

PERANCANGAN SENSOR, AKTUATOR DAN AKUISISI DATA PADA PROTOTYPE SMART GREENHOUSE UNTUK PERTUMBUHAN TANAMAN SAWI

Taufiq Rachmadi Putra ^{*}), Aris Triwiyatno dan Hadha Afrisal

Program Studi Sarjana Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro
Jl. Prof Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

^{*}E-mail: taufiq.11a5.281@gmail.com

Abstrak

Parameter yang dibutuhkan sebagai syarat menanam sawi hijau yang baik antara lain untuk suhu udara sebesar 35° Celsius, intensitas cahaya sebesar 17.000 lux dan kelembaban tanah konstan di 80%. Melalui data tersebut dibuatlah komponen elektronika yang diperlukan sebagai sensor, aktuator, dan modul akuisisi data. Selain itu pada penelitian kali ini digunakan Thingspeak sebagai HMI (Human Machine Interface) sebagai media untuk melakukan monitoring terhadap parameter-parameter. Pada penelitian ini didapatkan hasil dari pengujian terhadap sensor suhu udara DHT11 memiliki error pembacaan sebesar 2,49 % dengan tingkat linearitas sensor 0,9832. Sensor YL-69 untuk pembacaan kelembaban tanah memiliki error pembacaan sebesar 5,74 % dengan tingkat linearitas sensor 0,9983 dan transducer BH1750 untuk pembacaan intensitas cahaya memiliki error pembacaan sebesar 4,14 % dengan tingkat linearitas transducer 0,996. Pada pengujian pengaksesan aktuator didapatkan data bahwa aktuator lampu pijar mampu memanaskan prototipe maksimum dengan suhu sebesar 43° Celsius, aktuator lampu LED mampu memberikan penyinaran maksimum sebesar 29.485,83 lux, dan aktuator pompa dc bisa dijalankan untuk mencapai kelembaban melebihi 80%. Sedangkan pada pengujian terakhir untuk pengujian akuisisi data didapatkan error data pengiriman sebesar 1 kali setiap 10 kali pengiriman data.

Kata-kunci : Smart Greenhouse, tanaman sawi, suhu, kelembaban tanah, cahaya, HMI, Thingspeak

Abstract

The parameters required for planting mustard greens include an air temperature of 35 ° Celsius, light intensity of 17,000 lux and constant soil moisture at 80%. Through this data, components needed as sensors, actuators, and data acquisition modules are made. In addition, Thingspeak is used as a HMI (Human Machine Interface) as medium for monitoring parameters. The results obtained from testing the DHT11 air temperature sensor had a reading error of 2.49% with a sensor linearity level of 0.9832. The YL-69 sensor for soil moisture readings has a reading error of 5.74% with a sensor linearity level of 0.9983 and the BH1750 transducer for light intensity readings has a reading error of 4.14% with a transducer linearity level of 0.996. In the actuator access test, data shows that the incandescent lamp actuator is able to heat the maximum prototype with a temperature of 43 ° Celsius, the LED light actuator is able to provide a maximum illumination of 29,485.83 lux, and the dc pump actuator can be run to achieve humidity exceeding 80%. Whereas in the last test for data acquisition testing, data transmission errors were obtained 1 time for every 10 times data transmission.

Keywords: Smart Greenhouse, mustard greens, temperature, soil moisture, light, HMI, Thingspeak

1. Pendahuluan

Sejauh ini, petani tradisional menanam sawi di lingkungan terbuka. [1] Akibatnya saat musim hujan, banyak tanaman yang rusak terkena air hujan dan terserang penyakit. Sedangkan saat musim kemarau, kualitasnya turun karena daun sawi dimakan serangga. Ada banyak metode yang telah digunakan untuk menanggulangi hal tersebut. Salah satunya penggunaan Green house. Dengan menggunakan Green house petani dapat membuat tempat yang ideal untuk budidaya tanaman pangan, tanaman buahan, dan

tanaman hortikultura seperti sayuran sawi. Pengkhususan pada tanaman sawi karena tanaman sawi mudah merespon perubahan lingkungan yang tidak sesuai dengan pertumbuhannya. [2] Hal ini ditunjukkan langsung oleh perubahan fisik tanaman seperti daun menjadi layu. Menurut penelitian sebelumnya, kondisi tanaman sawi akan optimum [3] jika greenhouse suhunya 35°C dengan intensitas cahaya 17000 lux menghasilkan nilai dan kelembaban yang dikontrol secara konstan yaitu ±80%.

Pada penelitian ini, mikrokontroler Arduino Mega 2560 [4] digunakan sebagai pusat pengontrolan, sinyal kontrol akan dikirimkan melalui module driver motor L298N [5] untuk pompa air sebagai pengatur kelembaban tanah dan module *dimmer* AC [6] untuk mengatur LED 18 Watt AC dan lampu pijar 40 Watt. Sensor yang digunakan meliputi sensor suhu DHT11 [7], sensor intensitas cahaya BH-1750 [8], dan sensor kelembaban tanah YL69 [9].

Utamanya pada sistem Akuisisi data [11] yang merupakan sistem untuk mengambil, mengumpulkan dan menyiapkan data yang sedang berjalan, kemudian data tersebut diolah lebih lanjut dalam komputer untuk keperluan tertentu [12]. Sebuah sistem akuisisi data terdiri dari sensor, unit pemrosesan sinyal, peranti keras akuisisi data, dan unit komputer untuk tujuan *telemetry*.

