

SISTEM MANAJEMEN PENGAIRAN PADA BUDIDAYA TANAMAN ANGGUR BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT)

Sabang Firdaus^{1*}, Tedy Rismawan², Uray Ristian³

^{1,2,3}Jurusan Rekayasa Sistem Komputer, Fakultas MIPA Universitas Tanjungpura; Jalan Prof Dr. H. Hadari Nawawi Pontianak; Telp/Fax: (0561) 577963

Riwayat artikel:

Received: 21 Juli 2023

Accepted: 22 Agustus 2023

Published: 11 September 2023

Keywords:

Anggur, Budidaya, Kelembapan Tanah, *Internet of Things*, *Website*.

Correspondent Email:

sabangfirdaus@student.untan.ac.id

Abstrak. Terdapat beberapa kondisi yang perlu diperhatikan dalam membudidayakan tanaman anggur di daerah tropis, salah satunya adalah kelembapan tanah. Pengendalian untuk menambah nilai kelembapan tanah dapat dilakukan dengan menyiramkan air. Penyiraman secara manual memiliki kendala yaitu perlu memantau kondisi kelembapan tanah secara berkala. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu sistem berbasis *Internet of Things* yang dapat melakukan pemantauan kondisi kelembapan tanah dan mengendalikan penyiraman tanaman anggur secara otomatis. Pada penelitian ini, ESP32 digunakan sebagai mikrokontroler, sensor *soil moisture* digunakan untuk mengukur kelembapan tanah, dan *relay* digunakan untuk kendali *solenoid valve* dan pompa air. *Website* digunakan untuk menampilkan hasil pengukuran, status kendali, serta memasukkan jadwal penyiraman. Sistem akan melakukan penyiraman saat nilai kelembapan tanah $\leq 60\%$, atau saat nilai kelembapan tanah 61-74% serta waktu sesuai dengan jadwal masukkan pengguna. Hasil pengujian pengukuran kelembapan tanah oleh sensor pertama, sensor kedua, dan sensor ketiga mendapatkan nilai *error* rata-rata sebesar 2,24%, 1,68%, dan 1,11%. Rata-rata waktu respon *on* pada *relay1*, *relay2*, *relay3*, dan *relay* pompa adalah 2,32 detik, 2,68 detik, 2,67 detik, dan 3,41 detik. Sedangkan rata-rata waktu respon *off* adalah 2,62 detik, 2,61 detik, 2,73 detik, dan 3,76 detik. Dengan waktu respon tersebut, tanaman akan tersiram lebih lama, sehingga kelembapan tanah bisa melebihi 75%.

Abstract. There are several conditions that need to be considered in cultivating grapevines in tropical areas, one of them is soil moisture. Increasing soil moisture can be done by watering the plants. Manual watering has its limitations, as it requires periodic monitoring of soil moisture conditions. Therefore, an *Internet of Things (IoT)* based system is needed to monitor soil moisture conditions and automatically control the watering of grapevines. In this study, ESP32 is used as microcontroller, soil moisture sensor is used to measure soil moisture, and relay is used to control solenoid valve and water pump. Website is used to display measurement results, control status, and input watering schedules. The system will initiate watering when the soil moisture value is $\leq 60\%$, or when its between 61-74%, and the time matches the user-inputted schedule. The testing results of soil moisture measurements obtained from the first, second, and third sensors showed an average error value of 2.24%, 1.68%, and 1.11% respectively. The average "on" response time for *relay1*, *relay2*, *relay3*, and the pump relay is 2.32, 2.68, 2.67, and 3.41 seconds. Meanwhile, the average "off" response time is 2.62, 2.61, 2.73, and 3.76 seconds respectively. With these response times, the

plants maybe watered for a longer period, causing the soil moisture exceed 75%.

1. PENDAHULUAN

Tanaman anggur pertama kali tumbuh di dataran Eropa, Amerika Utara, Islandia, Greenland, dan daerah bersuhu dingin yang dekat dengan Kutub Utara. Kandungan gizi dalam buah anggur seperti vitamin, mineral, karbohidrat, dan senyawa fitokimia memiliki manfaat yang baik untuk kesehatan. Kandungan polifenol (senyawa fitokimia) mempunyai efek untuk menghambat penyakit seperti penyakit jantung, kanker, dan memperlambat penuaan. Selain itu, buah anggur juga memiliki efek antioksidan, antikanker, antiinflamasi, dan antimikroba. Budidaya tanaman anggur di daerah tropis memerlukan perhatian khusus, diantaranya yaitu perlu untuk menanam tanaman anggur di daerah dataran rendah sampai dengan ketinggian 300 meter di atas permukaan laut agar dapat tumbuh dengan baik, curah hujan yang tidak terlalu tinggi serta angin yang tidak terlalu kencang juga perlu diperhatikan. Tanaman anggur dapat hidup di daerah dengan suhu rata-rata maksimal 31°C di siang hari dan rata-rata minimal 23°C di malam hari dengan kelembapan udara pada kisaran 75-80% [1]. Kelembapan tanah optimal dalam pembudidayaan tanaman anggur adalah pada rentang 60-75% [2].

