

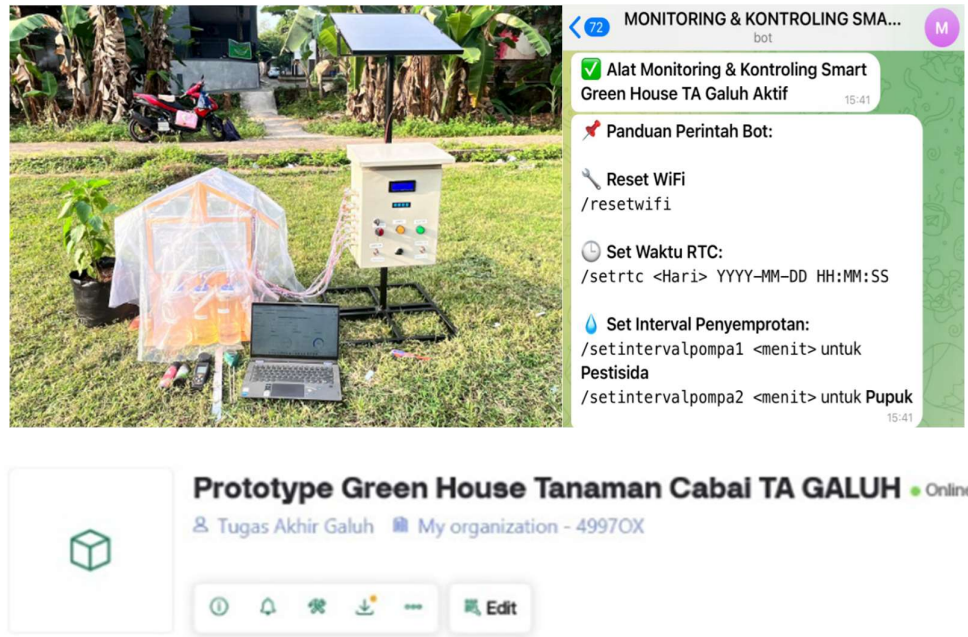
BAB V

PENGUJIAN DAN ANALISA ALAT

Pada Bab Pengujian dan Analisa Alat merupakan bagian penting untuk membuktikan bahwa sistem bekerja sesuai tujuan awal, serta menilai kelebihan dan kekurangan alat secara teknis dan fungsional. Pengujian dilakukan mulai dari fungsionalitas setiap komponen, kinerja sistem secara keseluruhan, hingga uji di kondisi lingkungan sebenarnya. Tujuannya adalah mengevaluasi performa prototipe, seperti akurasi pembacaan sensor kelembaban tanah, respons terhadap perubahan lingkungan, dan efektivitas otomatisasi penyiraman menggunakan ESP32 dan monitoring IoT. Analisis membandingkan hasil pengujian dengan teori, misalnya jika kelembaban minimum tanaman cabai adalah 60%, maka sistem harus menyiram saat nilai sensor di bawah angka tersebut hingga mencapai 80%.

5.1 Prosedur Pengujian dan Pengukuran

Setelah melewati proses perancangan dan implementasi sistem kelembaban tanah sesuai dengan yang diharapkan, tahap selanjutnya adalah melakukan pengukuran dan pengujian untuk memastikan apakah alat tersebut sudah bekerja dengan kriteria yang diinginkan atau belum. Bab Pengujian dan Analisa Alat dalam laporan tugas akhir menjelaskan tentang bagaimana sistem diuji setelah proses perakitan selesai. Pada bagian ini, dijelaskan metode pengujian yang diterapkan, seperti pengujian sensor kelembaban tanah, pengujian sensor hujan sesuai dengan kondisi cuaca, pengujian sensor HC-SR 04T untuk mengukur tinggi pada tangki, pengujian sensor BH 1750 untuk mengukur lux dan menyalakan lampu apabila lux belum sesuai dengan ambang bawah program (< 50 lux) serta pengujian sistem secara keseluruhan seperti kondisi pompa menyala dan pemantauan IoT melalui *Platform* Blynk. Data hasil pengujian disajikan dalam bentuk tabel, lalu dianalisis untuk memastikan apakah alat berfungsi sesuai dengan rencana awal. Pada gambar 5.1 ditunjukkan kondisi dan kelengkapan pada saat melakukan pengujian alat.



