

BAB VI. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini implementasi sistem penyiraman otomatis pada tanaman sawi dapat melakukan penyiraman sesuai dengan hasil dari perhitungan fuzzy tsukamoto. Berdasarkan usecase testing yang telah dilakukan pada pembahasan sebelumnya, pada saat sistem melakukan proses deteksi suhu udara telah ditunjukkan pada Tabel 5.1, saat sistem melakukan proses deteksi kelembaban udara telah ditunjukkan pada Tabel 5.2, dan saat sistem melakukan proses deteksi kelembaban tanah ditunjukkan pada Tabel 5.3.

Setelah mendapatkan nilai deteksi, ESP32 melakukan pengiriman data ke Raspberry Pi menggunakan protokol MQTT yang ditunjukkan pada Tabel 5.4. Raspberry Pi menerima data dari ESP32, data tersebut akan dikirimkan ke database menggunakan protokol HTTP yang ditunjukkan pada Tabel 5.5. Data yang tersimpan di database akan diproses dengan menggunakan metode fuzzy tsukamoto dan dikirimkan ke ESP32 yang ditunjukkan pada Tabel 5.6.

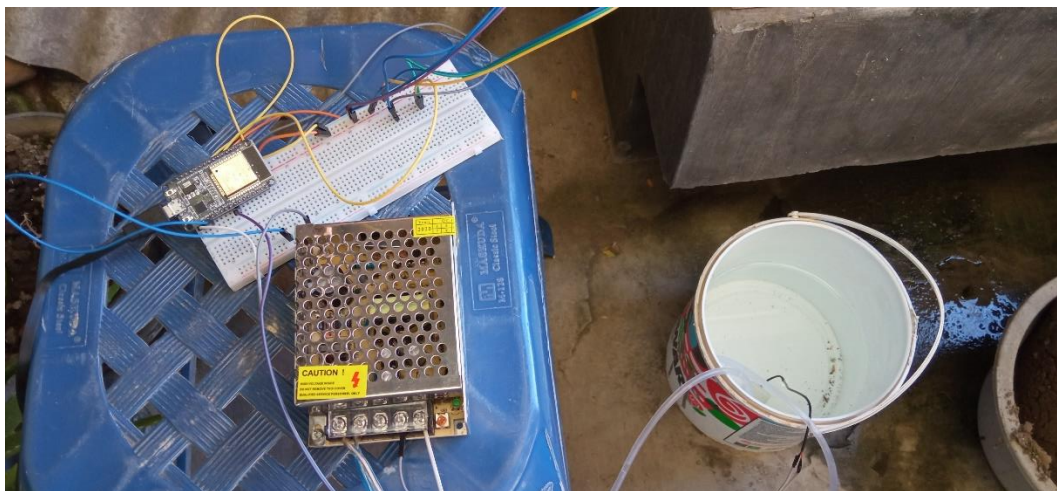
Ketika user ingin melakukan monitoring data di website, maka perlu menambahkan device yang akan dihubungkan ke website pada halaman device management yang ditunjukkan pada Tabel 5.7. Kemudian setelah menambahkan device, user bisa masuk ke halaman dashboard dan melakukan monitoring dengan menekan button “Select” yang ditunjukkan pada Tabel 5.8, Tabel 5.9, dan Tabel 5.10.

6.1 Implementasi Prototype

Sistem ini didesain untuk mempermudah petani sawi dalam melakukan monitoring tanaman tanpa perlu ke lapangan. Pengguna perlu menambahkan perangkat mana yang akan dilakukan monitoring di website. Ketika proses penambahan perangkat berhasil, maka sistem akan menyimpan data perangkat yang terhubung dengan website ke dalam database dan kemudian pengguna bisa melakukan pemantauan data sensor secara real time. Pada sistem terdapat fitur yang dapat digunakan oleh pengguna untuk menghidupkan atau mematikan aktuator secara manual.



