SISTEM KENDALI PENGGUNAAN AIR IRIGASI DENGAN APLIKASI *SMARTPHONE* BERBASIS KELEMBABAN TANAH

CONTROL SYSTEM OF IRRIGATION WATER UTILIZATION USING SMARTPHONE APPLICATION BASED ON SOIL MOISTURE

Muhammad Nasarudin[1], Sirajuddin Haji Abdullah[1], GuyupMahardian Dwi Putra[1]✉, Diah Ajeng Setiawati[1]

[1]Program StudiTeknik Pertanian, FakultasTeknologi Pangan dan Agroindustri, UniversitasMataram

✉Komunikasi Penulis, email: guyupmdp@unram.ac.id

DOI:http://dx.doi.org/10.23960/jtep-l.v9i3.248-256

Naskah ini diterima pada 9 Juli 2020; revisi pada 30 Agustus 2020;
disetujui untuk dipublikasikan pada 16 September 2020

ABSTRACT

This study aims to design and test the performance of the irrigation water using a control system with a soil moisture-based smartphone application. The tools and materials of this research are the ESP8266-12E microcontroller, smartphone, soil moisture sensor YL-69, pump, and soil. This research method is an experimental method with field experiments through several stages of research, i.e. preparation, design, calibration of tools, installation of irrigation installations, test performance, and observation. The parameters in this study were groundwater content, ADC sensor value, sensor calibration, operating time, water discharge, and input and output voltages. The results showed that the sensor calibration results had an average error of 1.08%. The average rate of water flowed when the pump start was 6.3 ml/second. This condition caused a rapid increase in soil moisture content, which was around 18%. Hence causing the time to reach the setting point was also fast, which was only 1 minute. The system was designed to work based on changes in the groundwater content, which was determined by the setting point value. When the value reached <= 70%, the device automatically sent the groundwater content condition to the smartphone, and then a message was sent back to the device to activate the pump. Whereas, when the value reached >= 80%, the tool sent the groundwater content to the smartphone, and then a message was sent back to the device to stop the pump.

Keywords: irrigation, ESP8266-12E Microcontroller, smartphone, YL-69 soil moisture sensor

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan merancang dan menguji kinerja sistem kendali penggunaan air irigasi dengan aplikasi *smartphone* berbasis kelembaban tanah. Alat dan bahan penelitian ini adalah mikrokontroler ESP8266-12E, *smartphone*, *soil moisture* sensor YL-69, pompa dan tanah. Metode penelitian ini adalah metode eksperimental dengan percobaan di lapangan melalui beberapa tahap penelitian, yaitu persiapan, perancangan, kalibrasi alat, pemasangan instalasi irigasi, uji kerja alat, dan pengamatan. Parameter pada penelitian ini adalah kadar air tanah, nilai ADC sensor, kalibrasi sensor, waktu operasi, debit air, serta tegangan input dan output. Hasil penelitian menunjukkan hasil kalibrasi sensor memiliki error rata-rata 1,08%. Laju rata-rata air yang dialirkan saat pompa menyala sebesar 6,3 ml/detik. Kondisi ini menyebabkan kenaikan kadar lengas tanah yang cukup cepat, yaitu berkisar 18%, sehingga waktu untuk mencapai *setting point* juga cepat yaitu hanya 1 menit. Alat bekerja berdasarkan perubahan kadar lengas tanah yang ditentukan nilai *setting point*-nya. Saat nilai kadar lengas tanah mencapai <=70%, secara otomatis alat mengirimkan kondisi kadar lengas tanah ke *smartphone* dan *smartphone* mengirimkan pesan untuk mengaktifkan pompa. Sedangkan saat nilai mencapai >=80%, secara otomatis alat mengirimkan kondisi kadar lengas tanah ke *smartphone* dan pada *smartphone* dilakukan tindakan balik mengirimkan pesan untuk menonaktifkan pompa.