Gambar 5. 1 Persiapan Proses Pengujian Alat Tugas Akhir

5.1.1 Langkah – langkah Pengujian

Pengerjaan perancangan tugas akhir ini dilakukan dengan menyiapkan semua perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan dalam sistem *monitoring* kelembaban tanah pada tanaman cabai, yaitu sensor kelembaban tanah jenis resistif, sensor HC-SR04T, sensor cahaya BH1750, sensor hujan, pompa 12VDC, relay 5V 6 channel, serta modul RTC DS3231, ESP32, dan sumber daya dari panel surya 30Wp yang terhubung melalui solar charge controller dan aki 12V 9Ah. Semua komponen dipastikan telah terpasang dengan baik sesuai dengan desain rangkaian dan dalam kondisi optimal. Berikut adalah langkah-langkah yang dilakukan dalam proses pengukuran serta pengujian sistem pemantauan kelembaban tanah berbasis IoT:

1. Menyiapkan semua alat dan komponen yang diperlukan, serta memastikan bahwa semua bagian elektronik dan mekanik terpasang sesuai dengan wiring diagram yang dibuat.
2. Melakukan uji fungsi secara individu pada setiap sensor dan aktuator seperti sensor kelembaban tanah, sensor BH 1750, sensor HC-SR04T, sensor hujan,

serta aktuator pompa dengan menggunakan ESP32 untuk memastikan semuanya beroperasi sesuai dengan fungsinya.

3. Melakukan pengukuran perbandingan dengan menggunakan alat ukur manual untuk mencocokkan hasil pembacaan sensor dengan kondisi aktual di lapangan, guna memvalidasi keakuratan data dari sensor.
4. Melakukan pengujian konektivitas IoT menggunakan *Platform* Blynk, memastikan bahwa data dari ESP32 dapat dikirim dan ditampilkan dengan baik secara *Real-time* pada *Dashboard* pemantauan.
5. Melakukan simulasi penyiraman secara otomatis berdasarkan waktu yang diatur oleh RTC DS3231 dan berdasarkan nilai kelembaban tanah yang terdeteksi oleh sensor untuk memastikan sistem logika berfungsi sesuai dengan program yang telah ditentukan.
6. Mencatat semua hasil pengujian dengan rinci, termasuk nilai sensor, respons dari aktuator, serta dokumentasi visual selama pelaksanaan pengujian.

5.1.2 Peralatan Pengujian

Untuk memastikan sistem *monitoring* kelembaban tanah pada tanaman cabai berfungsi secara optimal, langkah awal yang dilakukan adalah menguji dan mengkalibrasi sensor kelembaban tanah resistif, sensor cahaya BH 1750, sensor hujan dan sensor HC-SR04T dengan kondisi lingkungan aktual sebagai acuan pembanding. Sistem ini juga dilengkapi dengan fitur pencatatan dan pemantauan data berbasis IoT menggunakan *Platform* Blynk, yang terhubung melalui mikrokontroler ESP32. Seluruh pengujian didukung oleh suplai daya dari panel surya 30Wp, solar charge controller, dan baterai 12V 9Ah untuk memastikan sistem dapat beroperasi secara mandiri dan berkelanjutan.



Gambar 5. 2 Kelengkapan Alat Pengujian

Pada gambar 5.2 ditunjukkan kelengkapan dalam melakukan alat pengujian yaitu terdapat cairan pupuk, cairan pestisida, alat pengukuran intensitas cahaya, penggaris, alat pengukuran kelembaban tanah, penggaris dan laptop. Kelengkapan ini ditujukan untuk melakukan pengujian secara menyeluruh sesuai dengan kebutuhan pengujian dan kebutuhan penyiraman pada tanaman.