Gambar 6.1 Peletakan Sensor Pada Prototype



Gambar 6.2 Perancangan Hardware

6.2 Hasil Pengujian

6.2.1 Hasil Pengujian Sensor DHT11

Pengujian dilakukan untuk membandingkan nilai suhu udara dan kelembaban udara yang diukur dengan sensor DHT11 dan hygrometer digital. Pengujian tersebut digunakan untuk mengetahui tingkat kesalahan pengukuran dari sensor DHT11. Pengujian dilakukan dengan interval waktu 4 jam sekali.

Tabel 6.1 Hasil Pengujian Sensor DHT11 (Suhu Udara)

Waktu (Pukul)	Sensor DHT11	Higrometer digital	Error (%)
04.00	20	19,7	0,015228
08.00	24	24,5	0,020408
12.00	25	25,6	0,023438
16.00	25	25,3	0,011858
20.00	22	21,9	0,004566
24.00	18	17,5	0,028571
Rata-rata			0,017345

Tabel 6.2 Hasil Pengujian Sensor DHT11 (Kelembaban Udara)

Waktu (Pukul)	Sensor DHT11	Higrometer digital	Error (%)
04.00	85	85,8	0,009324
08.00	90	90,7	0,007718
12.00	87	86,8	0,002304
16.00	85	84,5	0,005917
20.00	89	89,3	0,003359
24.00	94	93,5	0,005348
Rata-rata			0,005662

Perbandingan hasil dari pengujian tabel di atas dilakukan untuk melihat akuisisi data sensor DHT11 sehingga dapat mengetahui persentase *error* sensor apabila dibandingkan dengan hasil pengukuran hygrometer digital. Nilai error didapatkan dengan menggunakan perhitungan MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) dengan rumus sebagai berikut :

$$MAPE = \frac{\text{nilai alat ukur manual} - \text{nilai sensor}}{\text{nilai alat ukur manual}} \times 100\%$$

Dari hasil pengujian pada Tabel 6.1 untuk kriteria suhu udara menghasilkan *error* yang sangat kecil yaitu 0,017% sedangkan pada Tabel 6.2 untuk kriteria kelembaban udara menghasilkan *error* 0,0057%. Kedua hasil tersebut membuktikan bahwa sensor DHT11 memiliki kemampuan yang baik dalam mengukur suhu udara dan kelembaban udara.

6.2.2 Hasil Pengujian Sensor YL-69

Pengujian dilakukan untuk membandingkan nilai kelembaban tanah yang diukur dengan sensor YL-69 dan soil tester. Pengujian tersebut digunakan untuk mengetahui tingkat kesalahan pengukuran dari sensor YL-69.

Tabel 6.3 Hasil Pengujian Sensor YL-69

No.	Sensor YL-69	Soil Tester	Error (%)
1	32,17	34	0,053824
2	54,75	55	0,004545
3	67,77	66	0,026818
4	55,54	54	0,028519
5	49,72	49	0,014694
6	35,45	33	0,074242
7	60,15	61	0,013934
8	57,88	57	0,015439
9	54,12	55	0,016
10	56,8	57	0,003509
Rata-rata			0,025152

Perbandingan hasil dari pengujian tabel di atas dilakukan untuk melihat akuisisi data sensor YL-69 sehingga dapat mengetahui persentase *error* sensor apabila dibandingkan dengan hasil pengukuran soil tester. Nilai error didapatkan dengan menggunakan perhitungan MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) dengan rumus sebagai berikut :

$$MAPE = \frac{\text{nilai alat ukur manual} - \text{nilai sensor}}{\text{nilai alat ukur manual}} \times 100\%$$

Dari hasil pengujian pada Tabel 6.3 menghasilkan *error* sebesar 0,025%, hal ini menunjukkan bahwa sensor YL-69 memiliki kemampuan yang baik dalam melakukan pengukuran kelembaban tanah.

