


Sistem Monitoring Suhu dan Kelembapan Udara Serta Penyiraman Otomatis Tanaman Bonsai berbasis *Internet of Things*

Bayu Aji Prayoga¹ , Mohammad Nasrul Mubin¹, Pratomo Budi Santosa¹,
Dedi Ary Prasetya¹

¹Universitas Muhammadiyah Surakarta, Jl. A. Yani, Mendungan, Pabelan, Kartasura,
Sukoharjo 57162, Indonesia

 Email korespondensi: bayuajiprayoga25@gmail.com

Abstrak. Tanaman bonsai adalah tanaman hias yang memiliki bentuk yang unik dan memiliki nilai jual yang tinggi karena sanggup bertahan hidup hingga ratusan tahun jika dirawat dengan benar. Perawatan tanaman bonsai meliputi penggantian pot, penyiraman, pemupukan, dan pemangkasan. Proses penyiraman sangat mempengaruhi kelembapan tanah, karena kelembapan tanah merupakan salah satu faktor lingkungan yang mempengaruhi biologi di dalam tanah. Selain itu tanaman bonsai juga memerlukan suhu, kelembapan udara, dan pH tanah yang optimal untuk pertumbuhannya. Penelitian ini memanfaatkan *Internet of Things (IoT)* untuk memonitor kelembapan tanah, suhu, kelembapan udara, dan dilengkapi dengan alat ukur pH tanah, serta mengendalikan perangkat seperti pompa untuk penyiraman dan pompa untuk pupuk secara otomatis. Penelitian ini berfokus pada pengamatan dan pengumpulan data nilai sensor. Hasil pengujian sensor DHT22 *persentase error* suhunya sebesar 4%, *persentase error* kelembapan udara sebesar 8%, untuk klasifikasi sensor kelembapan tanah juga sama seperti klasifikasi dari alat pembanding, hasil pengujian sensor pH tanah pada pot 1 *persentase error*-nya sebesar 9,86%, hasil pengujian sensor pH tanah pada pot 2 *persentase error*-nya sebesar 9,62%, dan hasil pengujian sensor pH tanah pada pot 3 *persentase error*-nya sebesar 10,35%. Untuk hasil pengujian lapangan selama empat hari menunjukkan bahwa sistem dapat berjalan sesuai yang diharapkan, ketika sensor kelembapan tanah mendeteksi nilai 51% maka pompa air menyala.

Kata kunci: *monitoring; penyiraman otomatis; bonsai; Internet of Things (IoT)*



PENDAHULUAN

Bonsai merupakan seni mengecilkan ukuran tumbuhan melalui pemangkasan dan pengaturan akarnya untuk menciptakan bentuk yang indah dan menarik. Seni bonsai tumbuh dengan cepat di Indonesia karena dipengaruhi oleh berbagai faktor. Salah satu di antaranya adalah dukungan kesuburan alam dan kekayaan flora yang ada di Indonesia [1]. Tanaman bonsai dalam perawatannya meliputi penggantian pot, penyiraman, pemupukan, pemangkasan, dan pengelolaan yang teliti untuk mencapai bentuk dan ukuran yang diinginkan. Budidaya bonsai yang dilakukan baik dan benar akan mendapatkan hasil yang signifikan, sehingga bonsai yang dihasilkan mampu memenuhi standar pasar terutama pasar global [2].

Indonesia adalah negara yang memiliki iklim tropis yang cuma mempunyai dua musim yaitu musim hujan dan musim kemarau [3]. Sehingga beberapa daerahnya memiliki kondisi cuaca yang tidak menentu. Hal ini bisa memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan dan kesehatan tanaman bonsai. Dalam perawatannya, masih banyak petani bonsai yang menggunakan metode penyiraman tanaman secara manual dalam periode waktu tertentu [4]. Metode penyiraman seperti ini kadang-kadang tanaman menyerap air lebih banyak atau penyiraman dilakukan terlambat (tidak tepat waktu) dan menjadikan tanah menjadi kering serta berdampak pada kualitas dan tingkat pH tanah, selain itu suhu udara juga mempengaruhi kondisi kadar air tanah [5]. Untuk mengatasi masalah tersebut, maka perlu adanya sistem kontrol yang bisa mengatur sistem penyiraman secara otomatis dan juga sistem monitoring untuk memantau suhu dan kelembapan udara disekitar tanaman bonsai. Sistem kontrol otomatis mengalami kemajuan pesat seiring perkembangan teknologi Internet of Things (IoT), yang membuat kehidupan lebih nyaman [6]. Perubahan cuaca yang tidak menentu membuat penyiraman menjadi tantangan, sehingga dibutuhkan sistem yang dapat menyesuaikan kondisi secara real-time.

Penelitian berjudul Perancangan Sistem Monitoring Kelembapan dan Penyiraman Otomatis Tanaman Jagung Berbasis IoT bertujuan memanfaatkan teknologi IoT untuk perawatan tanaman jagung secara efisien. Sistem menggunakan NodeMCU ESP8266, sensor kelembapan tanah, dan RTC DS1302 untuk penyiraman otomatis berdasarkan waktu. Pompa aktif saat kelembapan >800, dan monitoring dilakukan melalui serial monitor dan aplikasi blynk secara real-time dan manual. Hasilnya, sistem mampu meningkatkan efisiensi penyiraman dan pemantauan tanaman jagung [7]. Selain itu penelitian Smart Agriculture Monitoring Penyiraman Tanaman Berbasis IoT dirancang untuk memantau kelembapan tanah pada tanaman cabai agar hasil maksimal. Sistem menggunakan sensor kelembapan tanah yang datanya diproses oleh Arduino untuk menentukan penyiraman, lalu dikirim ke Raspberry Pi sebagai server web. Pengguna



dapat memantau dan mengendalikan sistem secara real-time melalui web. Penyiraman otomatis dilakukan saat tanah kering, dengan klasifikasi kelembapan: 700 (kering) [6].

Pada penelitian sebelumnya mengembangkan sistem monitoring pH tanah dan penyiraman otomatis pada bonsai Santigi berbasis IoT menggunakan NodeMCU ESP8266 dan Arduino UNO. Penyiraman otomatis aktif jika kelembapan tanah $< 40\%$ dan berhenti saat $> 60\%$. Pupuk diberikan manual jika $\text{pH} < 6,5$ dan dihentikan jika $\text{pH} > 7,5$. Data dikirim ke Firebase dan ditampilkan di website. Selama 3 hari pengujian, kelembapan tanah terendah tercatat pukul 18.00 WIB, dan tertinggi pukul 21.00 WIB, dengan pH tanah mendekati nilai ideal [4]. Adapun penelitian lain dengan tema merancang alat penyiram otomatis tanaman bonsai berbasis IoT menggunakan NodeMCU ESP32, RTC, sensor kelembapan tanah kapasitif, solenoid valve yang dikendalikan relay, serta Bot Telegram sebagai antarmuka IoT. Alat menyiram dua kali sehari, yaitu pukul 07.00 WIB dan 16.00 WIB, dengan kenaikan kelembapan tanah dari sekitar 56 sampai 59% menjadi 66 sampai 67% dalam waktu 5 menit [8].

Berbekal penelitian-penelitian sebelumnya, peneliti membuat suatu inovasi dengan mengembangkan sistem monitoring dan penyiraman otomatis yang menerapkan konsep teknologi pertanian cerdas dimana melibatkan pemantauan kelembapan tanah, suhu, kelembapan udara, pH tanah serta pengendalian perangkat seperti pompa air secara otomatis. Jadi penelitian ini menambahkan pemantauan terhadap suhu dan kelembapan udara menggunakan sensor DHT22, sebab suhu udara mempengaruhi kondisi kadar air tanah [5]. Sistem ini dirancang sesuai dengan kebutuhan kelembapan tanah yang dibutuhkan oleh tanaman bonsai yaitu antara 70% sampai 80% [9]. Selain itu terdapat website spreadsheet untuk menyimpan data yang dihasilkan oleh sensor-sensor. Dengan menerapkan konsep teknologi ini diharapkan pengrajin bonsai dapat memonitor tanamannya sehingga didapat tanaman bonsai yang memiliki nilai jual tinggi.

METODE

Penelitian ini berfokus pada sistem monitoring tanaman bonsai dan pengumpulan data dengan mengandalkan data numerik dan statistik untuk menganalisis permasalahan yang ada sehingga didapatkan hasil yang objektif dan dapat diuji. Fokus penelitian terletak pada observasi langsung terhadap objek sehingga dapat memahami bagaimana kondisi lingkungan sekitar tanaman. Pengumpulan data dilakukan terhadap beberapa parameter penting seperti kelembapan tanah, suhu, kelembapan udara, dan pH tanah, serta perencanaan sistem kontrol otomatis berupa pompa air. Tiga buah pompa DC dirancang untuk bekerja secara otomatis berdasarkan data sensor, sehingga tanaman bonsai tetap berada dalam kondisi lingkungan yang optimal. Dalam tahap pengujian alat, data yang terkumpul akan diolah dan dianalisis dengan menghitung nilai selisih, error,



dan rata-rata. Dimana nilai selisih digunakan untuk mengetahui perbedaan antara data hasil pengukuran alat dengan data hasil pengukuran alat pembanding, kemudian error akan menunjukkan seberapa besar kesalahan pengukuran yang terjadi. Sehingga nilai rata-rata dapat dihitung untuk mendapatkan gambaran umum dari performa alat selama pengujian. Perhitungan persentase error dilakukan dengan membagi nilai selisih dengan nilai alat pembanding, kemudian hasilnya dikalikan 100 [10].