Budidaya anggur pada daerah khatulistiwa seperti daerah Kota Pontianak, Kalimantan Barat akan menjadi sebuah tantangan tersendiri, karena daerah ini beriklim tropis dengan suhu yang akan meningkat saat musim kemarau tiba. Dengan bantuan teknologi, salah satu cara untuk membudidayakan tanaman anggur di daerah Pontianak adalah dengan menanamnya di dalam sebuah *greenhouse*. Di dalam *greenhouse* dapat dilakukan pengendalian kondisi lingkungan untuk disesuaikan dengan kondisi optimal pertumbuhan tanaman anggur. Salah satu kondisi yang dapat dikendalikan adalah kelembapan tanah. Pengendalian untuk menambah nilai kelembapan tanah dilakukan dengan penyiraman air. Pengendalian kondisi optimal kelembapan tanah tanaman anggur dengan penyiraman manual memerlukan pemantauan langsung secara berkala. Dengan

menggunakan konsep *Internet of Things* (IoT) pengendalian dan pemantauan kondisi kelembapan tanah tanaman anggur dapat dilakukan secara otomatis. IoT merupakan sebuah sistem yang menghubungkan perangkat-perangkat keras untuk saling berinteraksi menggunakan jaringan internet.

Penelitian sebelumnya tentang IoT pernah dilakukan dengan judul “Rancang Bangun Alat Penyiraman Otomatis Berbasis *Internet of Things* dengan Notifikasi *WhatsApp*” [3]. Penelitian ini menghasilkan sebuah sistem yang dapat mengendalikan penyiraman pada tanaman secara otomatis berdasarkan kelembapan tanah yang dibutuhkan. Selain itu sistem juga dapat menampilkan status suhu, kelembapan tanah, dan kelembapan udara serta mengontrol *relay* melalui pesan *WhatsApp*.

Penelitian selanjutnya terkait IoT pernah dilakukan dengan judul “Sistem Kontrol dan *Monitoring* Tanaman Hidroponik Berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan NodeMCU ESP32” [4]. Penelitian ini menghasilkan sebuah sistem yang dapat melakukan pemantauan suhu dan kadar pH pada tanaman hidroponik. Sistem juga dapat mengendalikan kadar pH pada tanaman hidroponik secara otomatis dengan menambahkan Kalium Hidroksida untuk menaikkan kadar pH dan Asam Fosfat untuk menurunkan kadar pH.

Penelitian selanjutnya pernah dilakukan dengan judul “Rancang Bangun *Smart Controller* untuk Tanaman Anggur di *Greenhouse* Menggunakan Modul *Long Range* (LoRa)” [5]. Penelitian ini menghasilkan sebuah sistem yang dapat melakukan pemantauan suhu, kelembapan tanah, pH tanah, dan intensitas cahaya pada *greenhouse*. Data hasil pemantauan tersebut dikirim menggunakan perangkat LoRa (*transmitter* ke *receiver*) lalu ke NodeMCU ESP32 dan selanjutnya dikirim lagi ke *mobile application* untuk ditampilkan. Sistem ini juga dapat melakukan pengendalian kelembapan tanah secara otomatis dengan membuka *solenoid*

valve saat nilai kelembapan tanah dibawah 50 persen.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Internet of Things

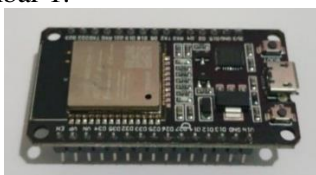
Internet of Things (IoT) merupakan suatu konsep mengenai perangkat yang memiliki kemampuan untuk saling berkomunikasi dengan perangkat lain menggunakan jaringan tanpa perlu campur tangan manusia [6]. Konsep IoT mengacu pada 3 elemen utama yaitu perangkat dalam bentuk fisik yang dilengkapi dengan modul IoT, perangkat yang digunakan untuk melakukan koneksi ke internet seperti modem, *Cloud Data Center* sebagai tempat penyimpanan aplikasi dan *database* [7].

2.2. Firebase

Firebase merupakan sebuah platform yang digunakan untuk aplikasi *realtime*, ketika terjadi perubahan data aplikasi yang terhubung dengan *Firebase* akan memperbaharui secara langsung melalui perangkat berbasis *website* ataupun *mobile* [8]. Salah satu layanan yang diberikan oleh *Firebase* adalah *realtime database*. *Firebase Realtime Database* adalah *Cloud-Hosted database* yang dapat melakukan penyimpanan dan sinkronisasi data secara *realtime* kepada setiap *client* yang terhubung [9]. *Firebase Realtime Database* merupakan sebuah database NoSQL dan datanya disimpan dalam bentuk JSON (*JavaScript Object Notation*).