Kata kunci: irigasi, Mikrokontroler ESP8266-12E, *smartphone*, sensor *soil moisture* YL-69

I. PENDAHULUAN

Pembangunan sektor pertanian dewasa ini diarahkan untuk menuju pertanian yang efisien, mengingat kebutuhan pangan terus meningkat sejalan dengan pertumbuhan penduduk. Sektor pertanian merupakan salah satu faktor yang cukup banyak mengalami hambatan. Salah satu faktor penghambatnya adalah terbatasnya ketersediaan air. Ketersediaan air perlu dijaga karena kebutuhan yang semakin meningkat dan kegunaannya yang penting untuk kehidupan sehari-hari, salah satunya dalam bidang pertanian khususnya untuk irigasi.

Air merupakan faktor penting dalam kegiatan budidaya tanaman di bidang pertanian. Pemberian air yang tepat ke akar perlu diperhatikan untuk memenuhi kebutuhan air tanaman dalam kegiatan budidaya. Air yang dapat diserap oleh akar tanaman berada diantara keadaan air kapasitas lapang dan titik layu permanen (K dan Suhardjono, 2017). Sistem pengairan di Indonesia mayoritas masih menggunakan model tradisional, sehingga efektivitas distribusi air ke dalam lahan persawahan masih rendah. Rendahnya sistem pengelolaan irigasi yang menjadi salah satu sebab tidak efisiennya irigasi dan rendahnya tingkat layanan irigasi, menyebabkan borosnya pemakaian air irigasi. Kenyataan di lapangan menunjukkan para petani berlomba-lomba mendapatkan air irigasi secara berlebih (Soekrasno, 2019). Penggunaan air irigasi yang terlalu boros mengakibatkan efisiensi irigasi sangat kurang.

Untuk meningkatkan efisiensi irigasi, perhitungan kebutuhan air irigasi perlu dilakukan berdasarkan kebutuhan riil (*real alocation*). Selain itu, kajian produktivitas air dengan adanya input teknologi irigasi perlu dilakukan agar dapat diketahui pemberian air yang efisien dan didapatkan produksi yang optimum (Fuadi et al., 2016). Konsep sistem kendali air irigasi menggunakan mikrokontroler dianggap cukup tepat sebagai solusi permasalahan dalam penyediaan air. Sistem kendali akan mengatur pemberian air irigasi sesuai kebutuhan tanaman sehingga lebih efektif dan efisien. Selain itu, sistem ini memudahkan petani dalam melakukan pemberian air karena berjalan secara otomatis. Sistem kendali air irigasi berbasis mikrokontroler umumnya terdiri dari komponen-komponen elektronika yang berperan sebagai *input* (masukan) untuk memberikan informasi yang akan diproses oleh mikrokontroler. Selanjutnya hasil pengolahan data dikirim ke komponen output (keluaran) sebagai eksekutor.

Sistem kendali yang berkembang saat ini adalah sistem kendali jarak jauh yang dikenal dengan *Internet of Things* (IoT). IoT merupakan benda-benda fisik yang terhubung dengan internet dalam satu bentuk pemantauan dan pengendalian atau yang lain secara *realtime* (Alsaadi dan Tubaishat, 2015). Dalam penelitian sebelumnya, model *Internet of Things* (IoT) dalam *smart home control* digunakan untuk mengontrol beberapa alat elektonik (seperti lampu, kipas angin, dan AC) yang ada di dalam rumah darimanapun dan kapanpun menggunakan koneksi internet (Jabbar dan Kawitkar, 2016). Selain itu, model *Internet of Things* (IoT) dalam *smart home control* juga telah dilakukan dengan memanfaatkan aplikasi *Blynk* untuk memonitor parameter iklim mikro di dalam rumah tanaman (Astutik et al., 2019)

Sistem kendali air irigasi berbasis kadar lengas tanah dan IoT belum banyak diaplikasikan pada sektor pertanian di Indonesia. Oleh karena itu, pada penelitian ini dirancang sistem kendali berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan mikrokontroler ESP8266-12E dengan agar petani dapat lebih mudah mengalirkan air ke tanaman dari jarak jauh secara *realtime* melalui *smartphone*. Selain itu, sistem kendali ini diharapkan dapat mempermudah pekerjaan para petani karena pengaliran air irigasi dapat dijalankan secara otomatis sesuai dengan tingkat kelembaban tanah pada saat itu. Tujuan dari penelitian ini adalah merancang dan menguji kinerja sistem kendali penggunaan air irigasi dengan aplikasi *smartphone* berbasis kelembaban tanah.