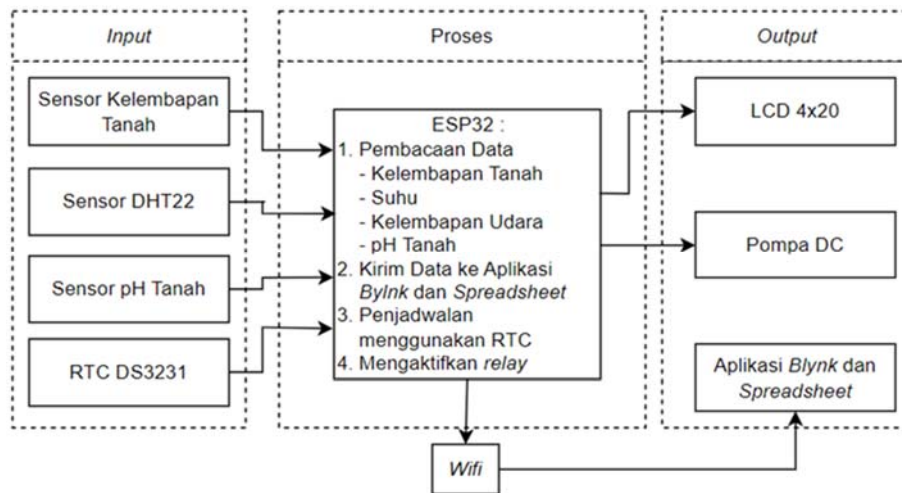
Gambar 1 merupakan *flowchart* untuk menggambarkan tahap penelitian, dimulai dari studi literatur terkait sistem monitoring dan penyiraman otomatis yang kemudian dipelajari secara mendalam. Kemudian perancangan alat dengan menentukan alat dan bahan apa saja yang akan digunakan serta membuat skematik rangkaian, desain 3D, dan pemrograman pada *software* Arduino IDE. Setelah dirancang kemudian pembuatan alat dengan desain yang sudah ditentukan sebelumnya. Selanjutnya pengujian alat pada lingkungan sebenarnya, jika terdapat *error* atau alat tidak bekerja sesuai yang diharapkan maka dilakukan perbaikan. Dan apabila alat bekerja sesuai yang diharapkan maka dilanjutkan mengambil data serta menganalisa data, yang kemudian ke tahap terakhir yaitu pembuatan laporan.



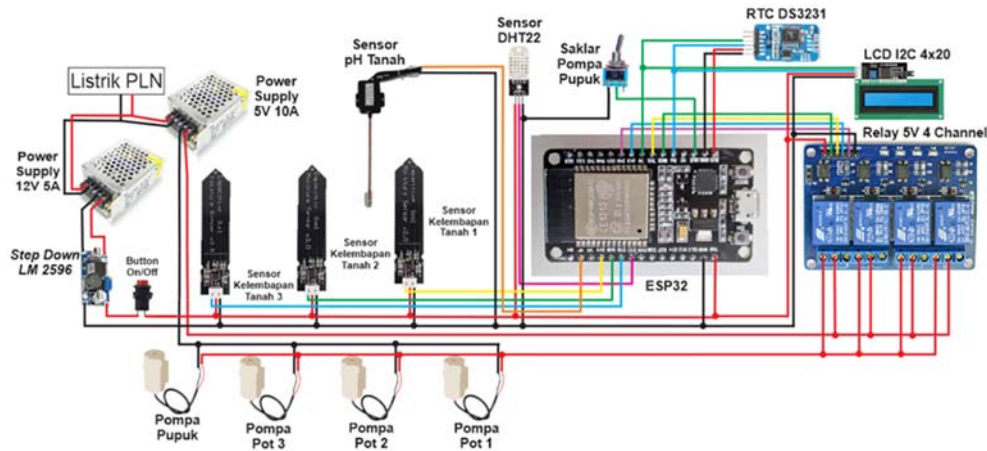
Gambar 1. *Flowchart* penelitian

Gambar 2 menunjukkan gambar perancangan sistem kerja alat, dimana secara sederhana dapat menggambarkan tentang sebuah sistem yang akan berfungsi. Pada blok pertama yaitu *input* terdapat sensor, dimana sensor yang digunakan yaitu sensor kelembapan tanah untuk memantau kelembapan tanah dalam pot tanaman bonsai, sensor DHT22 untuk memantau suhu dan kelembapan udara, sensor pH tanah untuk memantau keasaman dan kebasaan tanah, serta terdapat RTC DS3231 untuk mengatur waktu pompa pupuk supaya dapat menyala sesuai jadwal yang telah ditentukan. Selanjutnya pada blok kedua yaitu proses terdapat mikrokontroler ESP32 untuk memproses sinyal dari sensor dan meneruskan ke aktuator, serta memproses penjadwalan pompa pupuk menggunakan RTC. Pada blok terakhir yaitu *output* yang terdiri dari *display* yaitu LCD 4x20, aplikasi *blynk* dan *spreadsheet*, serta aktuator berupa pompa DC. Ketika ESP32 terhubung ke *wifi*, maka ESP32 akan mengirimkan data sensor ke aplikasi *blynk* dan *spreadsheet*, sehingga dapat melihat data sensor dari jarak jauh dan dapat memantau dari mana saja.





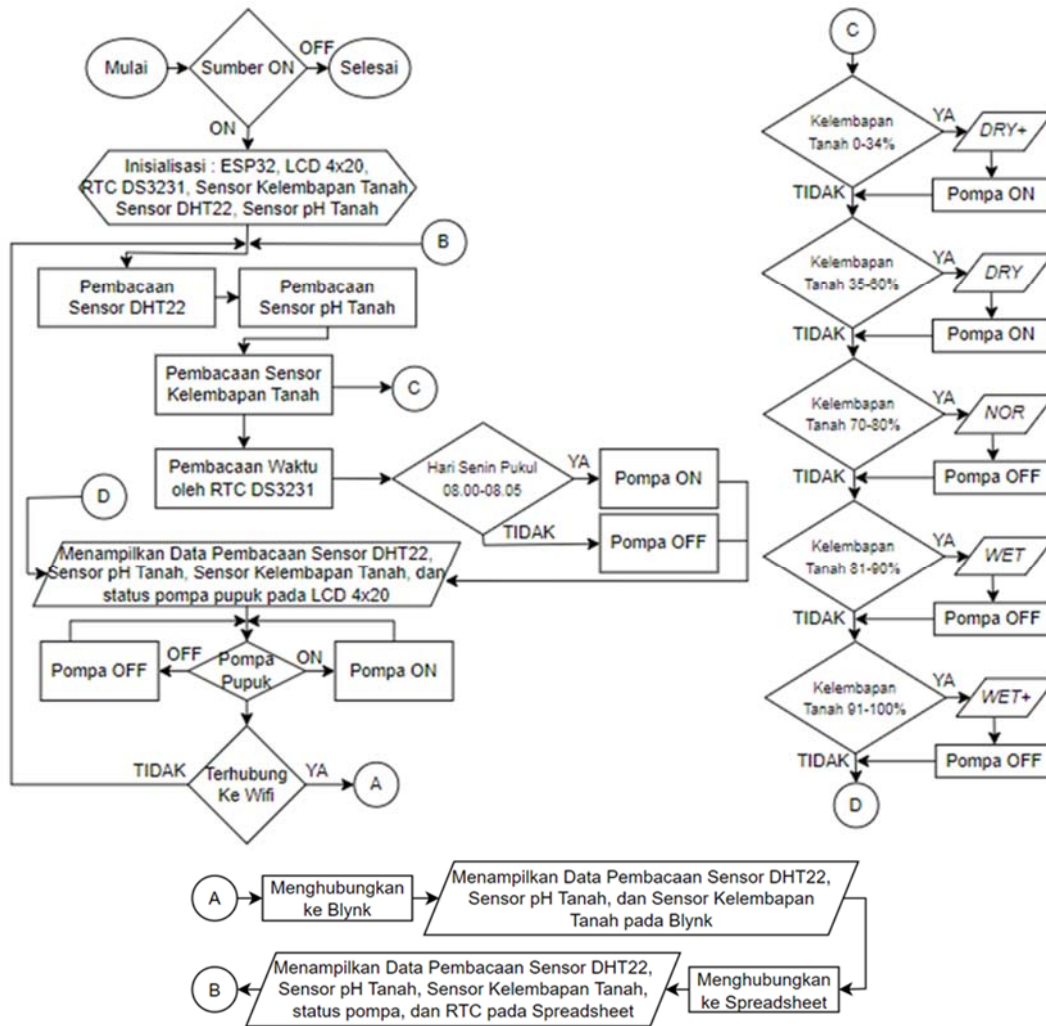
Gambar 2. Alur perancangan sistem kerja alat



Gambar 3. Wiring diagram

Gambar 3 merupakan rancangan perangkat keras sistem monitoring tanaman bonsai. Terdapat mikrokontroler ESP32 yang diintegrasikan dengan sensor-sensor, yaitu sensor kelembapan tanah, DHT22, dan sensor pH tanah. Sensor kelembapan tanah berfungsi untuk mengukur kelembapan tanah dengan menanamkan *probe* ke dalam tanah, DHT22 berperan sebagai sensor suhu dan kelembapan udara, serta sensor pH tanah untuk mengukur pH tanah dalam pot tanaman bonsai. *Output* dari sistem ini berupa 4 buah pompa air DC yang dimana 3 diantaranya untuk mengalirkan air sesuai dengan sensor kelembapan tanah dan 1 pompa untuk mengalirkan pupuk dengan penjadwalan melalui RTC maupun saklar. Untuk mensuplai daya ke sistem monitoring tanaman bonsai, meliputi ESP32, sensor, *relay*, LCD, dan RTC maka digunakanlah *power supply* 12V 5A yang diturunkan menggunakan *stepdown* LM2596 menjadi 5V, sedangkan untuk mensuplai pompa menggunakan *power supply* 5V 10A.