2.3. NodeMCU ESP32

ESP32 merupakan mikrokontroler yang diperkenalkan oleh Expressif System sebagai penerus dari mikrokontroler ESP8266. Mikrokontroler ini sudah sangat mendukung untuk pengembangan aplikasi *Internet of Things* karena terdapat modul *WiFi* di dalam cipnya [10]. NodeMCU ESP32 berfungsi sebagai pengolah data dari sensor, pengirim data ke *database*, serta kendali kondisi nyala/mati *solenoid valve* dan pompa air. Bentuk dari NodeMCU ESP32 dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. NodeMCU ESP32

2.4. Sensor Capacitive Soil Moisture

Capacitive soil moisture adalah sebuah sensor yang digunakan untuk mengukur kelembapan dalam tanah. Tegangan *input* pada sensor ini adalah 3,3 volt sampai 5 volt dan tegangan *output* 0 sampai 4,2 volt, tegangan *output* akan turun saat tanah dalam kondisi basah, sedangkan saat tanah dalam kondisi kering tegangan *output* akan naik [3]. Bentuk dari sensor *capacitive soil moisture* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Sensor Capacitive Soil Moisture

2.5. Relay

Relay merupakan merupakan komponen yang berfungsi sebagai sakelar penghubung atau pemutus arus listrik. Arus listrik yang dihantarkan dengan beban besar dapat dikontrol dengan arus yang lebih kecil [11]. Bentuk dari *relay* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Relay

2.6. Pompa Air

Pompa air merupakan suatu mesin yang digunakan untuk menaikkan cairan/fluida dari dataran yang rendah ke dataran yang tinggi atau mesin yang mengalirkan cairan dari daerah bertekanan rendah ke daerah bertekanan tinggi. Untuk menggerakkan pompa dapat digunakan motor DC. Motor DC adalah peralatan elektromekanik yang mengubah tenaga listrik menjadi tenaga mekanik menggunakan tegangan searah sebagai sumber tenaganya [12]. Bentuk dari pompa air dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Pompa Air

2.7. Solenoid Valve

Solenoid valve merupakan sebuah alat mekanis yang berfungsi sebagai pembuka atau penutup saluran antar dua ruang untuk meneruskan atau menghentikan aliran fluida [13]. *Solenoid valve* mempunyai dua komponen utama yaitu *solenoid* dan katup, *solenoid* berfungsi sebagai pengonversi energi listrik menjadi energi mekanik yang akan digunakan untuk membuka atau menutup katup secara mekanik [14]. *Solenoid valve* dapat bekerja dengan dialirkan arus listrik AC maupun DC. Bentuk dari *solenoid valve* dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Solenoid Valve

2.8. Relative Error

Relative error digunakan untuk menghitung kesalahan atau perbedaan dari dua nilai numerik. Dua nilai tersebut yaitu nilai hasil pengukuran dan nilai yang diprediksi, nilai hasil pengukuran akan dijadikan sebagai nilai benar (atau referensi). Nilai pengukuran didapat dari pengukuran alat ukur standar dan nilai prediksi didapat dari pengukuran oleh sensor. Rumus persamaan *relative error* dalam persentase dapat dilihat pada Persamaan 1[15].

$$\%RE = \left| \frac{p-m}{m} \right| \times 100 \quad (1)$$

Keterangan:

$\%RE$ = *Relative Error*

p = nilai prediksi (pengukuran sensor)

m = nilai pengukuran (pengukuran alat ukur standar)

3. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan bertahap mulai dari studi literatur, pengumpulan data, analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, pengujian sistem, dan analisa.

3.1. Studi Literatur

Pada tahap ini dilakukan pencarian informasi dan literatur yang berhubungan dengan penelitian ini. Literatur yang dikumpulkan dapat berupa jurnal penelitian, buku-buku, artikel, maupun dokumen-dokumen

lainnya yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan. Literatur yang telah dikumpulkan selanjutnya dipelajari serta digunakan sebagai referensi untuk mendukung dalam pengerjaan penelitian.

3.2. Pengumpulan Data

Pada tahap ini, pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan metode observasi. Pengamatan dilakukan secara langsung ke lokasi penelitian sehingga data yang telah diambil dapat dibuktikan kebenarannya. Data yang dikumpulkan berupa data kelembapan tanah dan respon *relay*.

3.3. Analisis Kebutuhan

Analisis kebutuhan merupakan suatu proses yang dilakukan untuk menentukan komponen-komponen apa saja yang dibutuhkan dalam membangun sistem.

3.3.1. Kebutuhan Perangkat Keras

1. NodeMCU ESP32
2. Sensor *Capacitive Soil Moisture*
3. *Relay*
4. *Solenoid Valve*
5. Pompa Air

3.3.2. Kebutuhan Perangkat Lunak

1. *Fritzing*
2. *Arduino IDE*
3. *Visual Studio Code*
4. *Firebase*

3.4. Perancangan Sistem

Perancangan sistem merupakan tahapan yang dilakukan untuk membuat perancangan perangkat keras dan perancangan perangkat lunak.