II. BAHAN DAN METODA

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu: (1) *Smartphone* (terinstal aplikasi *telegram*), (2) laptop (terinstal software Arduino

IDE), (3) komponen mikrokontroler (terdiri dari module USB to TTL, ESP-12E, IC regulator lm317, kapasitor, transistor, resistor, LED, module *Relay*, adaptor *charger handphone*, *Soil Moisture Sensor* YL-69 10 bit (0-1023)), (4) komponen pendukung (solder, timah, sedotan timah, multimeter, dan *soldering paste*), (5) sistem irigasi (terdiri dari pompa akuarium, selang, dan bak penampung air). Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik dan Konservasi Lingkungan Pertanian, Fakultas Teknologi Pangan dan Agroindustri, Universitas Mataram pada Bulan Maret-Mei 2019. Pemilihan lokasi didasarkan pada tersedianya fasilitas yang mencukupi selama penelitian. Selain itu, faktor keamanan dan kenyamanan di laboratorium lebih terjamin.

2.1. Parameter Penelitian

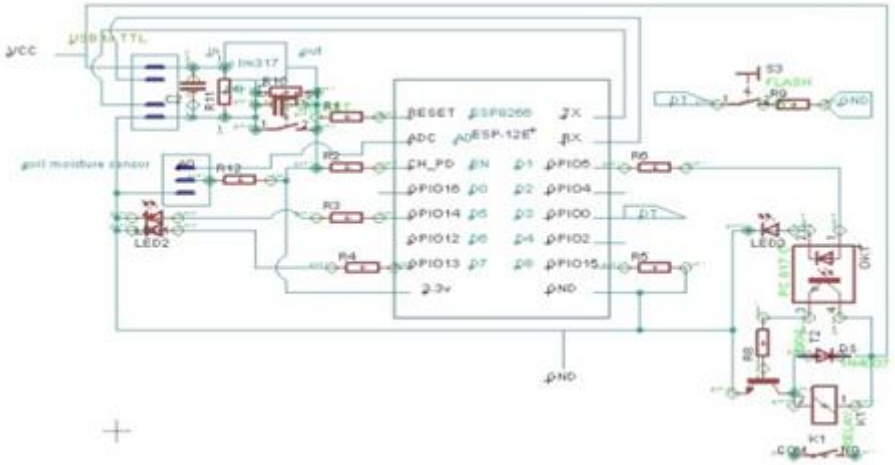
Parameter yang diamati dalam penelitian ini adalah (1) perubahan kadar lengas tanah, (2) nilai ADC, (3) waktu operasi, dan (4) debit air. Data kadar lengas tanah dan nilai ADC didapatkan dari pengukuran menggunakan *Soil moisture sensor* YL-69; data waktu operasi diamati menggunakan stopwatch; dan data debit air didapatkan dengan membagi volume air irigasi dengan waktu operasi. Data hasil observasi selanjutnya diolah untuk mengevaluasi kinerja dari sistem kendali yang dirancang.

