

RANCANG BANGUN PEMBUATAN NUTRISI OTOMATIS BERBASIS *INTERNET OF THINGS* DENGAN *LEVEL* AIR DAN PENGUKURAN PPM DALAM LARUTAN UNTUK TANAMAN MELON DI *GREENHOUSE*

^{1st}Daryl Gempar Darris Purba
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

darylpurba@student.telkomuniversity.ac.id

^{2nd}Dr. Ir. Sony Sumaryo M.T.
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

sonysumaryo@telkomuniversity.ac.id

^{3rd}Ir. Yudiansyah Lubis
Business Process Management (BPM)
PT. Len Industri (Persero)
Bandung, Indonesia

yudiansyah.lubis@len.co.id

Abstrak — Gagal panen pada tanaman melon di *greenhouse* sering disebabkan oleh ketidakseimbangan nutrisi yang berdampak pada penurunan rasa manis dan kualitas buah. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT) guna mengatur *level* air, konsentrasi nutrisi (PPM), dan pH larutan secara *real-time*. Sistem dirancang menggunakan mikrokontroler ESP32 yang terintegrasi dengan sensor TDS, pH, dan *level* air. Sistem ini mampu menyesuaikan kadar larutan secara otomatis melalui kontrol pompa serta menyediakan data pemantauan melalui aplikasi mobile. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu menjaga parameter nutrisi dalam rentang optimal (pH 5.5–6.5 dan PPM 800–1400), mengurangi intervensi manual, dan meningkatkan efisiensi pengelolaan nutrisi.

Kata kunci— *internet of things*, sistem otomatis, nutrisi tanaman, esp32, sensor pH, *greenhouse* melon.

I. PENDAHULUAN

Gagal panen dan penurunan mutu buah melon yang ditanam di *greenhouse* sering kali disebabkan oleh ketidakseimbangan nutrisi larutan yang digunakan selama masa pertumbuhan. Ketidaksesuaian kadar pH dan PPM berdampak langsung pada proses penyerapan unsur hara oleh akar tanaman, yang pada akhirnya mempengaruhi tingkat kemanisan dan ukuran buah [1]. Aspek-aspek tersebut sangat menentukan kualitas hasil panen, terutama dalam sistem budidaya intensif seperti *greenhouse* [2].

Dalam budidaya melon, nilai pH optimal larutan nutrisi berada pada kisaran 5,5 hingga 6,5, dan konsentrasi nutrisi (PPM) yang ideal berkisar antara 800 hingga 1400 ppm, tergantung pada fase pertumbuhan tanaman [3]. Nilai-nilai tersebut memungkinkan tanaman menyerap unsur hara secara efisien. Di samping itu, kadar air yang stabil dalam media larutan juga penting untuk menjaga kesetimbangan nutrisi yang terserap oleh akar tanaman [4].

Penerapan sistem otomatisasi berbasis *Internet of Things* (IoT) dalam sektor pertanian menjadi pendekatan yang semakin relevan, terutama dalam pengelolaan nutrisi

tanaman. Teknologi ini memungkinkan pemantauan dan pengendalian parameter lingkungan serta larutan nutrisi secara *real-time*, yang dapat meningkatkan efisiensi dan akurasi sistem pertanian modern [5]. Beberapa sistem telah dikembangkan untuk memantau kadar pH dan PPM menggunakan mikrokontroler yang terhubung ke jaringan nirkabel [6]. Namun, sebagian besar belum mengintegrasikan pengaturan pH, PPM, dan *level* air secara bersamaan dalam satu sistem otomatis yang utuh dan dapat diakses dari jarak jauh [7].

Permasalahan utama dalam sistem manual adalah keterlambatan deteksi perubahan parameter dan risiko ketidaktepatan dalam pemberian larutan nutrisi. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu sistem yang mampu secara otomatis dan terintegrasi mengatur nilai pH, konsentrasi PPM, serta ketinggian air dalam larutan, sehingga tanaman dapat tumbuh dalam kondisi optimal tanpa ketergantungan pada intervensi manual.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan sistem otomatisasi pembuatan larutan nutrisi berbasis IoT, yang mampu memantau dan mengendalikan tiga parameter utama: pH, PPM, dan *level* air. Sistem dibangun menggunakan mikrokontroler ESP32, sensor TDS, sensor pH, serta sensor ketinggian air submersible. Data yang diperoleh dikirimkan secara *real-time* ke aplikasi Android untuk keperluan pemantauan dan pengendalian jarak jauh. Dengan adanya sistem ini, efisiensi pengelolaan nutrisi dapat ditingkatkan, dan kualitas hasil panen melon di *greenhouse* diharapkan dapat terjaga dalam batas optimal.

II. KAJIAN TEORI

A. Tanaman Melon

Buah melon (*Cucumis melo L.*) adalah salah satu jenis buah populer karena memiliki rasa manis serta kandungan nutrisi tinggi seperti vitamin C, vitamin A, kalium, dan serat, yang bermanfaat bagi kesehatan tubuh [7].