6.2.3 Hasil Pengujian Fuzzy Tsukamoto

Dari hasil pengiriman data dari ESP32 melalui Raspberry Pi yang kemudian dilakukan perhitungan menggunakan metode fuzzy tsukamoto menghasilkan sebuah tabel :

Tabel 6.4 Pengecekan Perhitungan Sistem dan Manual

No	Perangkat	Temperature	Humidity	Moisture	Hasil	Excel
1	7C:9E:BD:36:84:44	27	84	51.47	11	11
2	7C:9E:BD:36:84:44	27	84	51.57	11	11
3	7C:9E:BD:36:84:44	27	85	52.11	11	11
4	7C:9E:BD:36:84:44	27	85	52.0033	11	11
5	7C:9E:BD:36:84:44	27	85	51.968	11	11
6	7C:9E:BD:36:84:44	30	73	32.0067	26	26
7	7C:9E:BD:36:84:44	30	74	31.2686	27	27
8	7C:9E:BD:36:84:44	30	74	31.2686	27	27
9	7C:9E:BD:36:84:44	30	74	31.0436	27	27
10	7C:9E:BD:36:84:44	30	73	30.6826	28	28
11	7C:9E:BD:36:84:44	30	73	30.5018	28	28
12	7C:9E:BD:36:84:44	30	73	29.6288	29	29
13	7C:9E:BD:36:84:44	30	72	28.33	31	31
14	7C:9E:BD:36:84:44	30	72	28.56	31	31
15	7C:9E:BD:36:84:44	30	70	28.6143	31	31
16	7C:9E:BD:36:84:44	30	71	29.2436	30	30
17	7C:9E:BD:36:84:44	30	71	29.4107	30	30
18	7C:9E:BD:36:84:44	30	71	30.881	28	28
19	7C:9E:BD:36:84:44	30	71	30.8777	28	28
20	7C:9E:BD:36:84:44	30	71	27.5325	33	33

Terdapat 20 data uji yang digunakan untuk perbandingan terhadap hasil perhitungan sistem dengan hasil perhitungan *excel*. Berdasarkan tabel tersebut, maka didapatkan hasil pengecekan tersebut dengan persamaan $\frac{20}{20} * 100\% = 100\%$.

6.2.4 Hasil Pengujian Kinerja Sistem dengan Manusia

Pada pengujian ini dilakukan perbandingan antara kinerja dari sistem dengan manusia, dimana manusia melakukan penyiraman pada tanaman sawi hanya saat pagi hari dan sore hari tanpa adanya monitoring lebih lanjut apakah kadar air yang dibutuhkan oleh tanaman sawi sudah terpenuhi. Jika dibandingkan dengan kinerja sistem yang setiap 1 menit sekali akan melakukan penyiraman sesuai dengan keputusan dari *fuzzy tsukamoto* maka dengan menggunakan sistem ini lebih efektif.

Pada Tabel 6.5, manusia melakukan penyiraman 4 kali selama 2 hari dengan data kriteria kelembaban tanah sebelum dilakukan penyiraman dan sesudah dilakukan penyiraman sebagai berikut :

Tabel 6.5 Kelembaban Tanah dengan Penyiraman Manual

Hari	Waktu	Kelembaban Tanah (Sebelum Penyiraman)	Kelembaban Tanah (Sesudah Penyiraman)
1	07.00	47%	66%
	16.00	38%	57%
2	07.00	27%	44%
	16.00	25%	50%