2.2. Prosedur Penelitian

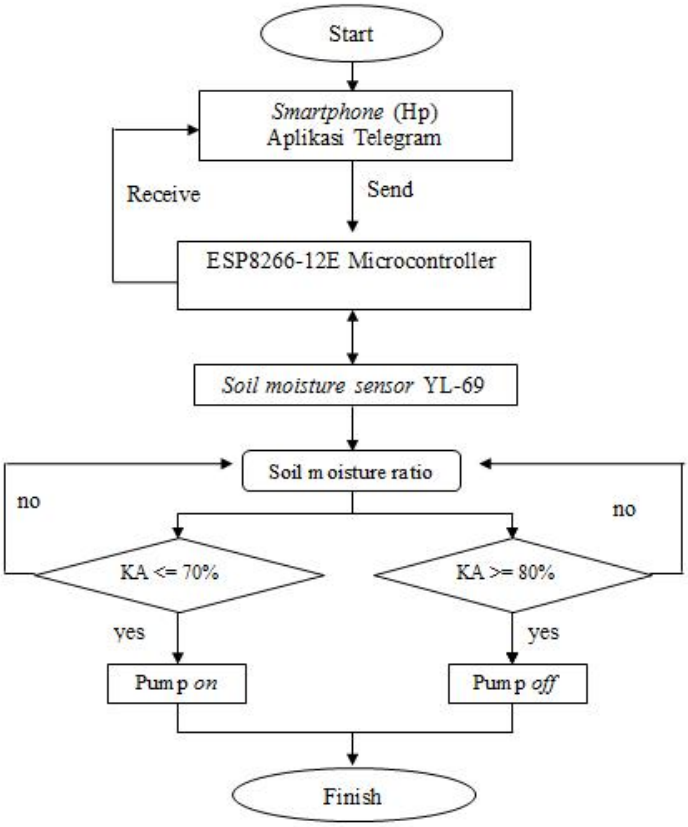
Penelitian ini dikerjakan dalam empat tahap, yaitu (1) Pembuatan Aplikasi Telegram, (2) Pembuatan Sistem Kendali, (3) Kalibrasi Sensor, dan (4) Pengujian Sistem Kendali. Pada tahap pertama, dilakukan penginstalan aplikasi dan pembuatan telegrambot untuk mendapatkan kode "API" yang diperlukan untuk menghubungkan aplikasi dan mikrokontroler. Selanjutnya dirancang bahasa program menggunakan software Arduino IDE 1.8.5 untuk mengaktifkan koneksi tersebut.

Pada tahap kedua dirakit sistem kendali berbasis mikrokontroler yang diawali dengan merangkai komponen-komponen elektronik yang diperlukan (Gambar 1) serta membuat bahasa program sistem kendali air irigasi otomatis. Komponen utama dalam sistem kendali ini adalah mikrokontroler ESP8266-12E yang sudah dilengkapi dengan koneksi wifi sehingga dapat terhubung dengan *smartphone*. Sensor kadar lengas tanah yang digunakan pada penelitian inti dilengkapi *chip* komparator yang sangat stabil dan dapat bekerja pada logic 3.3V hingga 5V, sehingga sangat cocok untuk NodeMCU ESP8266.

Prinsip kerja sistem irigasi otomatis yang dirancang dapat dilihat pada Gambar 2. Setelah proses perakitan komponen selesai dan bahasa program berhasil dijalankan pada *compiler*, sistem kendali selajutnya diuji coba apakah pesan (data) dapat terkirim ke *smartphone* android dan dapat ditampilkan pada aplikasi telegram. Selanjutnya dilakukan penentuan nilai *setting point* dalam bahasa program pada mikrokontroler. Dalam penelitian ini, air irigasi ditetapkan mulai dialirkan saat kadar lengas tanah kurang dari 70% dan berhenti dialirkan saat kadar lengas mencapai nilai lebih dari 80%.



Gambar 1. Skematik Rangkaian Sistem Kendali Mikrokontroler ESP8266-12E



Gambar 2. Prinsip Kerja Sistem Kendali Irigasi Otomatis Berbasis Mikrokontroler ESP8266-12E

Pada tahap ketiga dilakukan kalibrasi Sensor. Tujuan kalibrasi adalah untuk memperoleh ketepatan hasil pengukuran yang ditampilkan oleh alat ukur dan menjaga kesesuaian hasil pengukuran terhadap sistem satuan internasional (Purwajati et al., 2017). Proses kalibrasi sensor dilakukan untuk mengetahui tingkat keakuratan sensor dalam membaca fluktuasi kadar lengas tanah dan memperoleh karakteristik dari *Soil moisture sensor* YL-69, sehingga dapat dilakukan penyesuaian pada sistem. Cara kalibrasi sensor *Soil moisture sensor* YL-69 adalah dengan melakukan penyiapan tanah dengan berbagai kondisi kadar air (kering, agak kering, dan basah). Kemudian tanah tersebut diukur kadar lengasnya menggunakan alat ukur *soil moisture meter* dan *Soil moisture sensor* YL-69. Data yang diperoleh selanjutnya dibandingkan untuk mendapatkan nilai *error*.