Telemetry [13] adalah proses pengukuran parameter suatu obyek (benda, ruang, maupun kondisi alam), yang hasil pengukurannya di kirimkan ke tempat lain melalui proses pengiriman data. Perancangan sistem akuisisi data meliputi pengiriman hasil pembacaan pada perancangan perangkat lunak (Software) menuju aplikasi Thingspeak melalui modul GSM SIM800L V.2.

Pada penelitian sebelumnya [16] telah diuji cobakan sebuah greenhouse dengan alat pemancar cahaya, pompa air dan kipas angin untuk membuat greenhouse mencapai setpoint yang ditentukan berupa parameter suhu, kelembaban udara dan kelembaban tanah. Dari data yang didapat kemudian dikumpulkan oleh mikrokontroler untuk dikirimkan ke aplikasi thingspeak untuk divisualisasikan.

2. Metode

2.1 Perancangan Sistem

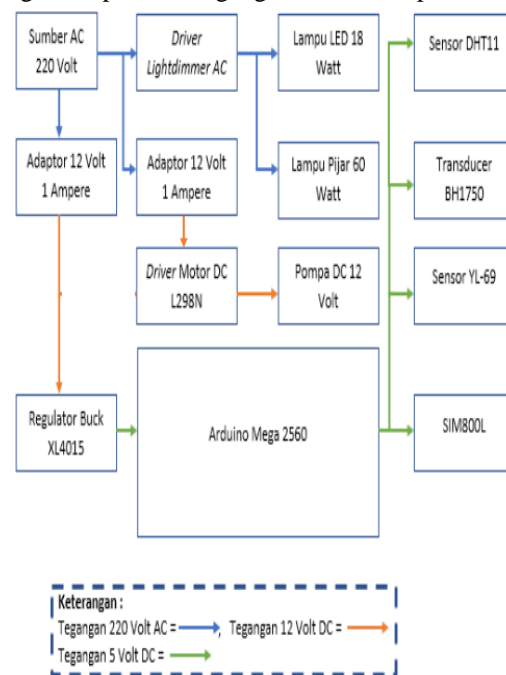
Pada penelitian perancangan sensor aktuator dan akuisisi data pada prototipe smart green house ini memiliki beberapa komponen penting dalam perancangannya. Perancangan sensor, aktuator dan akuisisi data pada prototype smart green house terbagi menjadi 3 bagian, yaitu: perancangan perangkat keras (hardware), perancangan perangkat lunak (software), dan sistem akuisisi data untuk membaca serta menampilkan 3 parameter sistem dari 3 sensor, yaitu sensor DHT11 untuk mengukur parameter suhu udara, sensor YL-69 untuk mengukur parameter kelembaban tanah, dan Transducer BH1750 untuk mengukur intensitas cahaya.

Perancangan perangkat keras (hardware) meliputi rancangan catu daya, rancangan sistem elektrikal untuk pembacaan sensor DHT11, sensor YL-69, Transducer BH1750, dan rancangan sistem aktuator berupa lampu pijar 60 Watt, lampu LED 18 Watt, pompa DC 12 volt, dan Modul GSM SIM800L V.2. Sistem elektrikal sensor akan dihubungkan dengan aktuator melalui Mikrokontroler

Arduino Mega 2560. Perancangan perangkat lunak (software) meliputi pengaksesan sensor dan aktuator menggunakan bahasa pemrograman pada aplikasi Arduino IDE. Perancangan sistem akuisisi data meliputi pengiriman hasil pembacaan pada perancangan perangkat lunak (Software) menuju aplikasi Thingspeak melalui modul GSM SIM800L V.2.

2.1.1. Perancangan Catu Daya

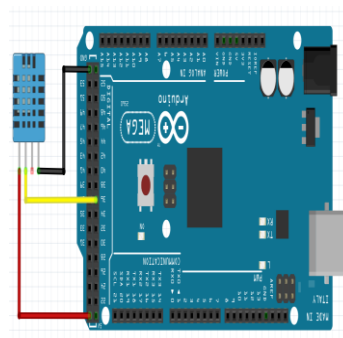
Perancangan rangkaian catu daya yang digunakan terdiri dari Sumber AC 220 Volt, 2 Adaptor DC 12 Volt 1 ampere, dan regulator penurun tegangan XL4015 seperti Gambar 1



Gambar 1. Perancangan Catu Daya

2.1.2. Perancangan Sensor DHT 11

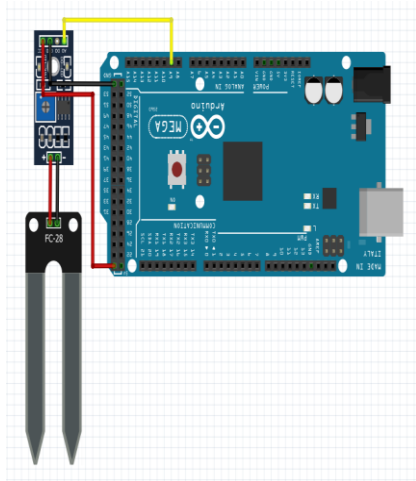
Sensor DHT11 berfungsi untuk mengukur kelembaban dan suhu udara [7]. Rangkaian hasil perancangan sensor DHT11 dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Transducer BH1750