Tabel 5- 1 Alat Ukur Pengujian

No	Peralatan	Gambar
1	Alat Ukur Kelembaban Tanah	

No	Peralatan	Gambar
2	Lux Meter	
3	Penggaris	

5.2 Pengujian dan Analisa Alat

Pengukuran dan pengujian peralatan dalam sistem pemantauan kelembaban tanah dilaksanakan untuk menilai ketepatan, ketahanan, dan kestabilan operasi perangkat yang telah dirancang. Pengujian dilakukan dengan membuat simulasi berbagai keadaan lingkungan, termasuk tanah yang kering dan basah, intensitas cahaya di siang dan malam hari, tinggi tangki untuk melihat nilai yang terbaca pada sensor HC-SR 04T serta hujan tiruan untuk mengamati reaksi sensor terhadap perubahan kondisi sekitar. Data yang diperoleh dari pengukuran sensor kelembaban tanah, sensor cahaya BH1750, sensor HC-SR04 T dan sensor hujan di bandingkan dengan kondisi nyata sebagai dasar untuk validasi. Di samping itu, kinerja penyediaan energi dari panel surya dan sistem kontrol otomatis yang berbasis ESP32 diukur untuk memastikan bahwa sistem berfungsi secara optimal secara independen dan waktu nyata melalui pemantauan IoT pada platform Blynk.

5.2.1 Pengujian Sensor Kelembaban Tanah

Pengujian sensor kelembaban tanah resistif dilakukan untuk memastikan kemampuan sensor dalam mendeteksi tingkat kelembaban tanah dengan tepat dan konsisten dalam kondisi media tanam cabai. Proses pengujian dilakukan dengan meletakkan sensor di dalam media tanah yang berada dalam kondisi tanah yang

berbeda. Sensor tersebut dihubungkan ke mikrokontroler ESP32, dan hasil pembacaan data dikirimkan ke *Dashboard* platform Blynk secara langsung. Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor terhadap alat yang juga mengukur kelembaban tanah, untuk menilai sejauh mana kesesuaian antara hasil pembacaan sensor dan kondisi nyata di lapangan. Dalam proses pengujian dibutuhkan beberapa alat dan bahan untuk, antara lain:

1. Sensor Kelembaban Tanah Resistif sebagai sensor yang akan diuji
2. Alat ukur kelembaban tanah
3. Tanah dengan kondisi yang berbeda
4. *Dashboard Platform* Blynk IoT sebagai media *monitoring*
5. Alat tulis atau catatan digital untuk mendokumentasikan hasil pembacaan sensor

Dalam pengujian ini menggunakan tanah dengan kadar kelembaban $>60\%$. Seperti nilai yang terlihat pada Gambar 5.3.



Gambar 5. 3 Kondisi Pengujian Sensor Kelembaban Tanah

Tabel 5- 2 Pengujian Sensor Kelembaban Tanah

No	Nilai Sensor Kelembaban Tanah (%)	Alat Ukur (Rentang %)	Kesesuaian
1	60	60	Sesuai
2	62	Sedikit diatas 60	Sesuai
3	64	Mendekati 65	Sesuai
4	68	Mendekati 70	Sesuai
5	70	70	Sesuai
6	74	Mendekati 75	Sesuai
7	75	75	Sesuai
8	81	80	Sesuai
9	85	Mendekati 85	Sesuai
10	89	Mendekati 90	Sesuai

Berdasarkan hasil pengujian sensor kelembaban tanah pada Tabel 5-2 yang dilakukan sebanyak sepuluh kali percobaan, dan alat ukur berupa analog dengan nilai yang ditunjukkan arah jarum sensor maka dinyatakan dengan kesesuaian arah jarum analog dengan maksimal perbedaan <5 untuk mengetahui nilai ketidaksesuaian. Hasil ini menunjukkan bahwa sensor kelembaban tanah yang digunakan mampu membaca kadar kelembaban dengan tingkat kesalahan yang sangat kecil dibandingkan nilai referensi dari alat ukur standar. Kesesuaian nilai mengindikasikan bahwa sensor tersebut bekerja secara stabil dan responsif dalam mendeteksi perubahan kadar air di dalam tanah, sehingga data yang dihasilkan cukup andal untuk digunakan dalam proses otomatisasi penyiraman pada prototipe *Smart Greenhouse*.