3.4.1. Perancangan Perangkat Keras

1. Perancangan pemantauan kelembapan tanah.
2. Perancangan kendali *solenoid valve*.
3. Perancangan kendali pompa air.

3.4.2. Perancangan Perangkat Lunak

1. Perancangan sistem kendali dan pemantauan kelembapan tanah pada NodeMCU ESP32.
2. Perancangan antarmuka *website*.

3.5. Implementasi

Implementasi merupakan tahapan yang dilakukan untuk merealisasikan sistem ke dalam bentuk nyata dengan mengintegrasikan perancangan sistem, perangkat keras, dan perangkat lunak.

3.6. Pengujian Sistem

Pengujian sistem merupakan suatu proses yang dilakukan terhadap sebuah sistem

yang telah selesai dibangun. Tujuan pengujian pada setiap komponen alat, aplikasi *website* maupun sistem secara keseluruhan adalah untuk memastikan apakah kinerja antar perangkat keras dan perangkat lunak sudah baik dan sesuai dengan yang diharapkan.

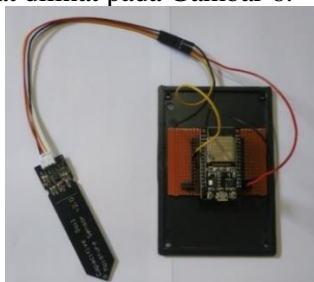
3.7. Analisa

Tahap selanjutnya setelah dilakukan pengujian adalah tahap analisa. Pada tahap ini, diamati bagaimana sistem yang telah dibangun bekerja, apakah sudah berfungsi dengan baik atau tidak. Hasil pengujian sistem akan dibahas untuk lebih memahami cara kerja sistem serta membahas kendala yang dialami saat sistem dijalankan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Implementasi Pemantauan Kelembapan Tanah

Komponen pada sistem pemantauan kelembapan tanah terdiri dari NodeMCU ESP32 dan sensor *capacitive soil moisture*. Sensor *capacitive soil moisture* terhubung dengan pin ADC NodeMCU ESP32 yang berfungsi untuk mendeteksi kelembapan tanah. Untuk mengukur nilai kelembapan, sensor akan ditancapkan kedalam tanah. Nilai hasil pembacaan kelembapan tanah oleh sensor diolah NodeMCU ESP32 menjadi nilai kelembapan dengan rentang 0-100. Adapun hasil implementasi pemantauan kelembapan tanah dapat dilihat pada Gambar 6.

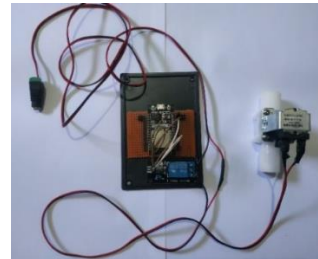


Gambar 6. Implementasi Alat Pemantaun Kelembapan Tanah

4.2. Implementasi Kendali *Solenoid Valve*

Komponen pada sistem kendali *solenoid valve* terdiri dari NodeMCU ESP32, *solenoid valve*, dan *relay*. *Relay* terhubung dengan pin NodeMCU ESP32 yang berfungsi sebagai saklar untuk menyalakan/mematikan *solenoid valve*. *Relay* yang digunakan adalah tipe *relay low trigger* dengan konfigurasi rangkaian *normally open*, yang berarti nilai sinyal keluaran yang digunakan adalah nilai 0 atau *low* untuk menghubungkan arus listrik dan nilai 1

atau *high* untuk memutuskan arus. Katup pada *solenoid valve* akan terbuka serta mengalirkan air saat *relay* bernilai 0, dan akan tertutup saat *relay* bernilai 1. Adapun hasil implementasi kendali *solenoid valve* dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Implementasi Alat Kendali *Solenoid Valve*

4.3. Implementasi Kendali Pompa Air

Komponen pada sistem kendali pompa air yaitu NodeMCU ESP32, *relay*, terminal listrik, pompa air, dan adaptor. *Relay* terhubung dengan NodeMCU ESP32, yang berfungsi sebagai saklar untuk mengalirkan/memutuskan arus listrik ke terminal. *Relay* yang digunakan adalah *relay low trigger* dan dalam konfigurasi *normally open*, sehingga nilai keluaran yang digunakan adalah nilai 0 atau *low* untuk menghubungkan arus listrik dan nilai 1 atau *high* untuk memutuskan arus. Saat *relay* bernilai 0, arus listrik akan mengalir ke terminal sehingga pompa air akan menyala, aliran arus listrik pada terminal akan terputus saat *relay* bernilai 1 dan pompa akan berhenti mengalirkan air. Adapun hasil implementasi kendali pompa air dapat dilihat pada Gambar 8.