2.1.3. Perancangan Sensor YL-69

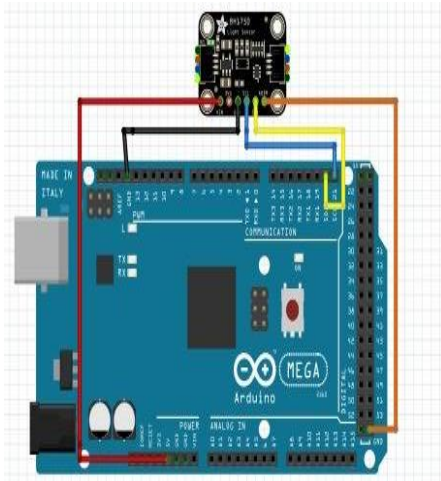
Sensor YL-69 berfungsi untuk mengukur kelembaban tanah [9]. Sensor YL-69 memiliki 2 buah probe sebagai alat sensing. Rangkaian hasil perancangan transducer YL-39 dan sensor YL-69 [15] dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Rangkaian skematik perancangan sensor YL-69

2.1.4. Perancangan Transducer BH1750

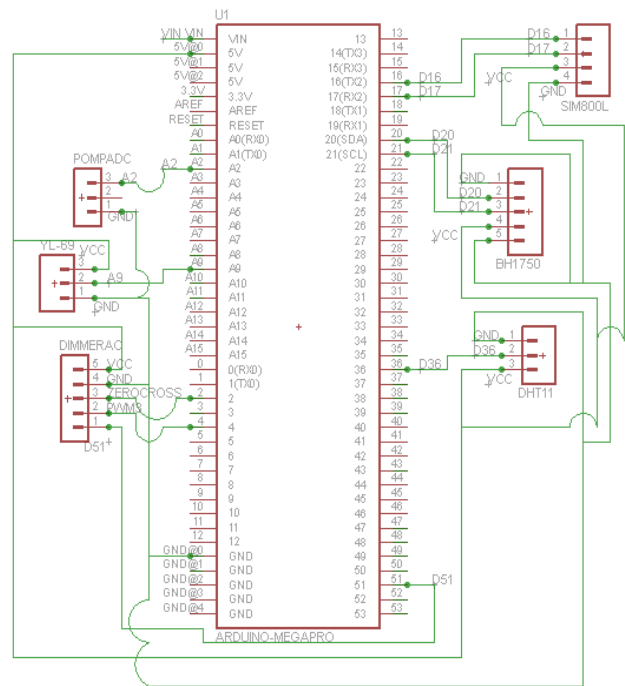
Transducer BH1750 berfungsi untuk mengukur intensitas cahaya [8]. Rangkaian hasil perancangan transducer BH1750 dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Rangkaian skematik perancangan transducer BH1750

2.1.5. Mikrokontroler Arduino Mega 2560

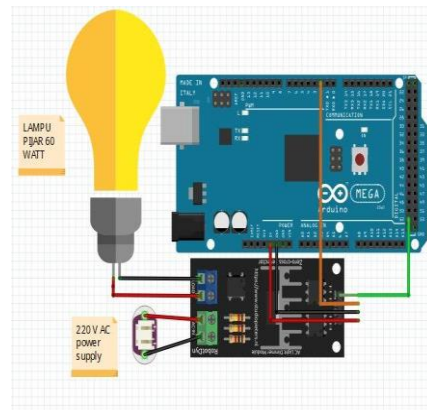
Secara umum pembagian pin pada Mikrokontroler ATmega 2560 dapat dilihat pada Gambar 5



Gambar 5. Pin Mapping pada Mikrokontroler ATmega 2560

2.1.6. Perancangan Aktuator Lampu Pijar

Lampu Pijar 60 Watt berfungsi untuk mengatur suhu dengan cara memanfaatkan panas yang dihasilkan dari lampu pijar tersebut. Pengaturan panas lampu pijar menggunakan *driver Lightdimmer AC*. Rangkaian hasil perancangan aktuator lampu pijar dapat dilihat pada Gambar 6.

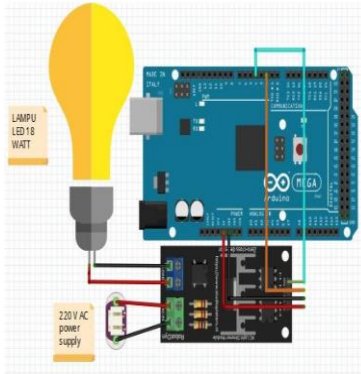


Gambar 6. Perancangan Aktuator Lampu Pijar 60 Watt

2.1.7. Perancangan Aktuator Lampu LED

Lampu LED 18 Watt berfungsi untuk mengatur intensitas cahaya [14] warna cahaya lampu LED tidak berpengaruh terhadap jumlah daun dan pembukaan stomata Rangkaian

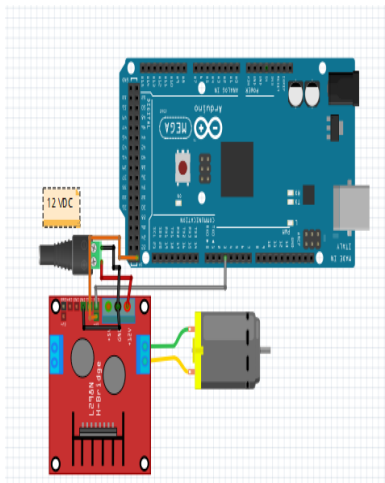
hasil perancangan aktuator lampu pijar dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Perancangan Aktuator Lampu LED 18 Watt