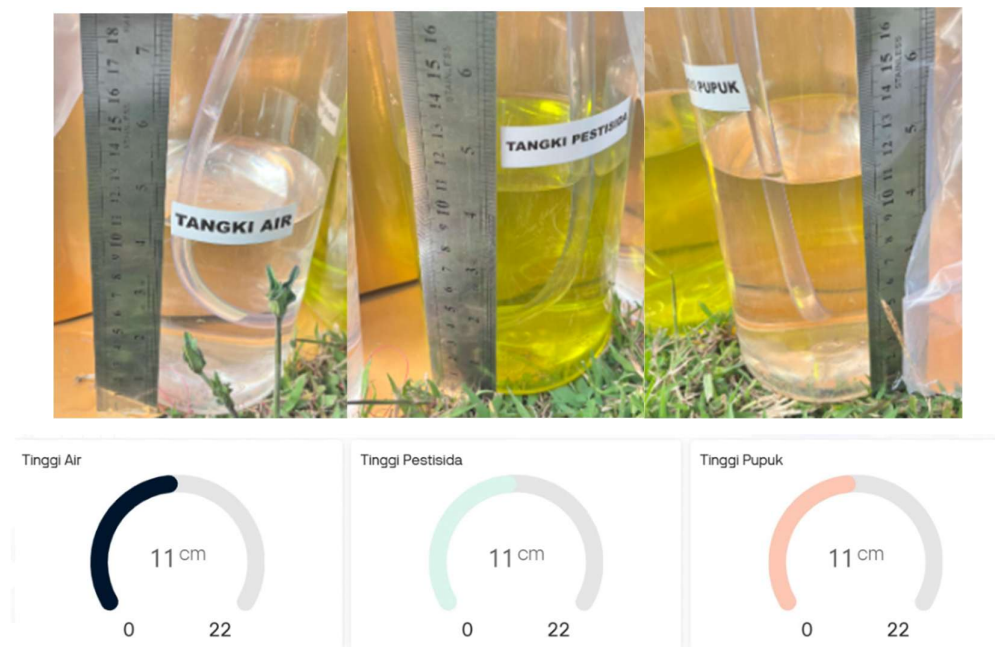
5.2.2 Pengujian Sensor HC-SR 04T

Pengujian sensor HC-SR04T bertujuan untuk menguji apakah sensor ultrasonik tahan air ini dapat memantau ketinggian permukaan cairan dalam tiga tangki (air, larutan pupuk, dan pestisida) yang digunakan dalam sistem. Sensor

dipasang di atas masing-masing tangki dan terhubung ke ESP32 pembacaan jarak (dalam sentimeter) dikirimkan secara langsung ke *Dashboard* Blynk. Proses pengujian dilakukan dengan menambah dan mengurangi volume cairan secara bertahap dimulai dari keadaan kosong, setengah, hingga penuh serta mencatat nilai keluaran sensor dan membandingkannya dengan ukuran ketinggian cairan yang diambil secara manual menggunakan penggaris.

Dalam pengujian ini menggunakan 3 buah tangki yang berisi air, pupuk dan pestisida. Dengan hasil pengukuran seperti tabel 5-3, 5-4 dan 5-5.

$$\text{Error (\%)} = \frac{\text{Nilai Sensor HC-SR 04T} - \text{Penggaris}}{\text{Penggaris}} \times 100\%$$



Gambar 5. 4 Dokumentasi Pengujian Tiga Sensor HCSR-04T pada Tangki

Tabel 5- 3 Pengujian Sensor HC- SR 04T pada Tangki Air

No	Nilai Sensor HC-SR 04T (cm)	Penggaris (cm)	Selisih	Error
1	17	16	1	6.25
2	14	13	1	7.69
3	15	15	0	0

No	Nilai Sensor HC-SR 04T (cm)	Penggaris (cm)	Selisih	Error
4	12	12	0	0
5	11	11	0	0
6	10	10	0	0
7	9	9	0	0
8	8	8	0	0
9	7	7	0	0
10	6	6	0	0
Rata-rata Error				1.39 %
Rata-rata Akurasi				98.61%

Tabel 5- 4 Pengujian Sensor HC- SR 04T pada Tangki Pestisida

No	Nilai Sensor HC-SR 04T (cm)	Penggaris (cm)	Selisih	Error
1	17	16	1	6.25
2	14	13	1	7.69
3	15	15	0	0
4	12	12	0	0
5	11	11	0	0
6	10	10	0	0
7	9	9	0	0
8	8	8	0	0
9	7	7	0	0
10	6	6	0	0
Rata-rata Error				1.39 %
Rata-rata Akurasi				98.61%