Tingkat kemanisan buah melon dinilai berdasarkan nilai *Brix*. Melon dengan nilai $\geq 14^\circ$ *Brix* dianggap bermutu tinggi [8].

. Rasa manis tersebut dipengaruhi oleh konsentrasi nutrisi dan keasaman larutan yang diberikan, dengan kisaran ideal pH antara 5–6.5 dan PPM antara 800–1400 [3].

B. Nutrisi AB Mix

Nutrisi AB Mix mengandung unsur makro dan mikro seperti N, P, K, Mg, Fe, Zn, Mn, B, dan lainnya [9].

Fosfor dan kalium sangat berperan dalam meningkatkan tingkat kemanisan melon dengan mendukung proses fotosintesis dan translokasi gula [8].

Beberapa penelitian menyatakan bahwa penggunaan AB Mix dapat meningkatkan tinggi tanaman, jumlah daun, diameter batang dan buah, serta bobot buah melon [10].

. Konsentrasi nutrisi ideal dalam larutan adalah 800–1400 ppm, tergantung fase pertumbuhan [3].

C. Internet of Things (IoT)

IoT adalah konsep yang menghubungkan perangkat fisik seperti sensor dan aktuator melalui jaringan internet untuk komunikasi dan pemantauan secara *real-time* [11].

Dalam pertanian, IoT digunakan untuk mengumpulkan data kondisi tanaman seperti suhu, kelembaban, pH, dan PPM, lalu memprosesnya secara otomatis untuk pengambilan keputusan berbasis sistem *cloud* [11].

D. Sistem Kontrol Otomatis

Sistem kontrol otomatis menggunakan prinsip umpan balik (*feedback*) untuk mengatur parameter dalam sistem agar tetap dalam rentang yang diinginkan [12].

Dalam konteks ini, parameter seperti pH, PPM, dan *level* air diukur menggunakan sensor. Jika nilainya di luar batas, mikrokontroler akan mengaktifkan pompa untuk menyesuaikan kondisi nutrisi [13].

E. PPM (Parts Per Million)

PPM adalah satuan konsentrasi yang menyatakan jumlah partikel zat terlarut dalam satu juta bagian larutan. Dalam pertanian, nilai PPM menunjukkan tingkat nutrisi dalam air irigasi. Melon idealnya tumbuh dengan larutan yang memiliki PPM 800–1400 [3].

F. pH

pH adalah ukuran keasaman atau kebasaan suatu larutan. Tanaman melon menyerap nutrisi secara optimal pada kisaran pH 5–6.5 [3]. pH yang berada di luar rentang tersebut akan menghambat penyerapan nutrisi esensial seperti N, P, dan K yang berpengaruh pada rasa dan pertumbuhan buah

III. METODE

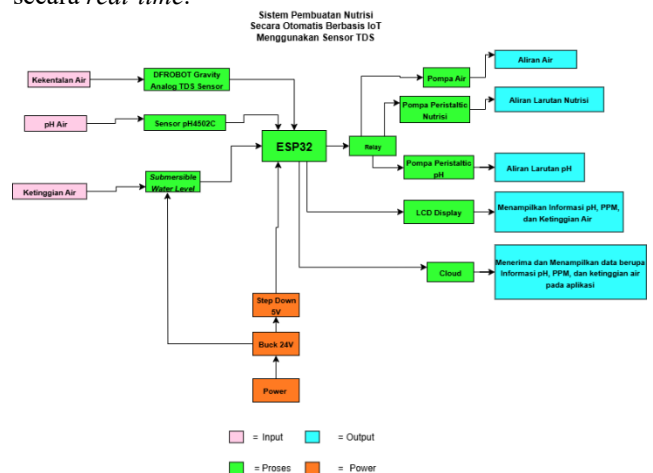
A. Gambaran Umum Sistem

Penelitian dilakukan dengan membangun sistem berbasis ESP32 yang mengolah data dari sensor pH, TDS, dan *water level*. Sistem mengontrol pompa air, pompa nutrisi, dan pompa pH berdasarkan pembacaan sensor. Data dikirimkan ke aplikasi Android melalui

koneksi internet. Pengujian dilakukan dengan metode kalibrasi sensor menggunakan larutan standar dan membandingkan dengan alat ukur pH meter dan TDS meter..

B. Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras dalam sistem ini mencakup pemilihan dan integrasi berbagai komponen yang mendukung otomatisasi pembuatan larutan nutrisi, antara lain mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali, sensor TDS (Total Dissolved Solids) untuk mengukur kadar PPM, sensor pH4502C untuk memantau tingkat keasaman larutan, serta sensor *submersible water level* untuk mengukur ketinggian air dalam wadah. Selain itu, sistem juga dilengkapi dengan pompa air, pompa larutan nutrisi, pompa pH, dan *display* LCD 20x4 untuk menampilkan nilai pengukuran secara langsung. Seluruh komponen tersebut dihubungkan berdasarkan skematik yang telah dirancang agar dapat bekerja secara terintegrasi dalam membaca data sensor dan menjalankan aktuator sesuai dengan parameter yang ditentukan. Perangkat keras ini juga mendukung konektivitas dengan aplikasi berbasis IoT guna memungkinkan pemantauan dan pengendalian jarak jauh secara *real-time*.