Tahap keempat adalah pengujian sistem kendali. Pada tahap ini sistem kendali diuji menggunakan beberapa sampel tanah dengan variasi kadar air tanah. Selama pengujian diamati kinerja sistem kendali dari beberapa parameter input, proses dan output. Data kadar lengas tanah yang diperoleh dari penelitian ini kemudian dianalisis menggunakan pendekatan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Kesalahan pengukuran dihitung dengan menggunakan data kesalahan absolut pada tiap periode dibagi dengan nilai observasi nyata selama periode tertentu. MAPE merupakan pengukuran kesalahan yang menghitung ukuran presentase penyimpangan antara data aktual (alat ukur sesuai standar) dengan data sensor (Wibowo et al., 2019). Nilai MAPE dapat dihitung dengan Persamaan 1.

$$MAPE = \left(\frac{100\%}{n}\right)\sum_{t=1}^{n}\frac{|Xt - Ft|}{Xt} \qquad (1)$$

Dengan, t adalah data aktual pada periode t, t adalah data pembacaan sensor pada periode t, dan n adalah jumlah data.

Pengambilan data kadar lengas tanah dilakukan selama 30 menit dengan selang waktu per lima menit. Nilai MAPE diperoleh dengan membandingkan pembacaan data aktual dan data

pembacaan sensor. Jika nilai MAPE di bawah 10%, maka sensor berfungsi dengan baik

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

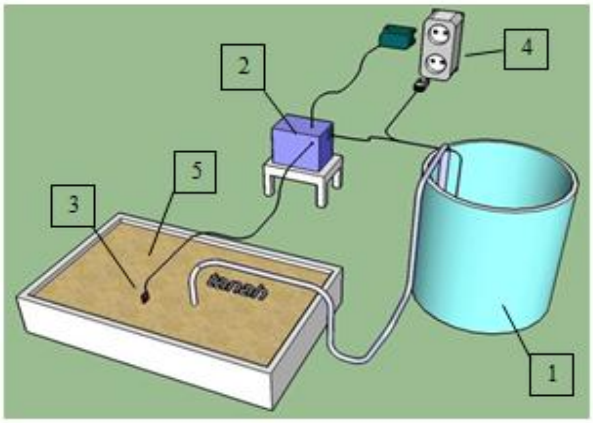
3.1. Perancangan Sistem Irigasi

Sistem irigasi dirancang agar air di dalam bak penampung dapat tersalurkan ke tanah sebagai media tumbuh tanaman secara otomatis berdasarkan kadar lengas tanah. Bagian utama dari sistem irigasi ini adalah mikrokontroler yang dapat menjalankan pompa air dan dilengkapi dengan beberapa komponen pendukung seperti *Soil moisture sensor* YL-69 dan *relay*. Mikrokontroler berfungsi sebagai otak yang menginstruksikan sensor dan *relay* agar dapat bekerja. Skema rancangan sistem irigasi dapat dilihat pada Gambar 3.

3.2. Kalibrasi dan Pengujian Alat *Soil Moisture Sensor* YL-69

Kkalibrasi alat dilakukan dengan tujuan untuk memperoleh karakteristik *Soil moisture sensor* YL-69 melakukan penyesuaian pada sistem. Kalibrasi dilakukan selama 30 menit; setiap 5 menit diberi perlakuan penambahan air pada media tanam. Hasil kalibrasi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 memperlihatkan bahwa nilai ADC *Soil moisture sensor* YL-69 berkurang setiap penambahan air pada media tanah. Pada umumnya, perubahan nilai ini menujukkan sifat maupun karakteristik sensor. Secara spesifik, hal ini mengindikasikan bahwa *Soil moisture sensor* YL-69 yang digunakan bersifat resistif, mampu menunjukkan perubahan nilai kelembaban tanah yagn diakibatkan oleh perubahan pada nilai resistansi tanah. Sensor YL-69 pada dasarnya menggunakan dua buah *probe* untuk melewatkan arus melalui tanah. Semakin banyak air di dalam tanah, tanah semakin mudah mengalirkan arus listrik (resistansi rendah), sementara pada tanah kering sulit mengalirkan arus listrik (resistansi tinggi) (Yaakub dan Meilano, 2019). Nilai resistansi yang terukur oleh sensor inilah yang ditampilkan dalam bentuk nilai ADC.