Gambar 4. Flowchart sistem

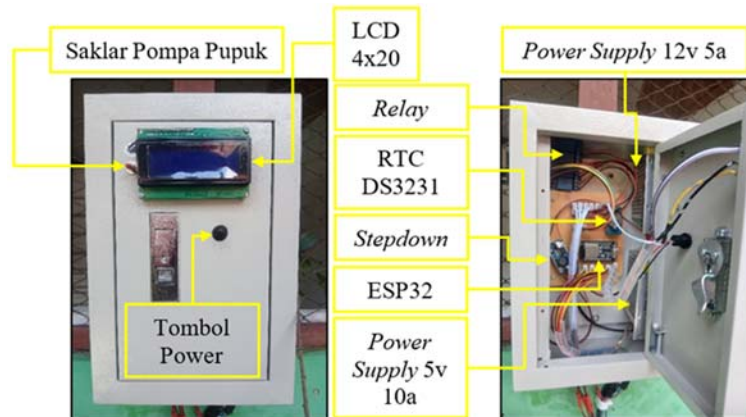
Gambar 4 merupakan *flowchart* untuk menggambarkan sistem monitoring dan penyiraman otomatis tanaman bonsai dengan menggunakan sensor kelembapan tanah, sensor suhu dan kelembapan udara serta sensor pH tanah. Sistem dimulai dari inisialisasi semua komponen yang digunakan, kemudian pembacaan DHT22, sensor pH tanah, dan sensor kelembapan tanah. Jika kelembapan tanah 0 sampai 34% maka termasuk *DRY+*, 35 sampai 60% maka termasuk *DRY*, 70 sampai 80% maka termasuk *NOR*, 81 sampai 90% maka termasuk *WET*, 90 sampai 100% maka termasuk *WET+*. Pompa akan menyala jika nilai sensor kelembapan tanah dibawah 70%. Kemudian membaca penjadwalan dari RTC, jika hari tersebut hari senin pukul 08.00 WIB sampai 08.05 WIB maka pompa akan menyala, dan jika tidak maka pompa pupuk tetap mati. Selanjutnya data pembacaan sensor tersebut ditampilkan pada LCD 4x20. Kemudian terdapat *switch* untuk menyalakan pompa pupuk. Jika sistem terhubung ke *wifi* maka dapat menghubungkan



pada aplikasi *blynk* dan *spreadsheet*, dan jika tidak terhubung maka kembali ke pembacaan sensor.

HASIL

Pada Gambar 5 merupakan gambar penempatan komponen, bagian luar box terdapat LCD 4x20 yang dimana akan tertampil nilai-nilai antara lain, suhu, kelembapan udara, kelembapan tanah pot 1 sampai pot 3, dan pH tanah. Kemudian terdapat saklar *toggle* untuk menyalakan pompa pupuk, dan *push button* untuk menyalakan alatnya. Sedangkan bagian dalam box, terdapat komponen-komponen, antara lain *relay* 5V 4 channel, RTC DS3231, *stepdown* LM2596, ESP32, *power supply* 5V 10A, dan *power supply* 12V 5A. Gambar 6 menunjukkan penempatan sensor, tiap pot terdapat sensor kelembapan tanah, dan didekatkan tidak jauh dengan selang air dari pompa. Kemudian terdapat juga sensor DHT22 dan sensor pH tanah.



Gambar 5. Penempatan komponen



Gambar 6. Penempatan sensor dan pompa

Pengujian Data Sensor DHT22

Pengujian data sensor DHT22 bertujuan untuk mengetahui kemampuan sensor dalam mengukur nilai suhu dan kelembapan udara di lingkungan sekitar. Pengujian data



ini dilakukan secara bersamaan dengan alat pembanding yaitu *Thermohyrometer HTC-2*. Alat pembanding ini dapat mengukur suhu dalam rentang -10 sampai 50°C dan kelembapan udara dalam rentang 10 sampai 99% . Sehingga cocok bila digunakan dalam pembandingan antara sensor DHT22 dengan alat pembanding tersebut. Hasil pengujian data sensor DHT22 dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Pengujian suhu menggunakan sensor DHT22

Data	Jam	Thermohyrometer				Selisih ($^{\circ}\text{C}$)	Error (%)	
		HTC-2 ($^{\circ}\text{C}$)	LCD 4x20 ($^{\circ}\text{C}$)	Blynk ($^{\circ}\text{C}$)	Spreadsheet ($^{\circ}\text{C}$)			
1	07.00	26	27	27	27,2	1	3,85	
2	07.30	28,2	29,5	29,5	29,7	1,3	4,61	
3	08.00	27	28,2	28,8	28,2	1,2	4,44	
4	08.30	27,5	28,4	28,2	28,4	1	3,27	
5	09.00	28,5	29,6	29,6	29,6	1,1	3,86	
6	11.00	31,3	32,9	32,9	33	2	5	
7	11.30	31,5	33,1	33,3	33	1,6	5,08	
8	12.00	32	33,7	33,9	33,8	1,7	5,31	
9	12.30	32,9	35	34,6	35	2,1	6,38	
10	13.00	33,3	35,3	35,2	35,3	2	6,01	
11	15.00	32,5	33,8	33,9	33,7	1,3	4	
12	15.30	32,1	33,2	33,3	33,2	1,1	3,43	
13	16.00	31,3	32,2	32,4	32,2	0,9	2,88	
14	16.30	30,5	31,2	31,3	31,2	0,7	2,30	
15	17.00	29,5	30,2	30,7	30,2	0,7	2,37	
16	19.00	27,3	27,9	28,2	27,9	0,6	2,2	
17	19.30	27	27,7	27,6	27,6	0,7	2,59	
18	20.00	27	27,6	27,6	27,6	1	2,22	
19	20.30	27	27,7	27,6	27,7	0,7	2,59	
20	21.00	26,9	27,4	27,6	27,4	1	1,86	
		Rata-rata					1,12	4

Tabel 1 menunjukkan hasil pengujian suhu menggunakan sensor DHT22 dengan pengambilan data sebanyak 20 kali selama 1 hari dengan durasi 2 jam tiap pagi, siang, sore, dan malam. Data tersebut mencakup nilai yang dihasilkan oleh sensor, nilai pada alat pembanding, nilai yang ditampilkan pada *blynk* dan *spreadsheet* serta nilai selisih dan nilai *error* yang diperoleh, sehingga dapat dihitung rata-rata *persentase* kesalahannya. Jadi dari hasil tersebut rata-rata nilai selisih yang diperoleh sebesar $1,12^{\circ}\text{C}$ dan rata-rata nilai *error* yang diperoleh sebesar 4% . Untuk nilai yang tertampil pada *blynk* dan *spreadsheet* berbeda dengan nilai yang tertampil pada LCD 4x20, kemungkinan koneksi *wifi* yang kurang stabil, sehingga terdapat *delay* dalam pengirimannya. Misalnya pada data ke-20 yang diambil waktu pengujian pukul 21.00 WIB, pada LCD tertampil nilai $27,4^{\circ}\text{C}$ dan pada *blynk* tertampil nilai $27,6^{\circ}\text{C}$, sedangkan pada *HTC-2* nilai yang tertampil adalah $26,9^{\circ}\text{C}$.