2.1.8. Perancangan Aktuator Pompa DC 12 Volt

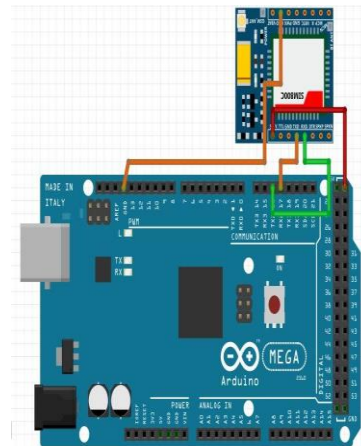
Pompa DC 12 Volt berfungsi untuk mengatur kelembaban tanah pada *prototype smart greenhouse* tersebut. Pengaturan pompa dc 12 volt menggunakan *driver motor DC L298N*. Rangkaian hasil perancangan aktuator pompa dc dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Perancangan Aktuator Pompa DC 12 Volt

2.1.9. Perancangan Modul GSM SIM800L V.2 untuk Akuisisi Data

Modul GSM SIM800L V.2 berfungsi untuk melakukan akuisisi data dan pengiriman data ke server. Proses pengiriman data dilakukan dengan mengaktifkan GPRS terlebih dahulu yang diaktifkan melalui *SIMCard* untuk terhubung ke internet. Rangkaian hasil perancangan Modul GSM SIM800L dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9 Skematik pada Modul GSM SIM800L V.2

3. Hasil dan Analisis

Pengujian yang akan dilaksanakan antara lain pengujian error dan kalibrasi sensor, pengujian aktuator, dan pengujian akuisisi data ke *HMI*. *HMI* (Human Machine Interface) adalah sistem yang menghubungkan antara manusia dan teknologi mesin [10]. *HMI* dapat berupa pengendali dan visualisasi status baik dengan manual maupun melalui visualisasi komputer yang bersifat real time

3.1. Pengujian Error dan Kalibrasi Sensor

Pengujian *error* kalibrasi sensor terbagi menjadi beberapa bagian yaitu pengujian sensor DHT11 (Suhu) dengan Thermohygrometer, pengujian sensor YL-69 (Kelembaban Tanah) dengan soilmeter tester, dan pengujian transducer BH1750 dengan luxmeter.

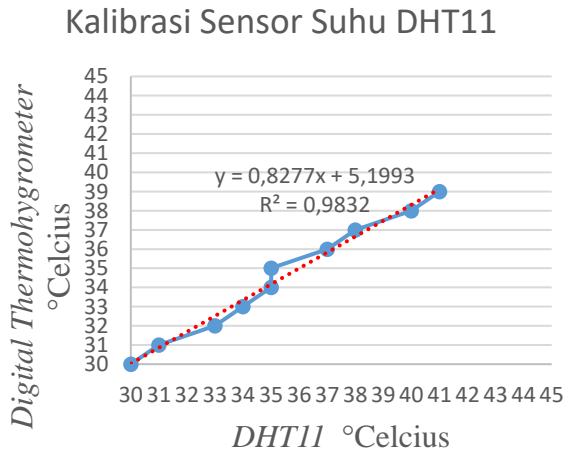
3.1.1. Pengujian Sensor DHT11 Suhu Udara

Berikut hasil pengukuran dan pembacaan sensor DHT11 dengan alat *Thermohygrometer Digital*.

Tabel 1. Hasil perbandingan pembacaan Thermohygrometer Digital dengan Sensor DHT11

No	Suhu Thermohygrometer Digital	(Celcius) DHT11	Error	%Error
1.	30	30	0	0%
2.	31	31	0	0%
3.	32	33	1	3.12%
4.	33	34	1	3.03%
5.	34	35	1	2.94%
6.	35	35	0	0%
7.	36	37	1	2.77%
8.	37	38	1	2.7%
9.	38	40	2	5.26%
10.	39	41	2	5.12%
		Rata-rata	0.9	2.49%

Berdasarkan Tabel 1 data pembacaan sensor DHT11 (Suhu) dengan *Thermohyrometer Digital* didapatkan suhu dengan *error* rata-rata 0.9 dan persentase *error* rata-rata 2.49%.



Gambar 10. Grafik Kalibrasi Sensor DHT 11

Berdasarkan Gambar 10 nilai regresi linear $Y = 0,8277x + 5,1993$ menunjukkan hubungan antara pembacaan antara *Thermohyrometer Digital* dan sensor DHT11. Sedangkan nilai *r* menunjukkan tingkat kelinearitas sensor DHT11 dibanding *Thermohyrometer Digital*, nilai 0,9832 menunjukkan bahwa sensor DHT11 memiliki linearitas yang baik.

3.1.2. Pengujian Sensor YL-69 Kelembaban Tanah

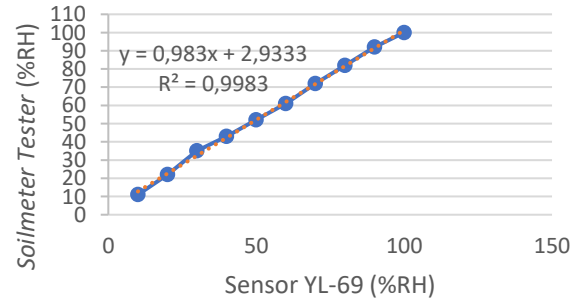
Pengujian sensor YL-69 [9] Kelembaban Tanah dilakukan dengan membandingkan kelembaban tanah yang terbaca oleh sensor melalui Mikrokontroller dengan kelembaban tanah yang terbaca oleh *Soilmeter Tester*. Berikut hasil pengukuran dan pembacaan sensor YL-69 dengan alat *Soilmeter Tester*.