Keterangan:
1. Reservoir dan pompa
2. Sistem kendali air irigasi otomatis
3. Sensor *soil moisture* YL-69
4. Stop kontak
5. Media tanam

Gambar 3. Skema Rancangan Sistem Irigasi Otomatis

Tabel 1. Data Kalibrasi dan Pengujian *Soil Moisture Sensor* YL-69

Menit Ke-	Penambahan Air (ml)	Nilai ADC	*Soil Moisture Sensor* (%)(Ft)	*Soil Moisture* Meter (Xt)	Error (%)	Kondisi Tanah
0	0	908	1	1	0	kering
5	10	812	20	21	4,7	agak kering
10	30	671	30	30	0	agak kering
15	50	562	63	64	1,56	agak basah
20	70	468	80	81	1,24	agak basah
25	90	449	90	90	0	basah
30	110	397	100	100	0	basah

Nilai ADC sensor kemudian dikonversi menjadi persentase yang selanjutnya dibandingkan dengan nilai yang didapat dari alat *soil moisturemeter*. Dari nilai ini didapatkan data MAPE. Berdasarkan Tabel 1, nilai rata-rata kelengasan tanah yang diukur menggunakan *soil moisture sensor* adalah sebesar 54.85% dan dengan *soil moisture* meter sebesar 55,28%. Nilai rata-rata *mean absolute percentage error* (MAPE) dari pengukuran ini adalah 1,08%. Berdasarkan Wibowo *et al.* (2019), kemampuan peramalan sangat baik jika nilai MAPE kurang dari 10% dan memiliki kemampuan peramalan yang baik jika nilai MAPE kurang dari 20%. Oleh karena itu, dapat dinyatakan bahwa sistem kendali air irigasi yang dirancang menggunakan *soil moisture sensor* YL-69 pada penelitian ini dapat memprediksi kadar lengas tanah dengan sangat baik.

3.3. Uji Kinerja Mikrokontroler Dengan Aplikasi *Smartphone*

Pengujian dilakukan menggunakan *smartphone* sebagai pemberi sinyal kepada mikrokontroler ESP8266-12E. Berdasarkan sinyal tersebut *Soil moisture sensor* YL-69 mulai mendeteksi kadar lengas tanah. Hasil pengukuran *Soil moisture sensor* YL-69 kemudian diproses oleh

Tabel 2. Data Kadar Lengas Tanah (%)

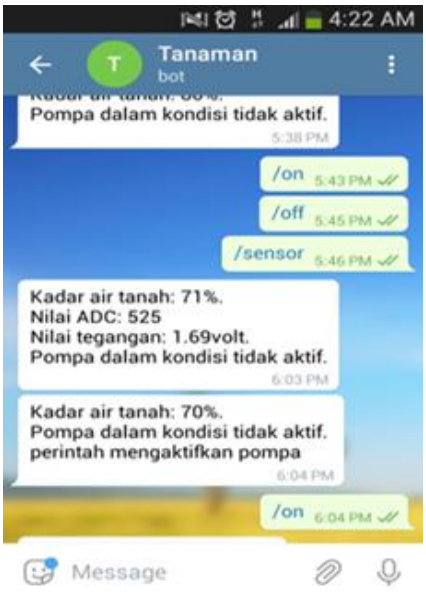
Hari ke	Waktu (jam)	ADC	Kadar Lengas Tanah (%)	Status Pompa	Pengiriman
					Delay Kirim (detik)
1	9:34	530	70	on	5,57
	9:34	412	85	*off*	4,39
	10:08	466	82	*off*	4,85
	11:00	488	78	*off*	4,13
	12:01	508	74	*off*	4,48
	13:31	530	70	on	5,44
	13:31	466	82	*off*	4,49
	14:40	499	76	*off*	4,84
	15:04	505	74	*off*	4,55
	16:00	530	70	on	4,96
	16:01	465	82	*off*	4,79
	17:02	480	79	*off*	4,71
Rata-rata					**4,77**
2	8:46	567	68	on	4,98
	8:47	412	85	*off*	4,46
	9:25	447	83	*off*	5,36
	10:04	492	77	*off*	5,28
	11:04	503	75	*off*	4,33
	12:06	510	73	*off*	4,76
	13:02	528	70	on	4,58
	13:02	460	83	*off*	5,86
	14:00	489	78	*off*	4,95
	15:17	506	74	*off*	4,56
	16:26	528	70	on	5,53
	16:26	468	81	*off*	4,85
	17:00	480	79	*off*	4,86
Rata-rata					**4,96**

