dalam udara [1].

Sensor kelembaban terdiri kapasitor kecil yang di dalamnya terdapat bahan dielektrik higroskopis yang ditempatkan di antara sepasang elektroda. Sebagian besar sensor kapasitif menggunakan plastik atau polimer sebagai bahan dielektrik, dengan konstanta dielektrik khas mulai dari 2 hingga 15. Ketika tidak ada kelembaban dalam sensor, baik konstanta ini dan geometri sensor menentukan nilai kapasitansi. Oleh karena itu, penyerapan kelembaban oleh sensor menghasilkan peningkatan kapasitansi sensor. Pada kondisi kesetimbangan, jumlah kelembaban yang ada dalam bahan higroskopis tergantung pada suhu sekitar dan tekanan uap air sekitar. Ini juga berlaku untuk bahan dielektrik higroskopis yang digunakan dalam sensor. Menurut definisi, kelembaban relatif adalah fungsi dari suhu sekitar dan tekanan uap air. Ada hubungan langsung antara kelembaban relatif, jumlah kelembaban yang ada dalam sensor, dan kapasitansi sensor. Hubungan ini berada di dasar operasi instrumen kelembaban kapasitif [2].

Sensor DHT merupakan paket sensor yang berfungsi untuk mengukur suhu dan kelembaban udara sekaligus yang di dalamnya terdapat termistor tipe NTC (*Negative Temperature Coefficient*) untuk mengukur suhu, sebuah sensor kelembapan dengan karakteristik resistif terhadap perubahan kadar air di udara serta terdapat IC yang di dalamnya melakukan beberapa konversi analog ke digital dan mengeluarkan keluaran dengan format *single-wire bi-directional* (kabel tunggal dua arah). Sensor suhu DHT22 memiliki karakteristik masukan tegangan 3V hingga 5V. Konsumsi arus maksimal 2,5mA saat digunakan selama konversi (saat meminta data). Kelembaban 0-100% dengan akurasi 2-5%. Baik untuk pembacaan suhu -40 hingga 80 °C dengan akurasi $\pm 0,5$ °C. Pengambilan data minimal 0.5 Hz (sekali setiap 2 detik) . Kaki keluaran dari DHT22



Gambar 1. Kaki Keluaran DHT22, digunakan resistor pullup 10K antara kaki 1 dan kaki2.

ditampilkan pada gambar 1 [3].

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

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

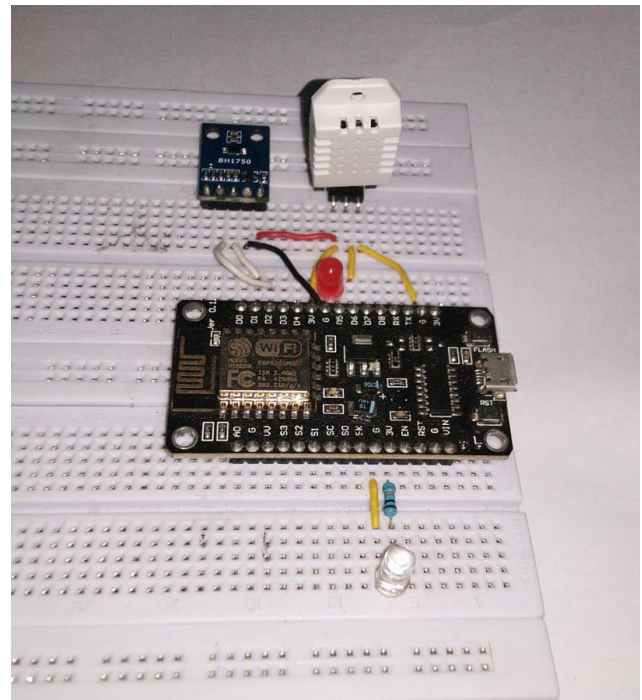
Dalam hal ini Y adalah nilai data kalibrator dan X adalah nilai dari sensor. Sedangkan a adalah koefisien dan b adalah konstanta yang menghubungkan antara nilai data sensor dan kalibrator [4].