Tabel 5- 5 Pengujian Sensor HC- SR 04T pada Tangki Pupuk

No	Nilai Sensor HC-SR 04T (cm)	Penggariss (cm)	Selisih	Error
1	16	16	0	0
2	13	13	0	0
3	14	15	1	6.25
4	12	12	0	0
5	11	11	0	0
6	10	10	0	0
7	9	9	0	0
8	8	8	0	0
9	7	7	0	0
10	6	6	0	0
Rata-rata Error				0.63%
Rata-rata Akurasi				99.37%

Berdasarkan hasil pengujian yang ditampilkan pada Tabel 5-3, 5-4, dan 5-5, dapat disimpulkan bahwa sensor ultrasonik HC-SR04T menunjukkan performa pembacaan yang cukup akurat pada ketiga jenis tangki, yaitu tangki air, tangki pestisida, dan tangki pupuk. Pada pengujian di tangki air dan tangki pestisida, sensor mencatat rata-rata error sebesar 1,39% dengan tingkat akurasi mencapai 98,61%. Sementara itu, pada pengujian di tangki pupuk, tingkat keakuratan sensor meningkat dengan rata-rata error hanya sebesar 0,63% dan akurasi mencapai 99,37%. Hasil ini menunjukkan bahwa sensor HC-SR04T layak digunakan untuk sistem pemantauan ketinggian cairan dalam berbagai jenis tangki, karena mampu memberikan data yang presisi dan konsisten dalam pengukuran jarak permukaan cairan.

5.2.3 Pengujian Sensor Cahaya BH 1750

Pengujian sensor cahaya BH 1750 dilakukan untuk memastikan bahwa alat ini mampu mengukur intensitas cahaya di lingkungan dengan tepat, terutama dalam konteks observasi intensitas cahaya di sekeliling tanaman cabai di dalam greenhouse. Sensor BH 1750 terhubung dengan mikrokontroler ESP32 melalui jalur komunikasi I2C, dan nilai dari intensitas cahaya dalam satuan lux dikirimkan secara langsung ke *Platform* Blynk. Pengujian dilakukan di berbagai kondisi pencahayaan, termasuk dalam ruangan yang gelap, serta di bawah sinar matahari pada pagi dan siang hari, untuk mengevaluasi sensitivitas sensor terhadap perubahan intensitas cahaya. Penilaian dilakukan dengan membandingkan pembacaan nilai lux dari sensor BH1750 dengan hasil pengukuran dari alat lux meter digital yang dijadikan acuan. Pada saat sensor membaca lux < 50 maka lampu otomatis akan menyala. Melalui perbandingan ini, kita dapat melihat seberapa akurat sensor BH 1750 dalam menampilkan intensitas cahaya dan menyalakan lampu. Dalam proses pengujian dibutuhkan beberapa alat dan bahan untuk, antara lain:

1. Sensor BH 1750 sebagai sensor yang akan diuji
2. Lux Meter sebagai alat pengukuran intensitas cahaya
3. *Dashboard* Blynk IoT sebagai media *monitoring*

Dalam pengujian ini menggunakan kondisi pencahayaan yang berbeda.



Gambar 5. 5 Pengujian Sensor BH1750

Dengan hasil pengukuran seperti tabel 5- 6.

$$\text{Error (\%)} = \frac{\text{Nilai Sensor BH 1750} - \text{Lux meter}}{\text{Lux meter}} \times 100\%$$

Tabel 5-6 Hasil Pengujian Sensor BH 1750

No	Nilai Sensor BH 1750 (Pembulatan Mengikuti Lux Meter)	Alat ukur (lux)	Selisih	Error (%)
1	18380	18370	10	0.054
2	19130	19130	0	0
3	17260	17250	10	0.058
4	23020	23010	10	0.043
5	22200	22230	30	0.135
6	21800	21830	30	0.137
7	24150	24130	20	0.083
8	26590	26600	10	0.038
9	25820	25880	60	0.232
10	22110	22130	20	0.090
Rata – rata Error				0.087
Rata – rata Akurasi				99.913