mikrokontroler dan dikirim ke aplikasi *smartphone.* Tabel 2 menunjukkan nilai kadar lengas tanah yang diperoleh dari sistem kendali.

Tabel 2 memperlihatkan data kadar lengas tanah yang didapatkan dari *Soil moisture sensor* YL-69 selama 2 hari. *Soil moisture sensor* YL-69 yang digunakan mampu membaca nilai kadar lengas tanah dalam bentuk ADC setelah diproses oleh mikrokontroler ESP8266-12E. Berdasarkan tabel tersebut dapat terlihat bahwa sistem mampu mengendalikan *relay* sesuai setting point yang ditentukan. Pada kondisi nilai kadar lengas tanah lebih kecil dari batas bawah (70%), *relay* berada dalam kondisi *on* dan pompa diaktifkan. Ketika pompa berstatus *on*, air irigasi dialirkan sehingga kelembaban tanah meningkat dengan laju rata-rata 18% per menit. Setelah nilai kadar lengas tanah mencapai batas atas (80%), kondisi *relay* berubah menjadi *off* yang menandakan pemberian air irigasi dihentikan. Kondisi pemberian air oleh sistem juga berhasil ditransmisikan pada aplikasi telegram di *smartphone* seperti yang diperlihatkan pada Gambar 4.

Gambar 4 menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan pengendalian air irigasi dengan menggunakan pesan singkat pada aplikasi telegram. Terdapat tiga pesan yang digunakan dalam sistem kendali ini yaitu: (1) pesan "/sensor" untuk memerintahkan sistem memantau kondisi kadar lengas tanah dan menampilkan status pompa, (2) pesan "/on" untuk memerintahkan sistem mengaktifkan pompa, dan (3) pesan "/off" untuk memerintahkan sistem menonaktifkan pompa.

Debit air yang dialirkan saat sistem beroperasi diperlihatkan pada Tabel 3. Pada hari pertama,



Gambar 4. Data Tampilan Aplikasi Telegram

Tabel 3. Data Debit Saat Alat Beroperasi

Hari Ke	Waktu (jam)	Volume Reservoir (ml)	Volume Air Irigasi (ml)	Waktu Operasi (detik)	Debit (ml/Detik)
1	9:34	1000	260	41	6,34
	13:31	1000	255	38	6,71
	16:00	1000	255	39	6,53
	Rata-rata	**1000**	**256.67**	**39.34**	**6,57**
2	8: 46	1000	270	43	6,27
	13:02	1000	260	41	6,34
	16:26	1000	265	42	6,30
	Rata-rata	**1000**	**265**	**42**	**6,34**

volume air rata-rata yang dialirkan selama 39,34 detik adalah sebanyak 256,67 ml, sehingga rata-rata debit yang keluar pada hari pertama adalah 6,57 ml/detik. Data pada hari kedua menunjukkan nilai yang relatif sama, dimana volume rata-rata air irigasi adalah 265 ml selama 42 detik, sehingga didapat nilai debit rata-rata sebesar 6,30 ml/detik.