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% [5]. Untuk intensitas cahaya, Sebagian besar kantong semar biasanya membutuhkan sekitar 3000 Lux hingga 25.000 Lux bergantung pada genus [6].

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 kalibrator suhu berupa termometer digital dan kalibrator kelembapan udara yaitu higrometer.



Gambar 2. Skema Rangkaian Percobaan DHT22 sebagai sensor pengukur suhu.

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 microUSB sebagai alat pemrogram ESP8266. Untuk ruang kalibrasi, dibutuhkan *chamber* kelembapan dengan kemampuan dapat meningkatkan kelembapan dalam *chamber* 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 kelembapan relatif DHT22. 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 *chamber* kelembapan dengan menampilkan serial monitor di software Arduino IDE, kelembapan *chamber* diatur (dilihat pada higrometer pada *chamber*) pada kelembapan relatif 60%, 65%, 70%, 75%, 80%. Usahakan DHT22 dan modul pengukuran kelembapan *chamber* berada di posisi yang sedekat mungkin agar mendapat pengukuran yang akurat untuk dapat dikalibrasi dengan baik. Dilakukan kalibrasi sensor dengan data yang telah didapat diregresi dan di cari persamaan regresinya melalui Excel (dengan sumbu horizontal adalah data dari sensor DHT22 dan sumbu vertikal adalah data dari higrometer digital bawaan dari *chamber*), lalu dibuat grafik datanya. Selanjutnya, persamaan regresi dimasukkan ke dalam pemrograman.

Terakhir, dilakukan pengambilan data setelah sensor DHT22

Tabel 1.

Tabel data dari higrometer dan DHT22 dengan 3 kali pengulangan pengambilan data serta rata-rata dari pengulangan dan nilai error dari rata-rata (dibandingkan dengan data higrometer) sebelum dikalibrasi.

Higrometer (°C)	DHT22 (°C)					Toleransi
	1	2	3	Rata-rata	Error (%)	
60	53.7	53.6	53.5	53.6	10.67	6.4
65	60.1	60	59.8	60.0	7.74	5
70	64.6	65.3	65.8	65.2	6.81	4.8
75	70.5	71	71.6	71.0	5.29	4
80	77.7	77.6	77.5	77.6	3.00	2.4
Rata-Rata Toleransi						4.52

Tabel 2.

Tabel data dari higrometer dan DHT22 dengan 3 kali pengulangan pengambilan data serta rata-rata dari pengulangan dan nilai error dari rata-rata (dibandingkan dengan data higrometer) sesudah dikalibrasi.

Higrometer (°C)	DHT22 (°C)					Toleransi
	1	2	3	Rata-rata	Error (%)	
60	60.29	60.2	60.03	60.2	0.29	0.2
65	64.68	65.11	65.61	65.1	0.21	0.1
70	69.92	70.35	70.43	70.2	0.33	0.2
75	74.66	75.08	75.42	75.1	0.07	0.1
80	79.82	80.32	80.66	80.3	0.33	0.3
Rata-Rata Toleransi						0.18

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

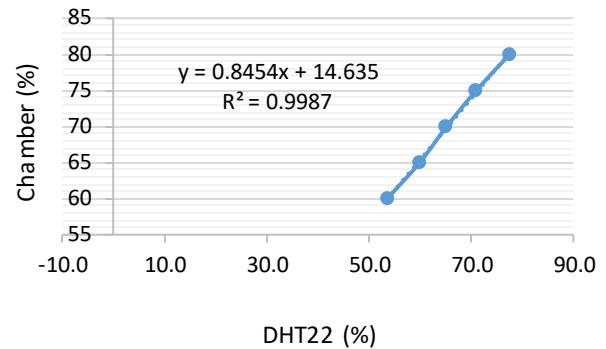
$$\text{Err} = \left[\frac{|\text{data sensor} - \text{data kalibrator}|}{\text{nilai perhitungan}} \right] \times 100\% \quad (2)$$