Tabel 2. Perbandingan Pembacaan Kelembaban Tanah Sensor dengan Kelembaban Tanah *Soilmeter Tester*

No	Kelembaban (%RH)		Error	%Error
	<i>Soilmeter Tester</i> .	YL69		
1.	10	11	1	10,00%
2.	20	22	2	10,00%
3.	30	35	5	16,67%
4.	40	43	3	7,50%
5.	50	52	2	4,00%
6.	60	61	1	1,67%
7.	70	72	2	2,86%
8.	80	82	2	2,50%
9.	90	92	2	2,22%
10.	100	100	0	0,00%
	Rata-rata		2	5,74%

Berdasarkan Tabel 2 pembacaan sensor YL-69 dengan *Soilmeter Tester* didapatkan kelembaban tanah dengan *error* rata-rata 2 dan persentase *error* rata-rata 5,74 %.

Kalibrasi Sensor Kelembaban Tanah YL-69



Gambar 11. Grafik Kalibrasi Sensor YL-69

Gambar 11 didapat nilai regresi linear $Y = 0,983x + 2,9333$. Sedangkan nilai *r* menunjukkan tingkat kelinearitas sensor YL-69 dibanding *Soilmeter Tester*, nilai 0,9983 menunjukkan bahwa sensor YL-69 memiliki linearitas yang baik.

3.1.3. Pengujian Sensor BH1750 Cahaya

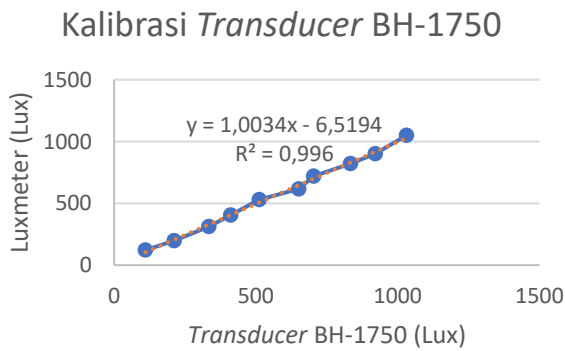
Pengujian sensor BH1750 [8] dilakukan dengan membandingkan intensitas cahaya yang terbaca oleh sensor BH1750 melalui Mikrokontroller dengan intensitas cahaya yang terbaca oleh Lux meter.

Tabel 3. Perbandingan Pembacaan Intensitas Cahaya BH1750 dengan Luxmeter

No	Luxmeter	BH1750	Error	%Error
1.	110	121	11	10,00%
2.	212	198	14	6,60%
3.	334	312	22	6,59%
4.	411	405	6	1,46%
5.	512	530	18	3,52%
6.	651	615	36	5,53%
7.	704	720	16	2,27%
8.	833	822	11	1,32%
9.	921	900	21	2,28%
10.	1.031	1.050	19	1,84%
		Rata-rata	17,4	4,14%

Berdasarkan Tabel 3 pembacaan sensor BH1750 dengan Lux meter didapatkan intensitas cahaya dengan *error* rata-rata 17,4 dan persentase *error* rata-rata 4,14 %.

Pada Gambar 12 didapat nilai regresi linear $1,0034x - 6,5194$ menunjukkan hubungan antara pembacaan antara Luxmeter dan *transducer* BH1750. Sedangkan nilai *r* menunjukkan tingkat kelinearitas *Transducer* BH1750 dibanding Luxmeter, nilai 0,996 menunjukkan bahwa *transducer* BH1750 memiliki linearitas yang baik.

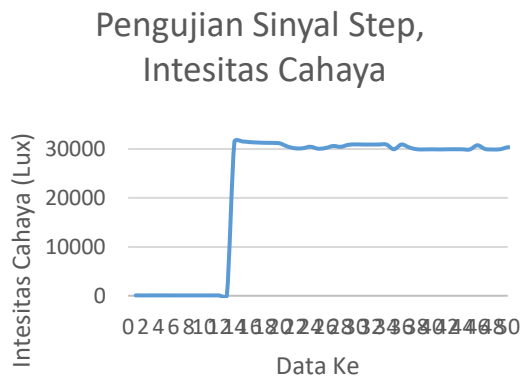


Gambar 12 Kalibrasi Transducer BH1750

3.2. Pengujian Pengaksesan Aktuator

3.2.1. Pengujian Aktuator Lampu LED 18 Watt dengan sinyal Step

Hasil dari pengujian sinyal step pada lampu LED 18 Watt ditunjukkan pada Gambar 13.

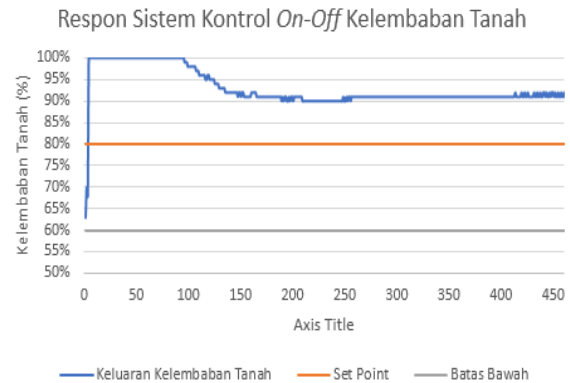


Gambar 13 Pengujian Aktuator lampu LED 18 Watt

Pengujian ini dilakukan pada kondisi awal 65,83 lux. Didapatkan respon sistem mengalami kondisi stabil 100% pada 29.485,83 lux.