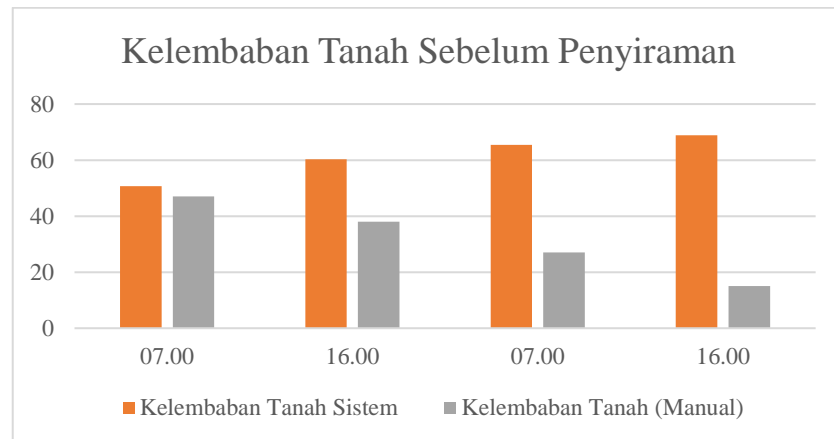
Sistem melakukan penyiraman per 1 jam lebih dari 40 kali, maka diambil data sesuai dengan kinerja manusia, pada pukul 07.00 dan 16.00 selama 2 hari yang tertuai pada Tabel 6.6, sebagai berikut :

Tabel 6.6 Kelembaban Tanah dengan Penyiraman Menggunakan Sistem

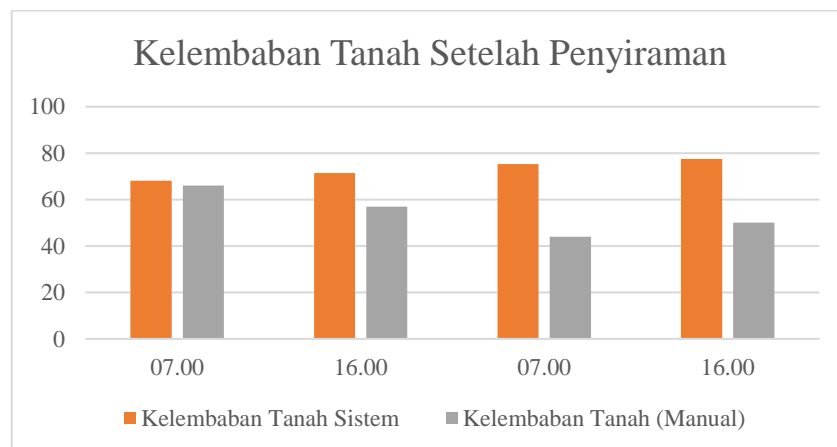
Hari	Waktu	Kelembaban Tanah (Sebelum Penyiraman)	Kelembaban Tanah (Sesudah Penyiraman)
1	07.00	50,75%	68,15%
	16.00	60,33%	71,45%
2	07.00	65,45%	75,23%

	16.00	68,89%	77,49%
--	-------	--------	--------

Jika dilihat dari Tabel 6.5 dan Tabel 6.6 maka dapat dilihat bahwa dengan menggunakan sistem, kelembaban tanah lebih terjaga dan kadar air yang dibutuhkan oleh tanaman sawi terpenuhi.