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

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

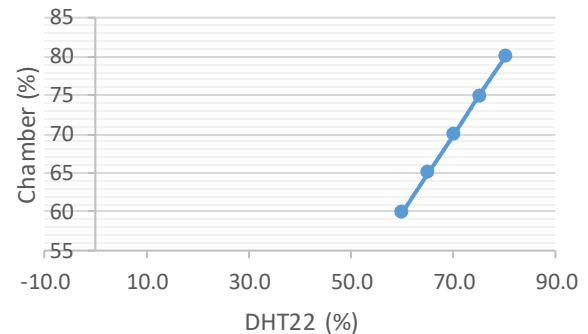
$$b = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \quad (4)$$

Chamber (%) vs DHT22 (%)



Gambar 3. Grafik data kelembapan relatif dari DHT22 sebelum dikalibrasi (sumbu horizontal) dan dari higrometer (sumbu vertikal).

Chamber (%) vs DHT22 (%)



Gambar 4. Grafik data kelembapan relatif dari DHT22 sesudah dikalibrasi (sumbu horizontal) dan dari higrometer (sumbu vertikal).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Data

Pada percobaan kali ini didapat data kelembapan relatif dari higrometer digital dan DHT22 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 DHT22 dan sumbu vertikal adalah pengukuran kelembapan relatif dari higrometer bawaan *chamber*. 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* DHT22, toleransi pengukuran kelembapan relatif udara dari instrumen tersebut adalah $\pm 5\%$. Dari hasil yang didapat menunjukkan tingkat toleransi yang sedikit lebih tinggi dari *datasheet*. Namun setelah kalibrasi yang dilakukan dengan kalibrator higrometer digital yang ada pada *chamber*, toleransi pengukuran bisa bervariasi namun rata-ratanya menunjukkan toleransi berada tepat di $\pm 0,18\%$, yang diluar dugaan jauh dibawah nilai yang tertera pada *datasheet*. Dapat dilihat akurasi dari sensor DHT22 meningkat sesudah kalibrasi. Sebelumnya eror pengukuran bisa mencapai 10,7%, namun setelah kalibrasi nilai eror menurun sehingga eror maksimalnya hanya 0,3%. Hal ini menunjukkan bahwa kalibrasi bisa meningkatkan keakuratan dan mengurangi toleransi pengukuran dari sensor. Setelah kalibrasi, data kelembapan relatif udara juga digabungkan dengan data suhu dari DHT22 serta data iluminasi dari sensor BH1750. 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 suhu ini adalah adanya ketidakmerataan jumlah uap air dari *vaporizer/humidifier* dalam *chamber* sehingga terjadi fluktuasi data. Selain itu DHT22 dikenal memiliki ketunakan, sehingga apabila dinyalakan dalam waktu yang lama, maka pengukuran akan banyak mengalami kesalahan karena perangkat pengukuran telah tunak.

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 (termometer digital). Kalibrasi dilakukan dengan metode regresi linier, persamaan regresi yang didapatkan adalah $0,8454x + 14,635$. Setelah dikalibrasi ditemukan bahwa eror pengukuran menurun (akurasi meningkat) dan toleransi pengukuran juga menurun menjadi $\pm 0,3^\circ\text{C}$.
- 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.