3.2.2. Pengujian Aktuator Pompa DC 12 Volt dengan Kontrol On-Off

Penalaan untuk sistem kontrol *On-Off* adalah jika kelembaban tanah lebih dari 80% maka pompa tidak menyala sedangkan jika kurang dari 60% pompa akan menyala. Hasil dari pengujian kontrol on off ditunjukkan pada Gambar 14

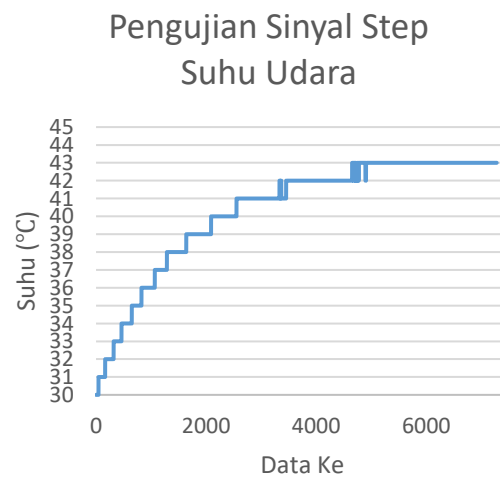


Gambar 14. Respon Sistem Kontrol *On-off* Kelembaban Tanah

Nilai diantara 60%-80% mempunyai 2 kondisi yang berbeda, jika pompa terakhir kali menyala dan melebihi 80% maka saat nilainya turun di antara 80-60% pompa akan tetap mati sedangkan kondisi yang lain apabila terakhir kali mati dan kurang dari 60%.

3.2.3. Pengujian Aktuator Lampu Pijar 60 Watt dengan sinyal Step

Hasil dari pengujian sinyal step pada lampu pijar 60 Watt ditunjukkan pada Gambar 15.



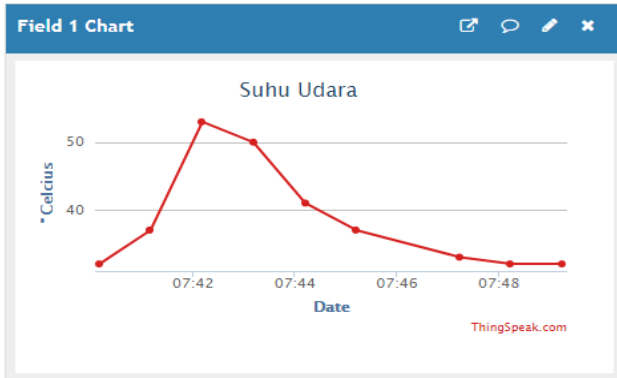
Gambar 15 Pengujian Aktuator lampu pijar 60 Watt

Eksperimen ini dilakukan pada kondisi awal 30 °C. Didapatkan respon sistem mengalami kondisi stabil 100% pada 43 °C.

3.3. Pengujian Akuisisi Data

3.3.1. Akuisisi Data Suhu Udara

Setelah program dicompile hasil pengujian dapat dilihat pada serial monitor dan aplikasi Thingspeak. Hasil tampilan aplikasi Thingspeak untuk suhu udara ditunjukkan oleh Gambar 16.



Gambar 16. Hasil Pengujian penerimaan data suhu pada server

Berdasarkan Gambar 16 dibuatlah tabel pengiriman data dan penerimaan data suhu udara disertai delay antara data yang dibaca pada serial monitor dengan data yang terbaca pada aplikasi Thingspeak.

Tabel 4. Pengujian Sistem Akuisisi Suhu

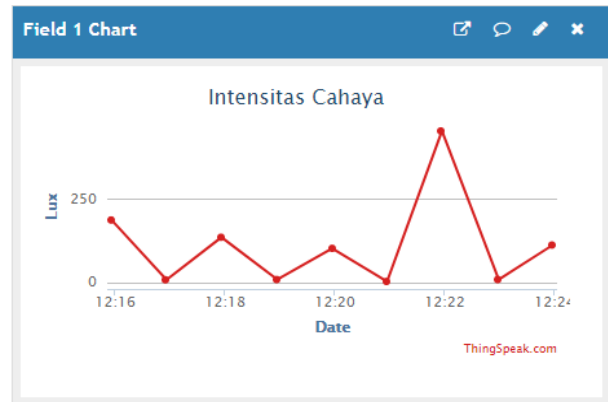
Pengujian	Suhu	Mengirim Data Melalui SIM800L	Waktu Data Diterima Oleh Server	Delay
1	32	07:40:00	07:40:10	10 detik
2	37	07:41:01	07:41:10	10 detik
3	53	07:42:01	07:42:11	10 detik
4	50	07:43:02	07:43:11	9 detik
5	41	07:44:02	07:44:12	10 detik
6	37	07:45:03	07:45:12	9 detik
7	34	07:46:03	-	-
8	33	07:47:04	07:47:14	10 detik
9	32	07:48:05	07:48:14	9 detik
10	32	07:49:05	07:49:15	10 detik

Pada akuisisi data suhu didapatkan bahwa perubahan data pada server telah sesuai dengan serial monitor dengan delay 9 – 10 detik kecuali pada pengujian ke 7. Data pengujian ke 7 tidak terbaca oleh server yang ditunjukkan oleh Tabel 4. Percobaan pengiriman data dengan Modul GSM SIM800L V.2 ke Thingspeak telah berhasil meskipun terjadi *error* dikarenakan keterbatasan pada modul GSM dan jaringan internet yang terkadang tidak stabil.