Tabel 2. Pengujian Kelembapan Udara Menggunakan Sensor DHT22

Data	Jam	Thermohyrometer				Selisih (%) Error (%)	
		HTC-2 (%)	LCD 4x20 (%)	Blynk (%)	Spreadsheet (%)		
1	07.00	76	95,4	95	94,3	19,4	25,53
2	07.30	79	98,3	98	98,6	19,3	24,43
3	08.00	81	92,7	91	92,9	11,7	14,44
4	08.30	82	93	93	93,2	11	13,41
5	09.00	82	89,2	89	89,5	7,2	8,78
6	11.00	77	77	78	77,3	0	0
7	11.30	75	77,6	77	77,6	2,6	3,47
8	12.00	72	74,1	74	75,1	2,1	2,92
9	12.30	72	72,1	71	73,3	0,1	0,14
10	13.00	69	68,4	68	69,7	0,6	0,87
11	15.00	73	74,5	73	73,6	1,5	2,05
12	15.30	72	73,5	73	73	1,5	2,08
13	16.00	75	81,5	80	81,2	6,5	8,67
14	16.30	77	80,7	81	82,3	3,7	4,81
15	17.00	78	85,5	84	84,6	7,5	9,62
16	19.00	88	93,8	93	93,8	5,8	6,59
17	19.30	88	95,6	94	95,2	7,6	8,64
18	20.00	89	96	96	96,2	7	7,87
19	20.30	89	95,8	96	95,7	6,8	7,64
20	21.00	88	95	94	94,7	7	7,95
Rata-rata						6,45	8

Tabel 2 menunjukkan hasil pengujian kelembapan udara menggunakan sensor DHT22 dengan pengambilan data sebanyak 20 kali selama 1 hari dengan durasi 2 jam tiap pagi, siang, sore, dan malam. Data tersebut mencakup nilai yang dihasilkan oleh sensor, nilai pada alat pembanding, nilai yang ditampilkan pada *blynk* dan *spreadsheet* serta nilai selisih dan nilai *error* yang diperoleh, sehingga dapat dihitung rata-rata *persentase* kesalahannya. Jadi dari hasil tersebut rata-rata nilai selisih yang diperoleh sebesar 6,45 % dan rata-rata nilai *error* yang diperoleh sebesar 8%. Untuk nilai yang tertampil pada *blynk* dan *spreadsheet* berbeda dengan nilai yang tertampil pada LCD 4x20, kemungkinan koneksi *wifi* yang kurang stabil, sehingga terdapat *delay* dalam pengirimannya. Misalnya pada data ke-6 yang diambil waktu pengujian pukul 11.00 WIB, pada LCD tertampil nilai 77% dan pada *blynk* tertampil nilai 78%, sedangkan nilai kelembapan udara yang tertampil pada *HTC-2* sebesar 77%.

Pengujian Data Sensor Kelembapan Tanah

Pengujian data sensor kelembapan tanah bertujuan untuk mengetahui kemampuan sensor dalam mengukur nilai kelembapan tanah di lingkungan sekitar. Pengujian data ini dilakukan secara bersamaan dengan alat pembanding yaitu *Soil pH Analyzer*. Alat pembanding ini belum terdapat parameter nilai untuk pengukuran kelembapan tanahnya, tetapi alat ini memiliki 5 level kelembapan tanah antara lain *DRY+*, *DRI*, *NOR*, *WET*, dan *WET+*. Sehingga untuk mengetahui *persentase*-nya dapat dilihat pada Tabel 3. Penggunaan alat pembanding ini berfungsi untuk mengetahui perbedaan antara sensor



dengan alat pembanding. Hasil pengujian data sensor kelembapan tanah dapat dilihat pada Tabel 4, Tabel 5, dan Tabel 6.

Tabel 3. Persentase Sensor Kelembapan Tanah

Klasifikasi Sensor Kelembapan Tanah	Persentase
<i>DRY+</i>	0-34%
<i>DRY</i>	35-69%
<i>NOR</i>	70-80%
<i>WET</i>	81-90%
<i>WET+</i>	91-100%

Tabel 4. Pengujian Sensor Kelembapan Tanah Pot 1

Data	Jam	Klasifikasi		Tampilan			Pompa
		<i>Soil pH Analyzer</i>	Sensor Kelembapan Tanah	LCD 4x20 (%)	<i>Blynk (%)</i>	<i>Spreadsheet (%)</i>	
1	07.00	<i>WET+</i>	<i>WET+</i>	100	100	100	Off
2	07.30	<i>DRY</i>	<i>DRY</i>	65	65	65	On
3	08.00	<i>WET+</i>	<i>WET+</i>	100	100	100	Off
4	08.30	<i>WET+</i>	<i>WET+</i>	100	100	100	Off
5	09.00	<i>WET+</i>	<i>WET+</i>	100	100	100	Off
6	11.00	<i>DRY</i>	<i>DRY</i>	68	68	68	Off
7	11.30	<i>WET</i>	<i>WET</i>	84	84	84	Off
8	12.00	<i>NOR</i>	<i>NOR</i>	77	77	77	Off
9	12.30	<i>NOR</i>	<i>NOR</i>	72	72	72	Off
10	13.00	<i>NOR</i>	<i>NOR</i>	73	73	73	Off
11	15.00	<i>WET</i>	<i>WET</i>	88	88	88	Off
12	15.30	<i>NOR</i>	<i>NOR</i>	80	80	80	Off
13	16.00	<i>WET</i>	<i>WET</i>	84	84	84	Off
14	16.30	<i>NOR</i>	<i>NOR</i>	78	78	78	Off
15	17.00	<i>WET</i>	<i>WET</i>	83	83	83	Off
16	19.00	<i>WET</i>	<i>WET</i>	83	83	83	Off
17	19.30	<i>WET</i>	<i>WET</i>	84	84	84	Off
18	20.00	<i>WET</i>	<i>WET</i>	87	87	87	Off
19	20.30	<i>WET</i>	<i>WET</i>	83	83	83	Off
20	21.00	<i>WET</i>	<i>WET</i>	88	88	88	Off

Tabel 4 menunjukkan hasil pengujian kelembapan tanah pada pot 1 dengan pengambilan data sebanyak 20 kali selama 1 hari dengan durasi 2 jam tiap pagi, siang, sore, dan malam. Data tersebut mencakup nilai yang dihasilkan oleh sensor, klasifikasi level kelembapan oleh alat pembanding, nilai yang ditampilkan pada *blynk* dan *spreadsheet* serta status pompa. Ketika sensor membaca nilai kelembapan tanah yang kurang dari 70% maka status pompa menyala, ini berarti sensor berhasil mendeteksi kondisi tanah secara *real-time*, dan kontrol *relay* bekerja dengan benar. Misal pada pukul 07.30 WIB sensor mendeteksi sebesar 65% dan termasuk klasifikasi *DRY* sehingga pompa air menyala. Untuk klasifikasi antara sensor kelembapan tanah dengan alat pembanding, menunjukkan hasil yang sama.



Tabel 5. Hasil Pengujian Sensor Kelembapan Tanah Pot 2

Data	Jam	Klasifikasi		Tampilan			Pompa
		Soil pH Analyzer	Sensor Kelembapan Tanah	LCD 4x20 (%)	Blynk (%)	Spreadsheet (%)	
1	07.00	WET+	WET+	100	100	100	Off
2	07.30	DRY	DRY	100	56	56	On
3	08.00	WET+	WET+	100	100	100	Off
4	08.30	WET+	WET+	100	100	100	Off
5	09.00	WET+	WET+	100	100	100	Off
6	11.00	DRY	DRY	100	100	100	Off
7	11.30	WET	WET	100	100	100	Off
8	12.00	NOR	NOR	80	80	80	Off
9	12.30	NOR	NOR	71	71	71	Off
10	13.00	WET	WET	84	84	84	Off
11	15.00	WET+	WET+	92	92	92	Off
12	15.30	NOR	NOR	73	73	73	Off
13	16.00	WET	WET	77	77	77	Off
14	16.30	WET	WET	89	89	89	Off
15	17.00	WET+	WET+	96	96	96	Off
16	19.00	WET+	WET+	93	93	93	Off
17	19.30	WET+	WET+	95	95	95	Off
18	20.00	WET+	WET+	97	97	97	Off
19	20.30	WET+	WET+	94	94	94	Off
20	21.00	WET+	WET+	97	97	97	Off

Tabel 5 menunjukkan hasil pengujian kelembapan tanah pada pot 2 dengan pengambilan data sebanyak 20 kali selama 1 hari dengan durasi 2 jam tiap pagi, siang, sore, dan malam. Data tersebut mencakup nilai yang dihasilkan oleh sensor, klasifikasi level kelembapan oleh alat pembanding, nilai yang ditampilkan pada *blynk* dan *spreadsheet* serta status pompa. Ketika sensor membaca nilai kelembapan tanah yang kurang dari 70% maka status pompa menyala, ini berarti sensor berhasil mendeteksi kondisi tanah secara *real-time*, dan kontrol *relay* bekerja dengan benar. Misal pada jam 07.30 WIB sensor mendeteksi sebesar 56% dan termasuk klasifikasi *DRY* sehingga pompa air menyala. Untuk klasifikasi antara sensor kelembapan tanah dengan alat pembanding, menunjukkan hasil yang sama.

Tabel 6 menunjukkan hasil pengujian kelembapan tanah pada pot 3 dengan pengambilan data sebanyak 20 kali selama 1 hari dengan durasi 2 jam tiap pagi, siang, sore, dan malam. Data tersebut mencakup nilai yang dihasilkan oleh sensor, klasifikasi level kelembapan oleh alat pembanding, nilai yang ditampilkan pada *blynk* dan *spreadsheet* serta status pompa. Ketika sensor membaca nilai kelembapan tanah yang kurang dari 70% maka status pompa menyala, ini berarti sensor berhasil mendeteksi kondisi tanah secara *real-time*, dan kontrol *relay* bekerja dengan benar. Pada pembacaan sensor kelembapan tanah pada pot 3 tidak ada yang dibawah 70% sehingga pompa tidak ada yang menyala. Untuk klasifikasi antara sensor kelembapan tanah dengan alat pembanding, menunjukkan hasil yang sama.