Gambar 6.3 Grafik Perbandingan Kelembaban Tanah Sebelum Penyiraman

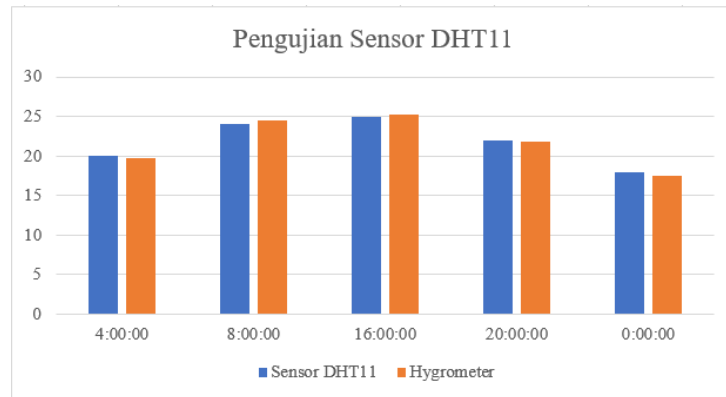


Gambar 6.4 Grafik Perbandingan Kelembaban Tanah Setelah Penyiraman

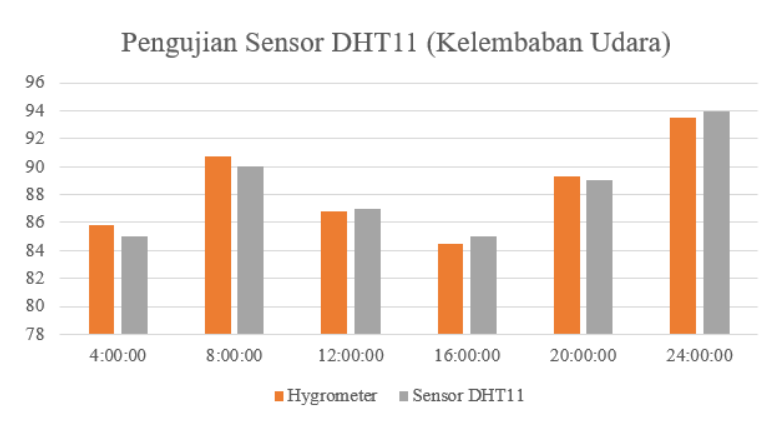
6.2 Pembahasan

6.2.1 Pembahasan Hasil Pengujian Sensor DHT11

Sensor DHT11 digunakan untuk mengukur suhu udara dan kelembaban udara dari prototype tanaman sawi telah berfungsi dengan baik. Terbukti dari hasil pengujian pada sensor tersebut didapatkan tingkat rata-rata *error* pada kriteria suhu udara sebesar 0,017% dan kriteria kelembaban udara sebesar 0,0057%, yang berarti tingkat akurasi pengukuran sensor ketika dibandingkan dengan hygrometer digital memiliki akurasi yang baik. Hasil pengujian ditampilkan pada grafik berikut untuk memudahkan analisa.



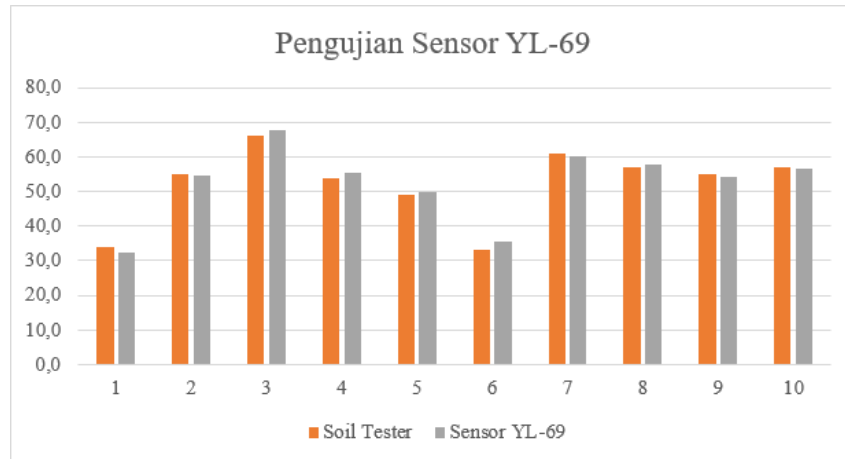
Gambar 6.5 Grafik Perbandingan Sensor DHT11 (Suhu Udara)



Gambar 6.6 Grafik Perbandingan Sensor DHT11 (Kelembaban Udara)

6.2.2 Pembahasan Hasil Pengujian Sensor YL-69

Sensor YL-69 digunakan untuk mengukur kelembaban tanah dari prototype tanaman sawi telah berfungsi dengan baik. Terbukti dari hasil pengujian pada sensor tersebut didapatkan tingkat rata-rata *error* sebesar 0,025%, yang berarti tingkat akurasi pengukuran sensor ketika dibandingkan dengan soil tester memiliki akurasi yang baik. Hasil pengujian ditampilkan pada grafik berikut untuk memudahkan analisa.



Gambar 6.7 Grafik Perbandingan Sensor YL-69