3.3.2 Akuisisi Data Intensitas Cahaya

Setelah program dicompile hasil pengujian dapat dilihat pada serial monitor dan aplikasi Thingspeak. Hasil

tampilan aplikasi Thingspeak untuk intensitas cahaya ditunjukkan oleh Gambar 17.



Gambar 17. Hasil Pengujian penerimaan data intensitas cahaya pada server

Berdasarkan Gambar 17 dibuatlah tabel pengiriman data dan penerimaan data intensitas cahaya disertai delay antara data yang dibaca pada serial monitor dengan data yang terbaca pada aplikasi Thingspeak.

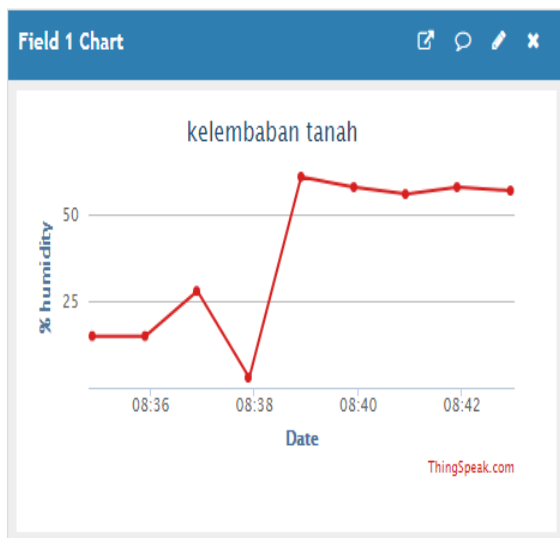
Tabel 5. Pengujian Sistem Akuisisi Intensitas Cahaya

Pengujian	Suhu	Mengirim Data Melalui SIM800L	Waktu Data Diterima Oleh Server	Delay
1	5,83	12:14:46	-	-
2	186,67	12:15:46	12:15:46	10 detik
3	7,5	12:16:46	12:16:46	10 detik
4	135	12:17:46	12:17:46	10 detik
5	8,33	12:18:47	12:18:47	10 detik
6	101,67	12:19:47	12:19:47	10 detik
7	2,5	12:20:47	12:20:47	10 detik
8	453,33	12:21:48	12:21:48	9 detik
9	8,33	12:22:48	12:22:48	11 detik
10	111,67	12:23:48	12:23:48	10 detik

Pada akuisisi data intensitas cahaya didapatkan bahwa perubahan data pada server telah sesuai dengan serial monitor dengan delay 9 – 10 detik kecuali pada pengujian ke 1. Data pengujian ke 1 tidak terbaca oleh server yang ditunjukkan oleh Tabel 4.5. Percobaan pengiriman data dengan Modul GSM SIM800L V.2 ke Thingspeak telah berhasil meskipun terjadi *error* dikarenakan keterbatasan pada modul GSM dan jaringan internet yang terkadang tidak stabil.

3.3.4. Akuisisi Data Kelembaban Tanah

Setelah program dicompile hasil pengujian dapat dilihat pada serial monitor dan aplikasi Thingspeak. Hasil tampilan aplikasi Thingspeak untuk kelembaban tanah ditunjukkan oleh Gambar 18.



Gambar 18. Hasil Pengujian penerimaan data suhu pada server

Berdasarkan Gambar 18 dibuatlah tabel pengiriman data dan penerimaan data kelembaban tanah disertai delay antara data yang dibaca pada serial monitor dengan data yang terbaca pada aplikasi Thingspeak.

Tabel 6. Pengujian Sistem Akuisisi Kelembaban Tanah

Pengujian	Suhu	Mengirim Data Melalui SIM800L	Waktu Data Diterima Oleh Server	Delay
1	16	08:33:44	-	-
2	15	08:34:44	08:34:53	9 detik
3	15	08:35:45	08:35:54	9 detik
4	28	08:36:45	08:36:54	9 detik
5	3	08:37:45	08:37:54	9 detik
6	62	08:38:46	08:38:54	8 detik
7	58	08:39:46	08:39:55	9 detik
8	56	08:40:46	08:40:55	9 detik
9	58	08:41:46	08:41:55	9 detik
10	56	08:42:47	08:42:56	9 detik

Pada akuisisi data kelembaban tanah didapatkan bahwa perubahan data pada server telah sesuai dengan serial monitor dengan delay 8 – 9 detik kecuali pada pengujian pertama. Data pengujian pertama tidak terbaca server ditunjukkan pada Tabel 6. Percobaan pengiriman data dengan Modul GSM SIM800L V.2 ke Thingspeak telah berhasil meskipun terjadi error dikarenakan keterbatasan pada modul GSM dan jaringan internet yang terkadang tidak stabil.