Tabel 6. Hasil Pengujian Sensor Kelembapan Tanah Pot 3

Data	Jam	Klasifikasi		Tampilan			Pompa
		Soil pH Analyzer	Sensor Kelembapan Tanah	LCD 4x20 (%)	Blynk (%)	Spreadsheet (%)	
1	07.00	WET+	WET+	100	100	100	Off
2	07.30	WET+	WET+	100	100	100	Off
3	08.00	WET+	WET+	100	100	100	Off
4	08.30	WET+	WET+	100	100	100	Off
5	09.00	WET+	WET+	100	100	100	Off
6	11.00	WET	WET	90	90	90	Off
7	11.30	WET	WET	88	88	88	Off
8	12.00	WET	WET	81	81	81	Off
9	12.30	NOR	NOR	77	77	77	Off
10	13.00	NOR	NOR	75	75	75	Off
11	15.00	WET	WET	83	83	83	Off
12	15.30	NOR	NOR	79	79	79	Off
13	16.00	NOR	NOR	80	80	80	Off
14	16.30	NOR	NOR	72	72	72	Off
15	17.00	NOR	NOR	72	72	72	Off
16	19.00	NOR	NOR	79	79	79	Off
17	19.30	NOR	NOR	78	78	78	Off
18	20.00	NOR	NOR	79	79	79	Off
19	20.30	NOR	NOR	76	76	76	Off
20	21.00	NOR	NOR	80	80	80	Off

Pengujian Modul RTC DS3231

Tabel 7. Pengujian Modul RTC DS3231

Jam	Tampilan Spreadsheet	Pompa Pupuk
07.55	Off	Off
07.56	Off	Off
07.57	Off	Off
07.58	Off	Off
07.59	Off	Off
08.00	On	On
08.01	On	On
08.02	On	On
08.03	On	On
08.04	On	On
08.05	On	On
08.06	Off	Off
08.07	Off	Off
08.08	Off	Off
08.09	Off	Off
08.10	Off	Off

Pengujian modul RTC DS3231 bertujuan untuk memastikan bahwa RTC bisa mengaktifkan penjadwalan pompa pupuk sesuai dengan hari dan jam yang telah ditentukan. Karena modul RTC ini berfungsi untuk mencatat dan menjaga waktu secara akurat, seperti hari, tanggal, jam, dan menit. Dengan adanya RTC ini, sistem tidak perlu



dikontrol secara manual, dan pemupukan bisa dilakukan secara rutin dan otomatis sesuai waktu yang ditentukan. Tabel 7 menunjukkan hasil pengujian modul RTC DS3231, untuk penjadwalan pompa pupuk diatur setiap hari senin pukul 08.00 WIB sampai 08.05 WIB. Jadi pada tabel tersebut pukul 08.59 WIB pompa pupuk belum menyala, kemudian pada pukul 08.00 WIB pompa pupuk baru menyala dan akan berhenti pada pukul 08.05 WIB. Jadi untuk penjadwalan pompa pupuk menggunakan RTC dapat berjalan sesuai harapan. Sehingga pengrajin bonsai dapat menghemat waktu dan tenaga dalam pemberian pupuk tanaman bonsai.

Pengujian Data Sensor pH Tanah

Pengujian data sensor pH tanah bertujuan untuk mengetahui kemampuan sensor dalam mengukur nilai pH tanah di lingkungan sekitar. Pengujian data ini dilakukan secara bersamaan dengan alat pembanding yaitu *Soil pH Analyzer*. Alat pembanding ini dapat mengukur pH tanah dalam rentang 3,5 - 9. Sehingga cocok jika digunakan untuk perbandingan antara sensor pH tanah dengan alat pembanding tersebut. Penggunaan alat pembanding ini berfungsi untuk mengetahui perbedaan antara sensor dengan alat pembanding.

Tabel 8. Hasil Pengujian Sensor Ph Tanah Pot 1

Data	Jam	Soil pH Analyzer	Tampilan			Selisih	Error (%)
			LCD 4x20	Blynk	Spreadsheet		
1	07.00	6,5	6,37	6,4	6,37	0,13	2
2	07.30	6	6,58	6,6	6,58	0,58	9,67
3	08.00	6	6,61	6,6	6,61	0,61	10,17
4	08.30	6	6,87	6,9	6,87	0,87	14,5
5	09.00	6	7,15	7	7,15	1,15	19,17
6	11.00	6	6,83	6	6,45	0,83	13,83
7	11.31	6	5,6	5,6	5,6	0,4	6,67
8	12.00	5	3,11	3	3,07	1,89	37,8
9	12.30	6	6,62	6,6	6,61	0,62	10,33
10	13.00	6,5	6,45	6,4	6,41	0,05	0,77
11	15.00	6,5	6,45	6,5	6,48	0,05	0,77
12	15.30	6	5,95	6	5,93	0,05	0,83
13	16.00	6	5,69	5,6	5,69	0,31	5,17
14	16.30	6	5,57	5,4	5,54	0,43	7,17
15	17.00	6	5,44	5,4	5,41	0,56	9,33
16	19.00	6	6,19	6,1	6,08	0,19	3,17
17	19.30	6,5	6,75	6,9	6,75	0,25	3,85
18	20.00	6	6,86	6,9	6,92	0,86	14,33
19	20.30	6	6,95	7	6,84	0,95	15,83
20	21.00	6	6,71	6,6	6,38	0,71	11,83
Rata-rata						0,57	9,86

Tabel 8 menunjukkan hasil pengujian sensor pH tanah pada pot 1 dengan pengambilan data sebanyak 20 kali selama 1 hari dengan durasi 2 jam tiap pagi, siang,



sore, dan malam. Data tersebut mencakup nilai yang dihasilkan oleh sensor yang ditampilkan pada LCD 4x20, nilai pada alat pembanding, nilai yang ditampilkan pada *blynk* dan *spreadsheet* serta nilai selisih dan nilai *error* yang diperoleh, sehingga dapat dihitung rata-rata *persentase* kesalahannya. Untuk menghitung *persentase* kesalahannya yaitu dengan membagi nilai selisih yang didapat dari nilai hasil pengukuran sensor dikurangi dengan nilai alat pembanding, kemudian hasilnya dikali dengan 100. Untuk hasil antara alat pembanding dengan sensor pH tanah rata 6,2. tetapi pada pukul 12.00 WIB nilai yang dibaca oleh sensor pH tanah selisihnya jauh, kemungkinan kesalahan dari sensor pH tanah dalam mendeteksi kadar tanah pada pot tersebut. Jadi dari hasil tersebut rata-rata nilai selisih yang diperoleh sebesar 0,57 dan rata-rata nilai *error* yang diperoleh sebesar 9,86%.

Tabel 9. Hasil Pengujian Sensor pH Tanah Pot 2

Data	Jam	Soil pH Analyzer	Tampilan			Selisih	Error (%)
			LCD 4x20	Blynk	Spreadsheet		
1	07.02	6,5	7,07	7	7,07	0,57	9
2	07.32	6,5	6,49	6,5	6,49	0,01	0,15
3	08.02	6	6,35	6,3	6,35	0,35	5,83
4	08.32	6	6,38	6,4	6,38	0,38	6,33
5	09.02	6,5	2,69	3	2,69	3,81	58,62
6	11.01	6	5,2	5	5,1	0,8	13,33
7	11.32	6	5,68	5,6	5,65	0,32	5,33
8	12.03	6	6,24	6,2	6,24	0,24	4
9	12.32	6	6,24	6,2	6,24	0,24	4
10	13.02	6,5	6,42	6,4	6,4	0,08	1,23
11	15.02	6,5	6,88	6,5	6,53	0,38	5,85
12	15.32	6	5,93	5,9	5,93	0,07	1,17
13	16.02	6,5	5,75	5,7	5,74	0,75	11,54
14	16.33	6	5,58	5,5	5,57	0,42	7
15	17.02	6	5,44	5,4	5,44	0,56	9,33
16	19.02	6,5	6,93	7	6,82	0,43	6,62
17	19.32	6,5	7,18	7,2	7,18	0,68	10,46
18	20.01	6	6,63	6,9	7,04	0,63	10,5
19	20.35	6	6,89	6,8	7,23	0,89	14,83
20	21.06	6,5	6,99	6,9	6,99	0,49	7,54
Rata-rata						0,61	9,62

Tabel 9 menunjukkan hasil pengujian sensor pH tanah pada pot 2 dengan pengambilan data sebanyak 20 kali selama 1 hari dengan durasi 2 jam tiap pagi, siang, sore, dan malam. Untuk hasil pengukuran dari sensor pH tanah rata-rata 6,1 tetapi pada pukul 09.02 WIB nilai yang dibaca oleh sensor pH tanah selisihnya jauh, kemungkinan kesalahan dari sensor pH tanah dalam mendeteksi kadar tanah pada pot tersebut. Jadi dari hasil tersebut rata-rata nilai selisih yang diperoleh sebesar 0,61 dan rata-rata nilai *error* yang diperoleh sebesar 9,62%. Tabel 10 menunjukkan hasil pengujian sensor pH tanah pada pot 3 dengan pengambilan data sebanyak 20 kali selama 1 hari dengan durasi



2 jam tiap pagi, siang, sore, dan malam. Untuk hasil pengukuran dari sensor pH tanah rata-rata 6,2 tetapi pada pukul 09.04 WIB nilai yang dibaca oleh sensor pH tanah selisihnya jauh, kemungkinan kesalahan dari sensor pH tanah dalam mendeteksi kadar tanah pada pot tersebut. Jadi dari hasil tersebut rata-rata nilai selisih yang diperoleh sebesar 0,63 dan rata-rata nilai *error* yang diperoleh sebesar 10,35%.