Dari Tabel 2 dan 3 dapat dilihat bahwa sistem kendali yang dirancang hanya melakukan pemberian air irigasi pada tiga waktu setiap harinya, yaitu pagi hari sekitar pukul 9 WITA, siang hari sekitar pukul 13 WITA, dan sore hari sekitar pukul 16 WITA. Dengan nilai debit rata-rata air irigasi sebesar 6,3 ml/detik, kenaikan kadar lengas tanah terjadi cukup cepat berkisar 18% per menit, sehingga waktu untuk mencapai *setting point* juga relatif cepat, yaitu hanya 1 menit. Pada penelitian ini, *setting point* sistem kendali air irigasi diatur agar kadar air berada pada kisaran kapasitas lapang dan titik layu permanen, sehingga tanah tidak meloloskan air karena gravitasi.

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan rancangan sistem kendali air irigasi berbasis *smartphone* untuk menyiram tanah pada tanaman secara otomatis. Sistem kendali mampu berkerja berdasarkan perubahan kadar lengas tanah yang sudah ditentukan nilai *setting point*-nya dengan laju aliran air irigasi rata-rata sebesar 6,3 ml/detik. Hasil kalibrasi sensor *soil moisture* YL-69 menunjukkan sistem memiliki akurasi yang sangat baik dengan nilai rata-rata MAPE sebesar 1,08%.

DAFTAR PUSTAKA

Alsaadi, E., dan Tubaishat, A. 2015. Internet of Things: Features, Challenges, and Vulnerabilities. *International Journal of Advanced Computer Science and Information Technology (IJACSIT)*, *4*(1), 1–13.

Astutik, Y., Murad, Putra, G. M. D., dan Setiawati, D. A. 2019. Remote monitoring systems in greenhouse based on NodeMCU ESP8266 microcontroller and Android. *AIP Conference Proceedings*, *2199*(December). https://doi.org/10.1063/1.5141286

Fuadi, N. A., Purwanto, M. Y. J., dan Tarigan, S. D. 2016. Kajian Kebutuhan Air dan Produktivitas Air Padi Sawah dengan Sistem Pemberian Air Secara SRI dan Konvensional Menggunakan Irigasi Pipa. *Jurnal Irigasi*, *11*(1), 23. https://doi.org/10.31028/ji.v11.i1.23-32

Jabbar, Z. A., dan Kawitkar, R. S. 2016. Implementation of Smart Home Control by Using Low Cost Arduino dan Android Design. *International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering*, *5*(2), 248–256. https://doi.org/10.17148/IJARCCE.2016.5250

K, N. A., dan Suhardjono, H. 2017. Peranan Berbagai Komposisi Media Tanam Organik Terhadap Tanaman Sawi (Brassica juncea L.) Di polibag. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian*, *14*(1), 54–58.

Purwajati, S., Budiantarari, C. T., Hartoyo, P., dan Widodo, S. 2017. *Analisis Hasil Kalibrasi Surveymeter Menggunakan Sumber 137cs Terkolimasi Dan Panoramik* (Issue 0274, pp. 441–446). http://www.batan.go.id/index.php/id/home-psta/profil-psta/700-profil-satker-psta/870-profil-psta

Soekrasno, S. 2019. Penyempurnaan Sistem Pengelolaan Air Irigasi Menghadapi Irigasi Modern Di Indonesia. *Indonesian Journal of Construction Engineering and Sustainable Development (Cesd)*, *1*(2), 67. https://doi.org/10.25105/cesd.v1i2.4103

Wibowo, Y., Maulida, Y. R., dan Purnomo, B. H. 2019. Rencana Produksi Olahan Kopi Di Perusahaan Daerah Perkebunan (Pdp) Kahyangan Jember Menggunakan Metode Fuzzy Tsukamoto. *Agrointek*, *13*(1), 61. https://doi.org/10.21107/agrointek.v13i1.4875

Yaakub, S., dan Meilano, R. 2019. Potensi Sensor Kelembaban Tanah YL-69 Sebagai Pemonitor Tingkat Kelembaban Media Tanam Palawija. *Jurnal Elektronika Listrik Dan Teknologi Informasi Terapan*, *1*(1), 7–16. https://ojs.politeknikjambi.ac.id/elti