Berdasarkan hasil pengujian sensor BH1750 yang dibandingkan dengan alat ukur standar lux meter dalam tiga kali percobaan, diperoleh rata-rata tingkat error sebesar 0,3% dan rata-rata akurasi mencapai 99,9%. Hasil ini menunjukkan bahwa sensor BH1750 memiliki kemampuan yang sangat baik dalam mendeteksi intensitas cahaya dengan deviasi hasil pembacaan yang sangat kecil terhadap nilai referensi. Akurasi yang tinggi ini membuktikan bahwa BH1750 layak digunakan untuk aplikasi *monitoring* intensitas cahaya pada prototipe *Smart Greenhouse*, karena mampu memberikan data pencahayaan yang presisi untuk mendukung pengambilan keputusan otomatis, seperti pengaturan buka-tutup atap atau penyalaan lampu tambahan. Nilai error sebesar 0,01% yang terjadi dalam pengujian ini dipengaruhi oleh beberapa faktor kondisi di lapangan. Salah satunya yaitu

perbedaan posisi atau sudut penempatan antara sensor BH1750 dan lux meter saat pengukuran juga dapat menyebabkan sedikit variasi hasil. Fluktuasi pencahayaan alami, seperti pergerakan awan yang terjadi dalam hitungan detik, turut mempengaruhi hasil pembacaan secara *Real-time*. Selain itu, pada alat ukur luxmeter satuan dikalikan dengan 10, sehingga satuan secara rinci tidak terlihat, dalam hal itu pencatatan akurasi mengikuti standar luxmeter dengan pembulatan satuan sehingga mengimbangi hasil pengukuran alat ukur.

5.2.4 Pengujian Sensor Hujan

Pengujian sensor hujan dilakukan untuk melihat kondisi pada *Greenhouse*. Apabila sensor mendeteksi terjadi hujan, maka sistem akan otomatis menyalakan lampu dan memberikan notifikasi ke Telegram. Dengan adanya sensor hujan yang berfungsi untuk menyalakan lampu, maka pengguna tidak perlu khawatir, karena proses pertumbuhan tanaman akan tetap berlangsung dengan penerangan lampu yang ada di *Greenhouse*. Untuk hasil dari pengujian sensor hujan dapat dilihat pada Tabel 5-7.

Tabel 5- 7 Hasil Pengujian Sensor Hujan

No	Hasil Pembacaan Sensor Hujan	Kondisi Lampu	Notifikasi Telegram
1	Status Hujan Hujan (100%)	Hidup	
2	Status Hujan Tidak Hujan (0%)	Mati	

5.2.5 Pengujian Sistem secara keseluruhan

Uji coba sistem dilakukan untuk memastikan seluruh komponen bekerja secara otomatis dan terintegrasi sesuai fungsi masing-masing. Sensor kelembaban tanah digunakan sebagai indikator utama untuk menentukan kebutuhan penyiraman tanaman. Saat nilai kelembaban turun di bawah ambang batas ($< 60\%$), sistem secara otomatis mengaktifkan pompa air melalui relay untuk menyiram tanaman. Sebaliknya, jika kelembaban berada dalam kondisi cukup atau tinggi ($> 80\%$) pompa akan tetap dalam keadaan mati. Proses ini dipantau melalui tampilan LCD dan *Dashboard* Blynk, yang memberikan data *Real-time* mengenai status kelembaban tanah.

Sensor hujan yang dipasang pada atap greenhouse juga diuji dan memberikan respon saat hujan terdeteksi. Ketika sensor mendeteksi hujan, sistem secara otomatis menyalakan lampu supaya proses pertumbuhan tetap berjalan. Selain itu, tiga buah sensor ultrasonik HCSR-04T dipasang pada masing-masing tangki (air, pupuk, dan pestisida) untuk memantau ketinggian air. Nilai ketinggian dari sensor ini digunakan sebagai indikator sistem untuk menghindari pompa bekerja saat tangki dalam kondisi kosong, yang juga dilaporkan melalui aplikasi Telegram.

Sensor intensitas cahaya BH 1750 juga diuji untuk mengatur sistem pencahayaan otomatis di dalam greenhouse. Ketika nilai lux turun di bawah ambang batas (misalnya < 50 lux), sistem akan mengaktifkan lampu LED secara otomatis. Selain itu, uji coba terhadap sistem penyiraman, pemupukan dan penyemprotan pestisida dilakukan berdasarkan jadwal yang telah ditentukan menggunakan modul RTC DS3231. Pompa pupuk aktif setiap 6 menit, sedangkan pompa pestisida aktif setiap 7 menit sekali. Semua proses ini berjalan otomatis dan hasilnya dimonitor secara akurat melalui *Platform* Blynk yang menampilkan status sensor, nilai pembacaan, dan kondisi setiap perangkat yang terhubung. Tabel 5-8 menunjukkan hasil pengujian sistem secara keseluruhan.