Tabel 10. Hasil Pengujian Sensor pH Tanah Pot 3

Data	Jam	Soil pH Analyzer	Tampilan			Selisih	Error (%)
			LCD 4x20	Blynk	Spreadsheet		
1	07.04	6	6,5	6,5	6,5	0,5	8
2	07.34	6	6,56	6,5	6,56	0,56	9,33
3	08.04	6,5	6,07	6	6,07	0,43	6,62
4	08.34	6	6,53	6,5	6,53	0,53	8,83
5	09.04	6	2,69	3	2,69	3,31	55,17
6	11.02	6	5,5	6	5,74	0,5	8,33
7	11.35	6	5,66	5,6	5,6	0,34	5,67
8	12.06	7	7,2	7	7,18	0,2	2,9
9	12.34	6	6,65	6,6	6,64	0,65	10,83
10	13.04	6	6,38	6,4	6,39	0,38	6,33
11	15.04	6,5	6,55	6,5	6,51	0,05	0,77
12	15.34	6,5	5,91	5,9	5,9	0,59	9,08
13	16.04	6	5,67	5,6	5,66	0,33	5,5
14	16.35	6	5,53	5,6	5,51	0,47	7,83
15	17.04	6	5,45	5,4	5,48	0,55	9,17
16	19.06	6,5	6,97	7	6,96	0,47	7,23
17	19.35	6	7,18	7,2	5,07	1,18	19,67
18	20.02	7	7,15	7,2	7,09	0,15	2,14
19	20.37	6	6,9	6,7	7,03	0,9	15
20	21.01	6	6,5	6,2	6,49	0,5	8,33
Rata-rata						0,63	10,35

PEMBAHASAN

Gambar 7 menunjukkan pengujian alat yang dilaksanakan secara langsung di kediaman rumah peneliti yang berada di Desa Gringging, Kecamatan Sambungmacan, Kabupaten Sragen. Pengujian dilakukan dengan pengambilan data selama empat hari dengan waktu 2 jam setiap pagi, siang, sore, dan malam. Pada Tabel 11 merupakan hasil pengujian lapangan hari pertama, dapat dilihat bahwa kelembapan tanah pada pot 1 dan pot 2 selalu berada pada angka 100% sepanjang hari, sehingga pompa untuk pot 1 dan pot 2 tidak pernah menyala. Namun, kondisi berbeda pada pot 3, dimana kelembapan tanah mengalami penurunan beberapa kali, yang menyebabkan pompa pot 3 menyala otomatis karena nilai kelembapan tanah dibawah 70%. Pompa kembali mati ketika kelembapan tanah meningkat menjadi 100%, menunjukkan bahwa sistem penyiraman otomatis berdasarkan sensor sesuai harapan. Pada sensor DHT22, nilai suhu dan kelembapan mengalami perubahan sepanjang hari, suhu saat pagi hari sekitar 26°C dan



meningkat hingga lebih dari 32°C pada siang hari, sebelum kembali menurun pada sore dan malam hari. Untuk kelembapan udara berbanding kebalik dengan suhu, di mana kelembapan udara di pagi hari sekitar 100%, turun saat siang, lalu kembali naik di malam hari. Nilai pH tanah juga lumayan stabil di angka 6,1.

Tabel 11. Pengujian Lapangan Hari Pertama

Jam	K. Tanah 1 (%)	Pompa Air 1	K. Tanah 2 (%)	Pompa Air 2	K. Tanah 3 (%)	Pompa Air 3	RTC	Pompa Pupuk	Suhu (°C)	K. Udara (%)	pH Tanah
07.00	100	Off	100	Off	72	Off	Off	Off	26,4	100	6,37
07.30	100	Off	100	Off	51	On	Off	Off	26,7	98,5	6,58
08.00	100	Off	100	Off	71	Off	Off	Off	27,6	94,5	6,61
08.30	100	Off	100	Off	100	Off	Off	Off	30,1	87,4	6,87
09.00	100	Off	100	Off	100	Off	Off	Off	32,6	77	7,15
11.00	100	Off	100	Off	100	Off	Off	Off	31,6	81,7	6,45
11.30	100	Off	100	Off	100	Off	Off	Off	32,5	78,3	5,6
12.00	100	Off	100	Off	79	Off	Off	Off	32	79,7	6,24
12.30	100	Off	100	Off	70	Off	Off	Off	32,3	80	6,61
13.00	100	Off	100	Off	62	On	Off	Off	32,4	76,5	6,41
15.00	100	Off	100	Off	100	Off	Off	Off	28,2	89,6	6,48
15.30	100	Off	100	Off	100	Off	Off	Off	28,1	90,5	5,93
16.00	100	Off	100	Off	100	Off	Off	Off	28,1	91,9	5,69
16.30	100	Off	100	Off	100	Off	Off	Off	28,4	90,4	5,54
17.00	100	Off	100	Off	100	Off	Off	Off	28,2	93,6	5,41
19.00	100	Off	100	Off	100	Off	Off	Off	26,6	95,9	5,43
19.30	100	Off	100	Off	100	Off	Off	Off	26,3	96,4	5,97
20.00	100	Off	100	Off	69	On	Off	Off	26,7	95,1	6,1
20.30	100	Off	100	Off	100	Off	Off	Off	26,8	95	5,55
21.00	100	Off	100	Off	100	Off	Off	Off	26,5	95,8	6,18

Pada Tabel 12 menunjukkan hasil pengujian lapangan hari kedua, dapat dilihat bahwa sensor kelembapan tanah dan pompa otomatis berjalan sesuai dengan kondisi yang ada di lapangan. Misal pada pukul 11.00 WIB, kelembapan tanah pada pot 1 menurun hingga 68%, dan sistem secara otomatis mengaktifkan pompa untuk menyiram tanaman. Sementara pot 2 dan pot 3 kelembapan tanahnya tinggi, sehingga pompanya tidak menyala. Ini menunjukkan bahwa sistem bekerja dan hanya menyiram pot yang benar-benar membutuhkan air. Pada sensor DHT22, nilai suhu mengalami peningkatan dari pagi hari sampai siang hari, kemudian perlahan menurun menjelang malam. Sedangkan nilai kelembapan udara menurun saat suhu naik, dan kembali naik di sore hingga malam hari. Nilai pH tanah juga stabil di angka 6,4.

Tabel 13 merupakan hasil pengujian lapangan hari ketiga, dapat dilihat bahwa selama satu hari penuh, kelembapan tanah pada ketiga pot cenderung berada di atas 70%, yang berarti tanah masih dalam kondisi normal. Karena itu, ketiga pompa air tidak pernah aktif, yang menunjukkan bahwa sistem otomatis bekerja dengan baik, karena



hanya akan menyiram jika kadar air turun dibawah ambang batas yaitu 70%. Pada pukul 08.00 WIB pompa pupuk aktif hingga pukul 08.05 WIB, hal ini disebabkan karena terdapat penjadwalan oleh modul RTC untuk menyalakan pompa tiap hari senin pukul 08.00 WIB sampai 08.05 WIB. Pada sensor DHT22, nilai suhu tertinggi sekitar pukul 11.30 WIB sampai 12.00 WIB, yaitu 33,9°C, dan suhu mulai menurun menjelang sore hingga malam. Sedangkan untuk nilai kelembapan udara berkebalikan dengan nilai suhu, semakin tinggi suhu, maka kelembapan udara cenderung turun, dan sebaliknya. Untuk nilai pH tanah bisa dibilang cukup stabil di angka 6,4. Tabel 14 merupakan hasil pengujian lapangan hari keempat, dapat dilihat bahwa kelembapan tanah pada ketiga pot selalu berada di atas 70%, bahkan ada yang mencapai 100%. Tetapi pada pukul 15.00 WIB kelembapan tanah pot 1 mengukur nilai yaitu 52% sehingga pompa air nya menyala. Ini berarti sistem otomatis yang digunakan untuk mengatur pompa berdasarkan kadar kelembapan bekerja dengan baik. Sehingga sistem mampu mencegah kelebihan air pada tanaman bonsai. Pada sensor DHT22, nilai suhu tertinggi terjadi sekitar pukul 12.00 WIB sampai 13.00 WIB yaitu 32°C dan setelah itu menurun hingga malam. Sedangkan untuk kelembapan udara lebih tinggi di pagi hari dan malam hari, hingga mencapai 99%, dan menurun saat siang hari. Nilai pH tanah cukup stabil di angka 6,4.