(a)



(b)

Gambar 8. Implementasi Alat Kendali Pompa Air, Tampak Belakang (a), Tampak Depan (b)

4.4. Implementasi Website

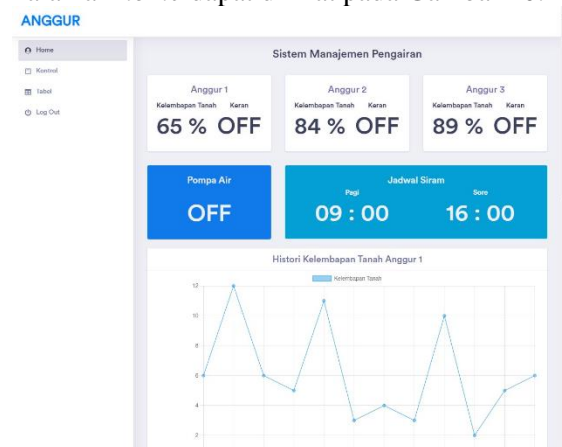
4.4.1. Halaman Login

Pada halaman ini, pengguna harus memasukkan *username* dan *password* yang telah didaftarkan sebelumnya. Jika *username* atau *password* yang dimasukkan salah, maka sistem akan menampilkan peringatan *username* atau *password* salah dan akan tetap berada di halaman *login*. Tampilan halaman *login* dapat dilihat pada Gambar 9.

Gambar 9. Halaman Login

4.4.2. Halaman Home

Pada halaman ini, akan ditampilkan informasi terkait manajemen pengairan budidaya tanaman anggur, mulai dari nilai kelembapan tanah, status keran (*solenoid valve*), status pompa air, dan jadwal penyiraman. Informasi-informasi tersebut akan terus diperbarui secara *realtime*. Tampilan halaman *home* dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Halaman Home

4.4.3. Halaman Kontrol

Halaman kontrol berfungsi untuk memasukkan waktu jadwal penyiraman tanaman yang berdasarkan dari masukkan oleh pengguna. Terdapat dua *form* yang dapat diisi oleh pengguna yaitu *form* jam dan menit, dimana rentang nilai masukkan untuk *form* jam

adalah 0-23 dan rentang nilai masukkan untuk *form* menit adalah 0-59. Jika pengguna tidak memasukkan salah satu dari dua *form* tersebut maka data akan disimpan sebagai nilai 0. Website akan menampilkan peringatan data tersimpan jika data yang dimasukkan oleh pengguna sesuai dengan format yang telah ditentukan, jika tidak maka akan ditampilkan peringatan *error* agar memasukkan jadwal sesuai format. Tampilan halaman kontrol dapat dilihat pada Gambar 11.

Gambar 11. Halaman Kontrol

4.4.4. Halaman Tabel

Halaman tabel berfungsi untuk menampilkan histori catatan mengenai data nilai kelembapan tanah, status kendali keran dan pompa air, serta tanggal dan waktu data tersebut disimpan kedalam *database*. Data pada tabel akan ditambahkan setiap 30 menit sekali. Secara *default*, data-data yang ada dalam tabel diurutkan berdasarkan tanggal dan waktu terbaru. Selain itu, tersedia juga kolom pencarian data dan tombol untuk mengatur jumlah data yang ingin ditampilkan pada tabel. Tampilan halaman tabel dapat dilihat pada Gambar 12.

Gambar 12. Halaman Tabel

4.5. Pengujian Pengukuran Kelembapan Tanah

Sensor *capacitive soil moisture* memiliki nilai keluaran analog, sehingga perlu dilakukan

konversi nilai tersebut kedalam bentuk persentase. Nilai keluaran analog sensor dalam rentang nilai 0-1023 akan dikonversi ke persentase dalam rentang 0-100%. Nilai hasil konversi ke persentase akan dibandingkan dengan nilai dari alat ukur standar pH meter (*soil moisture*), dan akan dihitung nilai *error* pengukuran kelembapan tanah oleh sensor. Pengujian sensor *capacitive soil moisture* akan dilakukan sebanyak 10 kali pada masing-masing 3 sensor yang digunakan. Adapun pengujian yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel 1, Tabel 2, dan Tabel 3.

Tabel 1. Hasil Pengukuran pH Meter dan Sensor *Capacitive Soil Moisture* 1

No	Pengukuran Kelembapan Tanah			
	pH Meter	Sensor 1	Selisih	Error (%)
1	20	22	2	10
2	26	27	1	3,8
3	35	35	0	0
4	42	41	1	2,3
5	46	47	1	2,1
6	52	52	0	0
7	60	59	1	1,6
8	68	67	1	1,4
9	74	74	0	0
10	83	82	1	1,2
Error rata-rata				2,24

Tabel 2. Hasil Pengukuran pH Meter dan Sensor *Capacitive Soil Moisture* 2

No	Pengukuran Kelembapan Tanah			
	pH Meter	Sensor 2	Selisih	Error (%)
1	26	25	1	3,8
2	39	38	1	2,5
3	46	46	0	0
4	52	51	1	1,9
5	65	64	1	1,5
6	73	73	0	0
7	81	80	1	1,2
8	23	22	1	4,3
9	34	34	0	0
10	59	60	1	1,6
Error rata-rata				1,68