4. Kesimpulan

Telah berhasil dirancang sensor, aktuator dan sistem akuisisi data pada prototype smart greenhouse untuk pertumbuhan tanaman sawi dengan spesifikasi sensor suhu udara menggunakan DHT11 yang memiliki error pembacaan sebesar 2,49 % dengan tingkat linearitas sensor 0,9832. Sensor YL-69 untuk pembacaan kelembaban tanah

memiliki error pembacaan sebesar 5,74 % dengan tingkat linearitas sensor 0,9983 dan transducer BH1750 untuk pembacaan intensitas cahaya memiliki error pembacaan sebesar 4,14 % dengan tingkat linearitas transducer 0,996. Spesifikasi aktuator lampu pijar mampu memanaskan prototipe maksimum dengan suhu sebesar 43° Celsius, aktuator lampu LED mampu memberikan penyinaran maksimum sebesar 29.485,83 lux, dan aktuator pompa dc bisa dijalankan untuk mencapai kelembaban melebihi 80%. Sedangkan penggunaan sistem akuisisi data pada prototype ini telah bisa dijalankan dan didapatkan error data pengiriman sebesar 1 kali setiap 10 kali pengiriman data.

Referensi

- [1] E. Haryanto, Sawi dan Selada, Jakarta: Penebar Swadaya, 2003.
- [2] G. B. Opena & G. A. Poeter, "Soil management and Supplemental irrigation effects on plant," *Agronomy Journal. Root growth*, vol. 2, 1999.
- [3] M. Telaumbanua, B. Purwantana, L. Sutiarto, dan M. A. F. Falah, "STUDI POLA PERTUMBUHAN TANAMAN SAWI (Brassica rapa var. parachinensis L.) HIDROPONIK DI DALAM GREENHOUSE TERKONTROL," *AGRITECH*, vol. 36, p. 104 – 110, 2016
- [4] M. Majid, "Implementasi Arduino Mega 2560 untuk Kontrol Miniatur Elevator Barang Otomatis," Universitas Negeri Semarang, Semarang, 2016.
- [5] A. Fakhra, "PEMBUATAN PROTOTYPE ROBOT KAPAL PEMUNGUT SAMPAH MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER ARDUINO UNO DENGAN APLIKASI PENGENDALI BERBASIS ANDROID," *Jurnal Teknologi Rekayasa*, vol. 21, no. 3, p. 185 – 195, 2016.
- [6] B. Wibowo, H. S. Utama, N. Kusumaningrum, "Perancangan dan Realisasi Sistem Kendali Lampu, Air Conditioner Berbasis Android," *T E S L A*, vol. 21, no. 1, p. 36 – 43, 2019.
- [7] K. S. Budi dan Y. Pramudya, "Pengembangan Sistem Akuisisi Data Kelembaban dan Suhu Dengan Menggunakan Sensor DHT11 dan Arduino Berbasis Iot," in *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal) SNF2017*, 2017.
- [8] M. Pamungkas, Hafiddudin, dan Y. S. Rohmah,, "Perancangan dan Realisasi Alat Pengukur Intensitas Cahaya," *Jurnal ELKOMIKA*, vol. 3, no. 2, p. 120 - 132, 2015.
- [9] A. B. Setyawan, M. H. H. Ichsan, dan G. E. Setyawan, "Sistem Monitoring Kelembaban Tanah, Kelembaban Udara, Dan Suhu pada Lahan Pertanian Menggunakan Protokol MQTT," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informatika dan Ilmu Komputer*, vol. 2, no. 12, pp. 7502 - 7508, 2018.
- [10] H. Haryanto dan S. Hidayat, "Perancangan HMI (Human Machine Interface) untuk Pengendalian Kecepatan Motor DC," *SETRUM*, vol. 1, no. 2, pp. 9-16, 2012.
- [11] Husein dan K. Triyana, "AIR PRESSURE MONITORING TELEMETRY SYSTEM PROTOTYPE BASED ON XBEE PRO IEE.804.15.4" *Berkala MIPA*, vol. 18, no. 2, pp. 82 - 89, 2008.

- [12] D. Kusanto dan K. Indriawati, "Perancangan Sistem Akuisisi Data Sebagai Alternatif Modul DAQ LabVIEW Menggunakan Mikrokontroler ATMEGA8535" ITS, Surabaya.
- [13] M. Rovianto, B. Rahmat, dan A. Rizal "Desain dan Realisasi Sistem Telemetry FSK (Suhu, Tekanan udara,Kelembaban)," STT Telkom, Bandung, 2008.
- [14] D. Nurunisa, A. B. Sasongko, dan A. Indrianto, "PENGARUH WARNA CAHAYA *LIGHT*-EMITTING DIODES (*LED*) INTENSITAS RENDAH DAN CEKAMAN DINGIN TERHADAP PERTUMBUHAN VEGETATIF ANGGREK *Phalaenopsis* HIBRIDA," *Jurnal Biota*, vol. 4, no. 1, pp. 41-48, 2018.
- [15] D. Rahmawati, F. Herawati, G. Saputra, dan Hendro "Karakterisasi Sensor Kelembaban Tanah (YL-69) Untuk Otomatisasi Penyiraman Tanaman Berbasis Arduino Uno," in *PROSIDING SKF 2017*, 2017.
- [16] K. G. Kumar, K. N Rao "Autonomous Greenhouse using Internet of Things with ThingSpeak," *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*. , vol. 06, no. 10, pp. 95-99, 2019.