Tabel 12. Pengujian Lapangan Hari Kedua

Jam	K. Tanah 1 (%)	Pompa Air 1	K. Tanah 2 (%)	Pompa Air 2	K. Tanah 3 (%)	Pompa Air 3	RTC	Pompa Pupuk	Suhu (°C)	K. Udara (%)	pH Tanah
07.00	100	Off	100	Off	100	Off	Off	Off	26,7	98	5,8
07.30	100	Off	100	Off	100	Off	Off	Off	27,4	94,4	6,19
08.00	100	Off	100	Off	95	Off	Off	Off	28,7	89,7	5,92
08.30	100	Off	100	Off	100	Off	Off	Off	29,2	88,4	6,59
09.00	100	Off	100	Off	100	Off	Off	Off	33,2	73,9	6,26
11.00	68	On	100	Off	90	Off	Off	Off	31,9	79,7	6,91
11.30	84	Off	80	Off	88	Off	Off	Off	33,2	75	6,47
12.00	77	Off	71	Off	81	Off	Off	Off	33,1	73,3	6,46
12.30	72	Off	81	Off	77	Off	Off	Off	32,9	75	6,43
13.00	73	Off	84	Off	75	Off	Off	Off	32,1	79,9	6,46
15.00	88	Off	92	Off	83	Off	Off	Off	32,1	74,6	6,33
15.30	80	Off	73	Off	79	Off	Off	Off	31,8	75,3	6,41
16.00	84	Off	77	Off	80	Off	Off	Off	31	77,4	6,42
16.30	78	Off	89	Off	72	Off	Off	Off	29,8	82,9	6,4
17.00	83	Off	96	Off	76	Off	Off	Off	29,2	86,4	6,43
19.00	83	Off	93	Off	79	Off	Off	Off	27,4	92	6,43
19.30	84	Off	95	Off	78	Off	Off	Off	27,1	93,3	6,29
20.00	87	Off	97	Off	79	Off	Off	Off	27,2	92,6	6,42
20.30	83	Off	94	Off	76	Off	Off	Off	27	95,2	6,44
21.00	88	Off	97	Off	80	Off	Off	Off	26,9	95,9	6,52



Tabel 13. Pengujian Lapangan Hari Ketiga

Jam	K. Tanah 1 (%)	Pompa Air 1	K. Tanah 2 (%)	Pompa Air 2	K. Tanah 3 (%)	Pompa Air 3	RTC	Pompa Pupuk	Suhu (°C)	K. Udara (%)	pH Tanah
07.00	76	Off	79	Off	86	Off	Off	Off	27,7	94,1	6,15
07.30	73	Off	76	Off	89	Off	Off	Off	28,8	91,8	6,24
08.00	70	Off	75	Off	83	Off	On	On	31,8	79,2	6,32
08.30	81	Off	75	Off	83	Off	Off	Off	32,5	76,1	6,31
09.00	81	Off	71	Off	79	Off	Off	Off	32,5	73,3	6,43
11.00	71	Off	73	Off	80	Off	Off	Off	33,9	67,3	6,28
11.30	71	Off	82	Off	76	Off	Off	Off	34,4	66,8	6,47
12.00	85	Off	70	Off	73	Off	Off	Off	34,5	66	6,6
12.30	80	Off	83	Off	80	Off	Off	Off	34,1	70,7	6,65
13.00	78	Off	81	Off	77	Off	Off	Off	34,6	67,4	6,64
15.00	72	Off	78	Off	75	Off	Off	Off	28,3	85,5	6,27
15.30	73	Off	80	Off	85	Off	Off	Off	28,3	86,1	6,4
16.00	74	Off	84	Off	76	Off	Off	Off	27,3	92,6	6,42
16.30	77	Off	86	Off	80	Off	Off	Off	27,7	92,3	6,48
17.00	75	Off	92	Off	78	Off	Off	Off	26,9	96	6,45
19.00	82	Off	100	Off	81	Off	Off	Off	26,5	96,2	6,77
19.30	80	Off	87	Off	81	Off	Off	Off	26,1	98,4	6,4
20.00	98	Off	100	Off	100	Off	Off	Off	25,6	98,5	6,4
20.30	100	Off	100	Off	100	Off	Off	Off	25,8	98,8	6,45
21.00	100	Off	100	Off	100	Off	Off	Off	25,7	99,1	6,43

Tabel 14. Pengujian Lapangan Hari Keempat

Jam	K. Tanah 1 (%)	Pompa Air 1	K. Tanah 2 (%)	Pompa Air 2	K. Tanah 3 (%)	Pompa Air 3	RTC	Pompa Pupuk	Suhu (°C)	K. Udara (%)	pH Tanah
07.00	100	Off	100	Off	100	Off	Off	Off	25,8	99,1	6,08
07.30	96	Off	100	Off	89	Off	Off	Off	26,5	95,9	6,36
08.00	97	Off	99	Off	88	Off	Off	Off	27,3	92,7	6,5
08.30	96	Off	97	Off	86	Off	Off	Off	29,2	87	6,49
09.00	94	Off	91	Off	81	Off	Off	Off	31,4	77,2	6,51
11.00	85	Off	81	Off	76	Off	Off	Off	31	78,9	6,35
11.30	82	Off	80	Off	83	Off	Off	Off	31,1	79,2	6,46
12.00	84	Off	83	Off	83	Off	Off	Off	32,4	78,6	6,51
12.30	80	Off	80	Off	77	Off	Off	Off	31,4	79,5	6,52
13.00	81	Off	83	Off	77	Off	Off	Off	31,5	77,6	6,46
15.00	52	On	74	Off	80	Off	Off	Off	32,3	72,1	6,63
15.30	74	Off	75	Off	75	Off	Off	Off	31,7	78,8	6,43
16.00	75	Off	78	Off	75	Off	Off	Off	30,4	83,9	5,75
16.30	72	Off	77	Off	74	Off	Off	Off	29,8	86,3	6,43
17.00	76	Off	80	Off	73	Off	Off	Off	29,3	88	6,42
19.00	82	Off	84	Off	83	Off	Off	Off	27,8	95,5	6,36
19.30	81	Off	84	Off	83	Off	Off	Off	27,5	97,5	6,44
20.00	81	Off	85	Off	83	Off	Off	Off	27,6	96,5	6,48
20.30	84	Off	88	Off	86	Off	Off	Off	27,5	95,1	6,54
21.00	83	Off	87	Off	85	Off	Off	Off	27,2	96,3	6,4





Gambar 7. Pengujian Alat pada Tanaman Bonsai

Pengujian Sistem Terhubung Jaringan Internet

Tabel 15. Pengujian Sistem Terhubung ke Internet

Pengujian	Status Internet	Data Terupdate		
		LCD 4x20	<i>Blynk</i>	<i>Spreadsheets</i>
1	Terhubung	Ya	Ya	Ya
2	Terhubung	Ya	Ya	Ya
3	Terhubung	Ya	Ya	Ya
4	Terhubung	Ya	Ya	Ya
5	Terhubung	Ya	Ya	Ya
6	Tidak Terhubung	Ya	Tidak	Tidak
7	Tidak Terhubung	Ya	Tidak	Tidak
8	Tidak Terhubung	Ya	Tidak	Tidak
9	Tidak Terhubung	Ya	Tidak	Tidak
10	Tidak Terhubung	Ya	Tidak	Tidak

Tabel 15 merupakan hasil pengujian sistem terhubung ke internet, dapat dilihat bahwa data selalu berhasil ditampilkan pada LCD, baik saat terhubung ke internet maupun tidak. Ini menunjukkan bahwa tampilan menggunakan LCD tetap berjalan tanpa memerlukan koneksi internet. Sedangkan untuk data yang terkirim ke *blynk* dan *spreadsheet* hanya terjadi saat sistem terhubung ke internet. Saat koneksi internet tidak tersedia, keduanya gagal menerima data. Hal ini terlihat dari pengujian 6, 7, 8, 9, dan 10 yang menunjukkan status “Tidak Terhubung” dan hasilnya “Tidak” untuk *blynk* dan *spreadsheet*. Ketika koneksi tersedia data berhasil terkirim ke *blynk* dan *spreadsheet*.



Sehingga koneksi internet menjadi syarat utama untuk pembaruan data secara *online*, sedangkan LCD tetap bisa menampilkan data secara *offline*, dengan kata lain sistem tetap berjalan tanpa adanya koneksi internet. Jadi koneksi internet tidak mengganggu fungsionalitas sistem.