Tabel 3. Hasil Pengukuran pH Meter dan Sensor *Capacitive Soil Moisture* 3

No	Pengukuran Kelembapan Tanah			
	pH Meter	Sensor 3	Selisih	Error (%)
1	27	27	0	0
2	35	36	1	2,8
3	44	45	1	2,2
4	50	50	0	0
5	60	61	1	1,6
6	65	65	0	0
7	73	72	1	1,3
8	80	79	1	1,2
9	87	87	0	0
10	48	49	1	2
Error rata-rata				1,11

4.6. Pengujian Respon Relay

Pengujian respon *relay* bertujuan untuk mengetahui berapa lama waktu yang dibutuhkan oleh *relay* untuk melakukan proses menyala/mati dalam sistem manajemen pengairan. Pengukuran waktu respon dilakukan pada tempat yang memiliki sinyal *WiFi* stabil. Pengujian respon *relay* dilakukan sebanyak 10 kali pada masing-masing *relay*. Hasil pengujian respon *relay* dapat dilihat pada Tabel 4 dan Tabel 5.

Tabel 4. Respon Relay Solenoid Valve

No	Waktu Respon (detik)					
	Relay 1		Relay 2		Relay 3	
	On	Off	On	Off	On	Off
1	2,75	2,43	2,48	2,88	3,43	2,95
2	3,46	2,41	2,95	2,70	3,20	2,58
3	2,04	2,76	2,63	2,43	2,54	2,65
4	2,93	2,53	3,01	2,72	2,15	2,67
5	2,25	2,60	2,34	2,60	2,71	2,70
6	2,80	2,90	3,23	2,45	2,49	2,52
7	2,45	2,43	2,44	2,49	2,42	2,63
8	2,58	2,52	2,51	2,68	2,31	2,74
9	2,66	2,86	2,86	2,55	2,67	2,89
10	2,56	2,80	2,40	2,62	2,83	2,97
Rata-rata	2,23	2,62	2,68	2,61	2,67	2,73

Tabel 5. Respon Relay Pompa Air

No	Waktu Respon Relay Pompa (detik)	
	On	Off
1	3,51	4,89
2	1,85	2,80

3	1,97	4,05
4	3,57	4,65
5	4,90	3,51
6	2,08	1,87
7	3,44	5,25
8	5,02	2,30
9	3,54	3,05
10	4,24	5,30
Rata-rata	3,41	3,76

4.7. Pengujian Sistem Website

Metode pengujian yang digunakan pada tahap ini adalah metode pengujian *black box*. Proses pengujian *black box* dilakukan dengan cara memberikan sejumlah *input* pada *website* untuk ditinjau *output* yang dihasilkan. Adapun hasil pengujian *black box* sistem *website* dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Pengujian Sistem Website

No	Halaman Yang Diuji	Skenario Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian
1	Login	Masukkan <i>username</i> dan <i>password</i> yang tidak sesuai, kemudian klik tombol Login	Menampilkan peringatan <i>error</i> dan kembali ke halaman Login	Benar
		Masukkan <i>username</i> dan <i>password</i> yang sesuai, kemudian klik tombol Login	Akses diterima, halaman <i>website</i> berpindah ke halaman Home	Benar
2	Home	Pilih Home pada <i>side bar</i>	Menampilkan halaman Home	Benar
3	Kontrol	Pilih Kontrol pada <i>side bar</i>	Menampilkan halaman Kontrol	Benar
		Masukkan waktu sesuai format di kolom Pagi	Masukkan diterima, ditampilkan pada halaman Home di kolom Jadwal Siram Pagi	Benar
		Masukkan waktu tidak sesuai format pada <i>form</i> di kolom Pagi	Menampilkan peringatan <i>error</i>	Benar
		Masukkan waktu sesuai format pada <i>form</i> di kolom Sore	Masukkan diterima, ditampilkan pada halaman Home di kolom Jadwal Siram Sore	Benar

		Masukkan waktu tidak sesuai format pada <i>form</i> di kolom Sore	Menampilkan peringatan <i>error</i>	Benar
4	Tabel	Pilih Tabel pada <i>side bar</i>	Menampilkan halaman Tabel	Benar
		Tekan tombol > pada halaman Tabel	Menampilkan data tabel halaman berikutnya	Benar
		Tekan tombol < pada halaman Tabel	Menampilkan data tabel halaman sebelumnya	Benar
		Tekan tombol angka pada halaman Tabel	Menampilkan halaman tabel sesuai dengan angka yang ditekan	Benar
5	Logout	Pilih Log Out pada <i>side bar</i>	Pengguna akan keluar dari halaman utama <i>website</i> dan berpindah ke halaman Login	Benar

4.8. Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian keseluruhan sistem merupakan pengujian terhadap gabungan seluruh komponen perangkat keras dan perangkat lunak. Tujuan dilakukannya pengujian ini adalah untuk memastikan apakah seluruh sistem yang telah dibangun dapat melakukan manajemen pengairan tanaman anggur dengan baik. Pengujian keseluruhan sistem dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Pengujian Keseluruhan Sistem