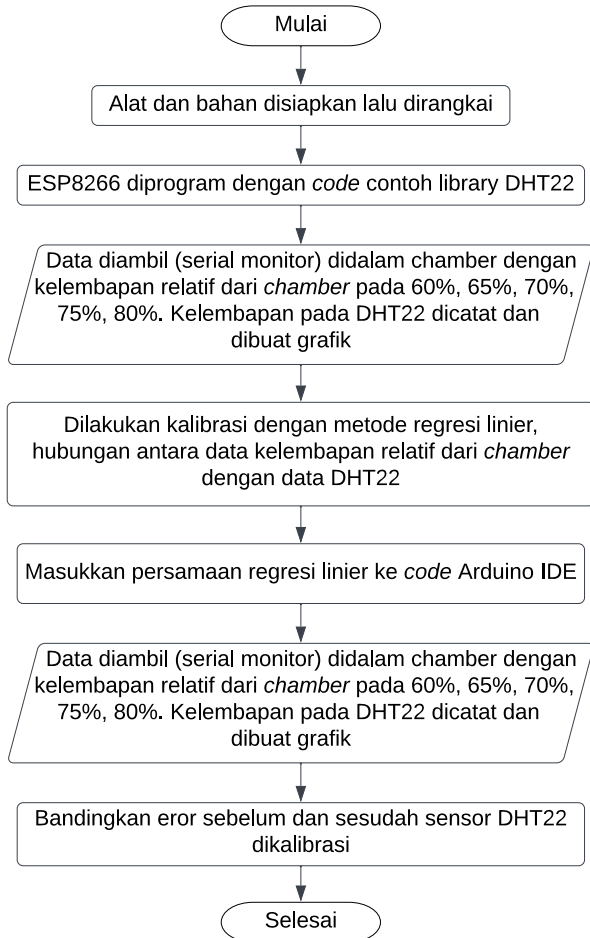
UCAPAN TERIMA KASIH

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] C. Vanvuren, "What Is Relative Humidity, and What's an Ideal Level for Your Home?," *Molekule Blog*. 2018, [Online]. Available: <https://molekule.science/what-is-relative-humidity/>.
- [2] Rotronic, "The Capacitive Humidity Sensor," *Rotronic.com*. Process Sensing Technologies, 2021, [Online]. Available: https://www.rotronic.com/en/humidity_measurement-feuchtemessung-mesure_de_1_humidite/capacitive-sensors-technical-notes-mr.
- [3] M. Musbikhin, "Apa Itu Sensor DHT11 Dan DHT22 Serta Perbedaannya," *musbikhin.com*. 2020, [Online]. Available: <https://www.musbikhin.com/apa-itu-sensor-dht11-dan-dht22-serta-perbedaannya/>.
- [4] 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-ederhana-dan-berganda/>.
- [5] 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>.
- [6] I. C. P. Society, "Fluorescent Indoor Plant Lighting," *Carnivorousplants.org*. 2013, [Online]. Available: <https://www.carnivorousplants.org/grow/SoilsWaterLight/FluorescentLighting>.

LAMPIRAN



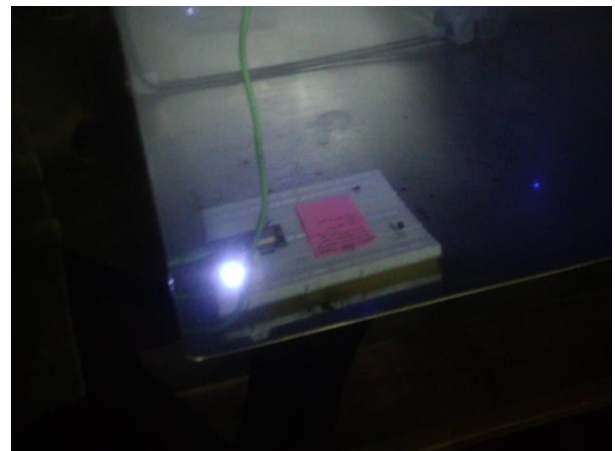
Lampiran 1. Diagram Alir Praktikum Sensor Suhu DHT22



Lampiran 2. Proses pengambilan data dan kalibrasi sens or DHT22 dengan chamber suhu.



Lampiran 3. Rangkaian dalam chamber pada saat pengambilan data dan kalibrasi sensor DHT22 dengan chamber kelembapan relatif.



Lampiran 4. Rangkaian dalam chamber pada saat pengambilan data dan kalibrasi sensor DHT22 dengan chamber kelembapan relatif.



Lampiran 5. Tampilan laman web dari Sistem Monitoring *Greenhouse* Untuk Genus Kantong Semar (*Nepenthes*) Dataran Tinggi berbasis IoT, dengan nama web greenhousemu.