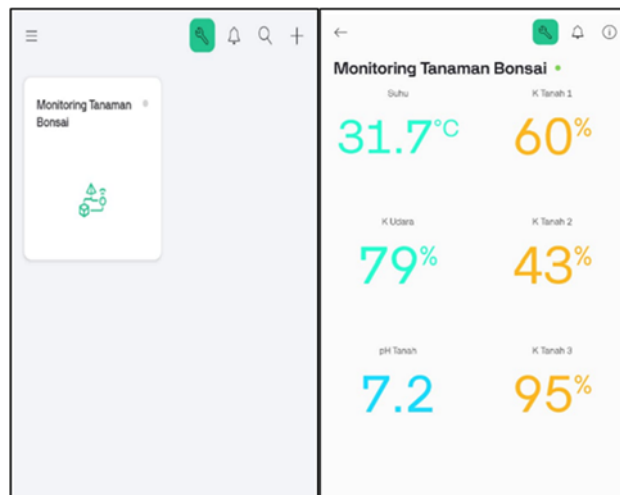
Tampilan pada LCD 4x20, Blynk dan Spreadsheet

Pada alat monitoring suhu dan kelembapan udara serta penyiraman otomatis tanaman bonsai berbasis *internet of things* ini menggunakan 3 tampilan untuk menampilkan nilai yang diukur oleh sensor. Pada Gambar 8 merupakan tampilan pada LCD 4x20, yang ditampilkan pada LCD tersebut antara lain kata “Monitoring T. Bonsai”, nilai suhu, nilai kelembapan udara, nilai pH tanah, nilai kelembapan tanah pot 1 sampai pot 3, klasifikasi dari sensor kelembapan tanah, dan status pompa pupuk. Kemudian Gambar 9 merupakan tampilan pada aplikasi *blynk*, tampilan luar *blynk* terdapat *device* dengan nama “Monitoring Tanaman Bonsai”, kemudian terdapat menu edit *device*, notifikasi, *search device*, dan *add device*. Sedangkan tampilan dalam *device* terdapat parameter yang ditampilkan antara lain suhu, kelembapan udara, kelembapan tanah pot 1 sampai pot 3, serta pH tanah. Tampilan pada *blynk* lebih simple dan elegan sehingga pengguna bisa memantau secara *real-time* sistem monitoring yang sedang berlangsung. Gambar 10 menunjukkan tampilan pada *spreadsheet*, ada beberapa parameter yang ditampilkan pada *spreadsheet* antara lain waktu, nilai kelembapan tanah pada pot 1 sampai pot 3, status pompa pot 1 sampai pot 3, status pompa pupuk, status RTC, nilai suhu dan kelembapan udara, serta nilai dari sensor pH tanah. *Spreadsheet* tersebut bisa dibuka oleh semua orang asalkan mempunyai *link tautan spreadsheet*-nya, dan bisa diunduh. Dapat dibuka melalui *smartphone*, laptop, maupun komputer. Sehingga pengguna bisa melihat riwayat yang sudah terjadi pada sistem monitoring.



Gambar 8. Tampilan LCD 4x20





Gambar 9. Tampilan Blynk

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Waktu	Pot 1 (%)	Pot 1 (Pompa)	Pot 2 (%)	Pot 2 (Pompa)	Pot 3 (%)	Pot 3 (Pompa)	Pompa Pupuk	Kondisi RTC	Suhu (C)	K Udara (%)	pH Tanah
2	22/05/2025 08:11:42	52	ON	64	ON	75	OFF	OFF	OFF	28,8	91,4	6,26
3	22/05/2025 08:12:44	50	ON	57	ON	71	OFF	OFF	OFF	28,7	92,3	6,25
4	22/05/2025 08:13:47	53	ON	60	ON	71	OFF	OFF	OFF	29	92,2	6,31
5	22/05/2025 08:14:49	100	OFF	100	OFF	100	OFF	OFF	OFF	29,4	90,4	6,11
6	22/05/2025 08:15:51	88	OFF	87	OFF	84	OFF	OFF	OFF	29,8	89,5	6,15
7	22/05/2025 08:16:53	91	OFF	85	OFF	68	ON	OFF	OFF	30,4	88,1	6,19
8	22/05/2025 08:17:55	77	OFF	74	OFF	79	OFF	OFF	OFF	30,3	86,6	6,1
9	22/05/2025 08:18:58	48	ON	72	OFF	100	OFF	OFF	OFF	30,3	86,9	5,99
10	22/05/2025 08:19:59	52	ON	77	OFF	100	OFF	OFF	OFF	30,4	85,8	6,2
11	22/05/2025 08:21:01	45	ON	73	OFF	100	OFF	OFF	OFF	30,5	86,4	6,21
12	22/05/2025 08:22:03	50	ON	77	OFF	100	OFF	OFF	OFF	30,8	85,5	6,21

Gambar 10. Tampilan Spreadsheet

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian dan pengujian alat tugas akhir yang berjudul “Sistem Monitoring Suhu dan Kelembapan Udara serta Penyiraman Otomatis Tanaman Bonsai Berbasis *Internet of Things (IoT)* dapat berhasil diselesaikan sesuai dengan rencana dan tujuan awal pembuatan alat. Sistem dapat memonitor suhu, kelembapan udara, kelembapan tanah, dan pH tanah. Ketika nilai sensor kelembapan tanah dibawah 70% maka pompa akan menyala. Untuk penjadwalan pompa pupuk secara otomatis, pompa juga menyala sesuai waktu yang telah ditentukan.. Dengan nilai yang dihasilkan oleh sensor-sensor tersebut dapat membuat pertumbuhan tanaman bonsai lebih baik dari sebelumnya, dan sistem IoT yang diterapkan pada tanaman bonsai tersebut dapat beroperasi dengan baik serta mampu menampilkan hasil dari pembacaan sensor secara akurat dan *real-time*.

Berdasarkan penelitian yang saya lakukan terdapat saran untuk pengembangan sistem *monitoring* tanaman bonsai agar menjadi lebih baik yaitu untuk sumber listrik bisa menggunakan dari sumber energi terbarukan seperti PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya), PLTA (Pembangkit Listrik Tenaga Air), dan lain sebagainya.



UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillah segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas rahmat, karunia, dan petunjuknya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik. Penulis menyadari bahwa penyusunan tugas akhir ini tidak terlepas dari bimbingan, bantuan, dan dukungan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada : Kedua orang tua dan keluarga saya tercinta atas doa dan dukungan yang tak henti-henti. Bapak Mohammad Nasrul Mubin, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, bimbingan, dan dukungan selama proses pembuatan tugas akhir ini. Bapak dan ibu dosen Teknik Elektro atas ilmu dan wawasan yang sudah diberikan selama menjadi mahasiswa Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surakarta. Teman-teman seperjuangan saya yang telah memberikan semangat dan bantuan selama proses pembuatan tugas akhir ini. Serta semua teman-teman Teknik Elektro 2021 yang telah memberikan bantuan baik secara langsung maupun tidak langsung selama menjadi mahasiswa.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. dewi Oryza sativa and A. Dita Serdani, "Bonsai Beringin Dan Serut Sebagai Alternatif Pendapatan Petani Milenial Di Masa Pandemi Covid 19," *VIABEL J. Ilm. Ilmu-Ilmu Pertanian.*, vol. 16, no. 1, pp. 21–28, 2022, doi: 10.35457/viabel.v16i1.1800.
- [2] R. A. P. N. Karyati, Muhammad Syafrudin, Kusno Yuli Widiati, Karmini, Nurlia Valentina Parapat, "Pengetahuan Masyarakat Tentang Tanaman Hias Bonsai Kelapa Di Kelurahan Bukit Biru Kabupaten Kutai Kartanegara," *Pengabd. Masyarakat Madani*, vol. 3, pp. 37–44, 2023.
- [3] N. D. Rahayu, B. Sasmito, and N. Bashit, "Analisis Pengaruh Fenomena Indian Ocean Dipole (IOD) Terhadap Curah Hujan Di Pulau Jawa," *J. Geod. Undip*, vol. 7, no. 1, pp. 57–67, 2018.
- [4] F. Yusran, D. N. Ramadan, and T. N. Damayanti, "Sistem Monitoring pH Tanah dan Penyiraman Otomatis Tanaman Cerdas Berbasis IoT Mikrokontroler pada Bonsai Berjenis Santigi," *e-Proceeding Appl. Sci.*, vol. 9, no. 1, pp. 316–323, 2023.
- [5] R. Ridarmin and Z. P. Pertiwi, "Prototype Penyiram Tanaman Hias Dengan Soil Moisture Sensor Berbasis Arduino," *INFORMATIKA*, vol. 10, no. 1, p. 7, 2018, doi: 10.36723/juri.v10i1.54.
- [6] S. Dwiyatno, E. Krisnaningsih, D. Ryan Hidayat, and Sulistiyono, "S Smart Agriculture Monitoring Penyiraman Tanaman Berbasis Internet of Things," *PROSISKO J. Pengemb. Ris. dan Obs. Sist. Komput.*, vol. 9, no. 1, pp. 38–43, 2022, doi: 10.30656/prosisko.v9i1.4669.
- [7] M. M. E. Satria Wijaya, Lalu Delsi Samsumar, "Perancangan Sistem Monitoring



- Kelembapan Dan Penyiraman Otomatis Tanaman Jagung Berbasis Internet Of Things," *Comput. Sci. Inf. Technol.*, vol. 1, no. 4, pp. 4–6, 2024.
- [8] D. Azhari, M. Hidayatullah, P. A. Topan, and D. Maulidyawati, "Rancang Bangun Alat Penyiram Tanaman Otomatis Menggunakan Sistem IoT Pada Tanaman Bonsai," *J. Elektron. Sains dan Sist. Energi*, vol. 02, no. 02, pp. 206–215, 2023.
- [9] A. F. Hartono, "Sistem Penyiraman Otomatis Pada Tanaman Bonsai Menggunakan Pid," vol. 9, no. 4, pp. 2278–2284, 2023.
- [10] R. A. Setyawan, A. Muttaqin, and H. Khulud, "Aplikasi NODEMCU ESP8266 sebagai Pemantau Suhu dan Kelembaban Ruang Data Center," *J. EECCIS (Electrics, Electron. Commun. Control. Informatics, Syst.)*, vol. 15, no. 1, pp. 23–28, 2022, doi: 10.21776/jeeccis.v15i1.1554.