No	Pengujian	Proses	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian
1	Pengukuran Kelembapan Tanah	Hasil pengukuran dibandingkan dengan alat ukur pH meter (<i>soil moisture</i>)	Pengukuran sesuai atau mendekati hasil alat ukur standar	Berhasil
2	Pengujian Respon Relay	Dilakukan pengujian untuk mendapatkan waktu respon	Mendapatkan nilai perbandingan waktu respon relay	Berhasil
3	Pengujian Sistem Website	Mengirimkan data dari NodeMCU ESP32 ke <i>database</i> dan sebaliknya serta menampilkan data tersebut ke aplikasi <i>website</i>	Data yang dikirim NodeMCU ESP32 ke <i>database</i> dan sebaliknya berhasil diterima serta data ditampilkan di aplikasi <i>website</i>	Berhasil
4	Pengujian Keseluruhan Sistem	Melakukan pengujian keseluruhan sistem	Sistem dapat bekerja dengan baik	Berhasil

4.9. Pembahasan

Sistem yang dibangun bertujuan untuk melakukan manajemen penyiraman dan pemantauan kelembapan tanah pada budidaya tanaman anggur. Pemantauan kelembapan tanah dilakukan dengan menggunakan sensor *capacitive soil moisture*. Data pemantauan dari sensor akan dikirim ke aplikasi *website* melalui NodeMCU ESP32 yang terhubung ke internet secara *realtime*. Selain menampilkan data pemantauan, aplikasi *website* juga dapat digunakan untuk memasukkan jadwal penyiraman.

Penyiraman akan dilakukan secara otomatis oleh sistem berdasarkan rentang nilai kelembapan tanah yang sudah ditentukan sebelumnya. Jika nilai kelembapan tanah kurang dari 60%, atau nilai kelembapan tanah ada pada rentang 60-75% serta waktu jadwal masukkan dari pengguna sesuai dengan waktu *server*, maka sistem akan membuka keran *solenoid* dan menyalakan pompa air. Jika ada salah satu dari tanaman anggur yang kekurangan nilai kelembapan tanah, maka yang akan dinyalakan adalah pompa air dan *solenoid valve* yang terhubung dengan selang untuk menyiram tanaman tersebut. Sistem akan mengirimkan data untuk disimpan di *database* setiap kali terjadi proses penyiraman.

Respon rata-rata *on* pada *relay1*, *relay2*, dan *relay3* masing-masing adalah 2,23 detik, 2,68 detik, dan 2,67 detik. Sedangkan respon rata-rata *off* pada *relay1*, *relay2*, dan *relay3* masing-masing adalah 2,62 detik, 2,61 detik, dan 2,73 detik. Dengan respon waktu *off relay* tersebut, tanaman anggur akan tersiram air sedikit lebih lama saat kelembapan tanah sudah mencapai nilai 75%. Pada pompa air, respon rata-rata *on* dan *off relay* yaitu 3,14 detik dan 3,76 detik.

Pengujian keseluruhan sistem menghasilkan kesimpulan bahwa sistem dapat bekerja sesuai dengan fungsinya. Kelembapan tanah pada masing-masing tanaman dapat dipantau melalui aplikasi *website*. Selain pemantauan kelembapan tanah, *website* juga dapat digunakan untuk mengetahui status keran dan status pompa serta melihat tabel histori kelembapan tanah yang diperbarui setiap 30 menit. Dengan adanya sistem manajemen pengairan, pembudidaya tidak harus menyiram langsung ke tempat pembudidayaan tanaman

anggur untuk mengendalikan kelembapan tanah secara berkala.

5. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini sebagai berikut:

- Implementasi sistem untuk pemantauan kondisi kelembapan tanah pada budidaya tanaman anggur menggunakan sensor *capacitive soil moisture* yang terhubung dengan NodeMCU ESP32. Data kelembapan tanah hasil pembacaan sensor dikirim ke *database* dan ditampilkan pada aplikasi *website* secara *realtime*. Hasil pengujian pengukuran kelembapan tanah oleh sensor pertama, kedua, dan ketiga mendapatkan nilai *error* rata-rata sebesar 2,24%, 1,68%, dan 1,11%. Dari nilai *error* tersebut, dapat disimpulkan bahwa sensor telah melakukan pengukuran kelembapan tanah dengan baik.
- Implementasi sistem kendali penyiraman pada budidaya tanaman anggur dilakukan dengan otomatis berdasarkan tingkat kelembapan tanah. Sistem membuka *solenoid valve* dan menyalakan pompa air saat nilai kelembapan tanah $\leq 60\%$, atau saat nilai kelembapan tanah pada rentang 61-74% serta waktu jadwal masukkan dari pengguna sesuai dengan waktu *server*. Penyiraman akan otomatis berhenti ketika nilai kelembapan tanah melebihi 75%. Hasil pengujian waktu respon *on relay* mendapatkan rata-rata sebesar 2,32 detik pada *relay1*, 2,68 detik pada *relay2*, dan 2,67 detik pada *relay3*. Sedangkan waktu respon *off*, mendapatkan rata-rata sebesar 2,62 detik pada *relay1*, 2,61 detik pada *relay2*, dan 2,73 detik pada *relay3*. Hasil pengujian waktu respon *on* dan *off* pada *relay pompa* mendapatkan rata-rata sebesar 3,41 dan 3,76 detik. Dengan waktu respon *off* tersebut, tanaman akan tersiram lebih lama, sehingga kelembapan tanah bisa melebihi 75%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan serta dukungan kepada penulis dalam menyelesaikan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Herlambang, D. Yudhiantoro, and A. W. A. Wibowo, *Biochar untuk Budidaya Anggur*. Yogyakarta: Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat UPN "Veteran" Yogyakarta, 2021.
- [2] S. Zhu, Y. Liang, and D. Gao, "Study of soil respiration and fruit quality of table grape (*Vitis vinifera* L.) in response to different soil water content in a greenhouse," *Commun Soil Sci Plant Anal*, vol. 49, no. 21, pp. 2689–2699, Nov. 2018, doi: 10.1080/00103624.2018.1538369.
- [3] M. D. Fadhilah, I. H. Santoso, and S. Astuti, "Rancang Bangun Alat Penyiraman Otomatis Berbasis Internet of Things dengan Notifikasi WhatsApp," *e-Proceeding of Engineering*, vol. 8, no. 6, pp. 11816–11828, 2021.
- [4] Muh. A. J. Hidayat and A. Z. Amrullah, "Sistem Kontrol dan Monitoring Tanaman Hidroponik Berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan NODEMCU ESP32," *Jurnal Saintekom*, vol. 12, no. 1, pp. 23–32, 2022.
- [5] M. A. Budiman, V. Reviana, and V. Frendiana, "Rancang Bangun Smart Controller untuk Tanaman Aggur di Greenhouse Menggunakan Modul Long Range (LoRa)," *SPEKTRAL*, vol. 3, no. 2, pp. 125–131, 2022.
- [6] K. U. Ariawan, "Penerapan IoT untuk Sistem Kendali Jarak Jauh Peralatan Listrik Rumah Tangga Berbasis Raspberry Pi," *Jurnal Nasional Pendidikan Teknik Informatika*, vol. 9, no. 3, pp. 292–303, 2020.
- [7] Y. Efendi, "Internet of Things (IoT) Sistem Pengendalian Lampu menggunakan Raspberry Pi Berbasis Mobile," *Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer*, vol. 4, no. 1, 2018.
- [8] E. A. W. Sanadi, A. Achmad, and Dewiani, "Pemanfaatan Realtime Database di Platform Firebase Pada Aplikasi E-Tourism Kabupaten Nabire," *Jurnal Penelitian Enjiniring*, vol. 22, no. 1, pp. 20–26, May 2019, doi: 10.25042/jpe.052018.04.
- [9] K. Aryasa and Y. E. Kurniawan, "Implementasi Firebase Realtime Database untuk Aplikasi Pemesanan Menu Berbasis Android," *SENSITif*, pp. 71–78, 2019.
- [10] Muliardi, A. Imran, and Muh. Rasul, "Pengembangan Tempat Sampah Pintar menggunakan ESP32," *Jurnal MEDIA ELEKTRIK*, vol. 17, no. 2, pp. 73–79, 2020.
- [11] A. P. Launuru, Z. Masahida, H. K. Tupan, and R. Hutagalung, "Rancang Bangun Sistem Kontrol Nirkabel ON-OFF Peralatan Listrik dengan Perintah Suara menggunakan Smartphone Android," *JURNAL SIMETRIK*, vol. 11, no. 1, pp. 388–397, 2021.
- [12] K. B. Kusuma, C. G. I. Partha, and I. W. Sukerayasa, "Perancangan Sistem Pompa Air DC dengan PLTS 20 kWp Tianyar Tengah sebagai Suplai Daya untuk Memenuhi Kebutuhan Air Masyarakat Banjar Bukit Lambuh," *Jurnal SPEKTRUM*, vol. 7, no. 2, pp. 46–56, 2020.
- [13] I. Arifin, S. Baqaruzi, and R. Zoro, "Analisis Sistem Kendali Dua Posisi pada Solenoid Valve untuk Produk Biogas Control and Monitoring (COMMON-BIGOT) from Animal Waste," *Indonesian Journal of Mechanical Engineering*, vol. 1, no. 2, pp. 47–57, 2021.
- [14] J. A. Prakosa and B. H. Sirenden, "Pengaruh Tekanan Piston pada Pengaturan Katup Solenoid Proporsional Dua Arah Terhadap Laju Aliran Air pada Sistem Kalibrasi Piston Prover Ot-400," *Jurnal Tekno Sains*, vol. 1, no. 2, pp. 99–107, 2012.
- [15] C.-J. Kat and P. S. Els, "Validation metric based on relative error," *Math Comput Model Dyn Syst*, vol. 18, no. 5, pp. 487–520, Oct. 2012, doi: 10.1080/13873954.2012.663392.