Tabel 5- 8 Pengujian Sistem Secara Keseluruhan

No	Parameter	Kondisi	Hasil Sensor	Keterangan Sistem	Internet of Things
1	Kelembaban Tanah (%)	Kering	3%	Di bawah ambang batas (<60%) maka Pompa Air menyala otomatis	
2	Kelembaban Tanah (%)	Lembab	80%	Dalam ambang batas (> 80%) maka Pompa Air tidak aktif	
3	Sensor Hujan	Hujan	Hujan Turun	Lampu otomatis menyala (karena kondisi hujan)	
4	Sensor BH 1750 (lux)	Gelap	10 lux	Lampu otomatis menyala (intensity < 50 lux)	
5	Sensor BH 1750 (lux)	Terang	15515	Lampu otomatis mati (intensity > 50 lux)	
6	Pompa Pupuk	Setiap 6 Menit	Hidup	Menyala selama 20 detik	
7	Pompa Pestisida	Setiap 7 Menit	Hidup	Menyala selama 20 detik	

5.2.6 Tampilan Spreadsheet Selama Pengujian Alat

Sistem ini dilengkapi dengan fitur pencatatan data secara *Real-time* melalui spreadsheet sebagai bagian dari pemantauan berbasis *Internet of Things (IoT)*. Informasi yang direkam mencakup waktu dan tanggal pencatatan, serta nilai yang dihasilkan oleh berbagai sensor, seperti sensor intensitas cahaya BH1750, sensor kelembaban tanah resistif, sensor hujan, dan sensor ultrasonik HCSR-04 yang berfungsi untuk mengukur tinggi permukaan air dalam tangki. Seluruh data tersebut dikirim secara otomatis oleh mikrokontroler ESP32 ke Google Spreadsheet melalui jaringan internet, sehingga memungkinkan akses dan pemantauan dari lokasi mana pun secara fleksibel.

Tak hanya mencatat data dari sensor, spreadsheet ini juga menyimpan informasi terkait aktivitas sistem, khususnya saat pompa bekerja secara otomatis berdasarkan jadwal yang telah ditentukan maupun ketika diperintah manual. Hal ini memungkinkan pengguna untuk memantau tidak hanya kondisi lingkungan tanaman, tetapi juga waktu pasti ketika sistem melakukan tindakan seperti penyiraman air, pemberian pupuk, ataupun penyemprotan pestisida. Penyajian data secara runtut dan kronologis ini sangat membantu dalam mengevaluasi kinerja sistem, sekaligus menjadi arsip historis yang berguna untuk analisis dan pengembangan sistem ke depannya.

5.2.7 Data Konsumsi Daya dan Lama Pemakaian Baterai

Prototipe Smart Greenhouse tanaman cabai dirancang agar dapat beroperasi secara mandiri dengan memanfaatkan energi terbarukan dari panel surya berkapasitas 30 Wp. Daya yang dihasilkan panel surya dialirkan melalui Solar Charge Controller (SCC) 10A. Energi yang telah distabilkan kemudian disimpan ke dalam baterai Lead Acid 12 V berkapasitas 9 Ah yang menjadi pusat penyimpanan dan sumber daya utama bagi seluruh komponen sistem. Selanjutnya, daya dari baterai didistribusikan sesuai kebutuhan masing-masing komponen. Untuk beban dengan tegangan kerja 12 V, seperti pompa DC 12 V (pemupukan, penyiraman air dan penyemprotan pestisida) serta lampu LED 12 V sebagai pencahayaan pada *greenhouse*, daya disalurkan melalui modul relay. Sementara digunakan buck converter LM2596 untuk menurunkan tegangan dari 12 V baterai menjadi 5 V agar dapat mensuplai ESP32.

Tabel 5- 9 Perhitungan Konsumsi Daya

Kondisi Pengujian	Tegangan Baterai (V)	Arus Beban (A)	Daya Total (W)
Pompa dan Lampu tidak aktif	12,7 V	0,75 A	9,52 W
Lampu Aktif	12,7 V	1,4 A	17,78 W
1 Pompa Aktif	12,7 V	1,5 A	19,05 W
2 Pompa Aktif	12,7 V	3,4 A	43,18 W
1 Pompa + Lampu Aktif	12,7 V	3,2 A	40,64 W
2 Pompa + Lampu Aktif	12,7 V	4,3 A	54,61 W
Rata – rata Arus			2,4 A
Rata – rata Daya			30,8 W

Selanjutnya untuk mengetahui sejauh mana baterai mampu menopang kinerja sistem Smart Greenhouse, dilakukan perhitungan lama waktu pemakaian baterai berdasarkan hasil pengukuran arus pada setiap skenario beban. Metode yang digunakan antara lain perhitungan sederhana dengan membagi kapasitas baterai (Ah) terhadap arus beban (A), perhitungan dengan mempertimbangkan Depth of Discharge (DoD) sebesar 80%, perhitungan dengan koreksi DoD dan efisiensi baterai (90%).

Untuk mengetahui estimasi lama waktu nyala sistem, terlebih dahulu dihitung kapasitas energi total yang dimiliki oleh baterai. Kapasitas energi ini diperoleh dari hasil perkalian antara kapasitas baterai dalam satuan Ampere-hour (Ah) dengan tegangan nominal baterai dalam Volt (V). Dengan baterai berkapasitas 9 Ah pada tegangan 12,7 V, maka energi total yang tersedia dapat dihitung dengan cara di bawah ini.

$$E = \text{Arus (Ah)} \times \text{Tegangan (V)} = 9\text{Ah} \times 12,7 \text{ V} = 114,3 \text{ Wh}$$

Pada perhitungan pertama digunakan metode sederhana, yaitu dengan membagi kapasitas baterai terhadap arus beban. Rumus ini memberikan estimasi waktu operasi dalam kondisi ideal tanpa memperhitungkan faktor pembatas baterai.

$$t = \frac{C}{I} = \frac{9\text{Ah}}{2,4 \text{ A}} = 3,8 \text{ jam}$$

Keterangan :

t = waktu tahan (jam)

C = Kapasitas Baterai (Ah)

I = Arus Beban (A)

Setelah diperoleh kapasitas energi total baterai, maka untuk menghitung estimasi waktu nyala sistem digunakan rumus dasar dengan t adalah waktu nyala (jam), E adalah energi yang tersedia pada baterai (Wh), dan P adalah daya beban (W). Karena dalam perhitungan ini digunakan batas pemakaian Depth of Discharge (DoD) sebesar 80%, maka energi efektif baterai adalah:

$$E_{80} = E \times \text{DoD} = 114,3 \text{ Wh} \times 0,8 = 91,44 \text{ Wh}$$

$$t = \frac{E80}{P} = \frac{91,44 \text{ Wh}}{30,8 \text{ W}} = 3 \text{ jam}$$

Keterangan :

t = waktu tahan (jam)

C = Kapasitas Baterai (Ah)

I = Arus Beban (A)

DoD untuk Lead Acid 80% (0,8)

P = Daya Beban

Untuk mendapatkan hasil yang lebih mendekati kondisi nyata, perhitungan kemudian dikoreksi lagi dengan menambahkan faktor efisiensi sistem (η). Dengan efisiensi sebesar 90%, diperoleh estimasi waktu kerja baterai yang lebih realistis sesuai kondisi operasional di lapangan.

$$E_{ef} = E \times \text{DoD} \times \eta = 91,44 \times 0,9 = 82,296 \text{ Wh}$$

$$t = \frac{E_{ef}}{P} = \frac{82,296}{30,8} = 2,7 \text{ jam}$$

Keterangan :

t = waktu tahan (jam)

C = Kapasitas Baterai (Ah)

I = Arus Beban (A)

P = Daya Beban (W)

DoD untuk Lead Acid 80% (0,8)

η = Efisiensi Sistem 90% (0,9)

Dari hasil perhitungan dapat diketahui bahwa waktu nyala baterai akan berbeda tergantung pada faktor yang digunakan. Pada perhitungan sederhana tanpa batasan, baterai mampu menyuplai beban sekitar 3,8 jam. Jika memperhitungkan DoD 80% maka waktu nyala berkurang menjadi sekitar 3 jam, dan setelah ditambahkan faktor efisiensi LM2596 sebesar 90% waktu nyala efektif menjadi sekitar 2,7 jam. Perhitungan ini menggunakan arus dan daya rata – rata ketika pengujian.