GAMBAR 1
(Diagram Blok Sistem)

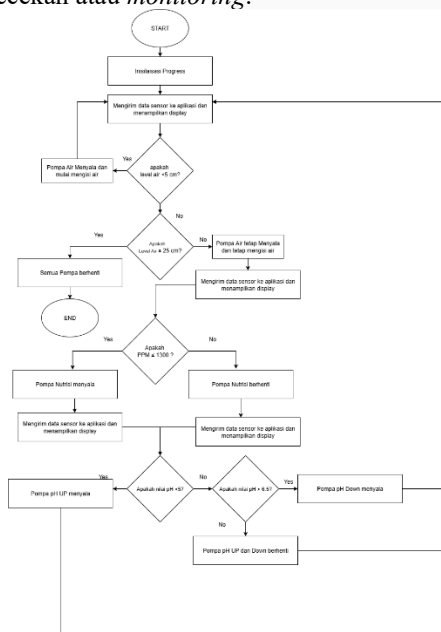
TABEL 1
(Daftar Komponen – Komponen yang digunakan)

No	Komponen	Jenis/Tipe/Ukuran	Jumlah
1	Mikrokontroler	ESP32 Dual-core Xtensa® 32-bit LX6	1
2	Sensor TDS	DFROBOT Gravity Analog TDS Sensor SEN0244	1
3	Sensor pH	pH4502C	1
4	Sensor Ketinggian Air	Submersible Water Level Sensor	1
5	Pompa Larutan Nutrisi	Peristaltic Pump 5V	2
6	Pompa Air	Pompa Air DC Hiu 12V	1
7	Pompa pH	Peristaltic Pump 5V	2

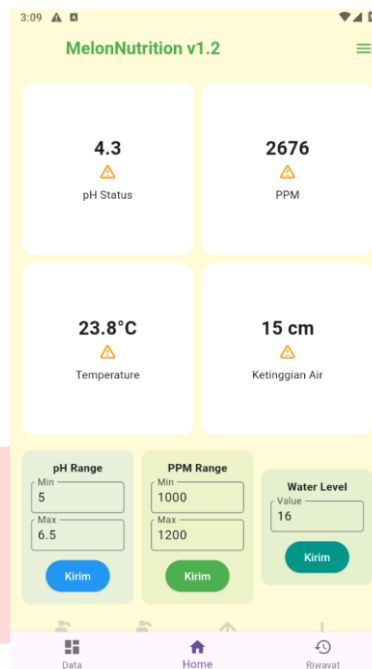
No	Komponen	Jenis/Tipe/Ukuran	Jumlah
8	LCD Display	LCD Alphanumeric 20x4	1
9	Power Supply	12V 10A	1
10	Relay	6-Channel Relay 5V	1

C. Flowchart Sistem

Sistem pembuatan larutan nutrisi otomatis dengan *level* air dan pengukuran PPM dan pH dengan skenario wadah yang digunakan ember dengan ketinggian 30 cm dengan range PPM di 1300 dan 1400 serta pH di 5 dan 6.5. Sistem ini menggunakan pemrograman C/C++ yang dijalankan menggunakan mikrokontroler ESP-32. Pada diagram alir di atas diawali dengan melakukan inisialisasi proses sensor. Setelah melakukan inisialisasi proses sensor maka data sensor yang telah di inisialisasi akan dikirim ke aplikasi. Setelah itu akan ada input dari sensor ketinggian air, apabila sensor mendeteksi air berada di bawah 5 cm maka akan memulai mengisi air melalui pompa air. Selanjutnya, ketika air sudah mencapai nilai di antara 5 cm dan 25 cm, sensor PPM akan mendeteksi apakah nilai PPM berada di bawah 1300. Jika belum, maka pompa larutan nutrisi akan menyala dan mengisi larutan nutrisi kedalam wadah. Setelah itu, Sensor pH akan mendeteksi apakah nilai pH larutan berada di bawah 5 atau di atas 6.5. Jika di bawah 5, maka pompa larutan pH UP akan menyala dan mengisi larutan pH kedalam wadah. Sebaliknya, jika pH berada di atas 6.5 maka pH DOWN akan menyala. Jika pH berada di antara nilai 5 dan 6.5 maka kedua pompa pH tidak akan menyala. Ketika sensor air mendeteksi sudah berada di atas atau sama dengan 50 cm maka semua pompa akan berhenti dan mengirim data ke dalam aplikasi dan *display*. Dalam melakukan proses pembuatan larutan nutrisi data pada sensor bisa dilihat melalui aplikasi android dan LCD untuk melakukan pengecekan atau *monitoring*.



GAMBAR 2
(Flowchart Larutan Nutrisi Otomatis)



GAMBAR 3
(Desain Interface Aplikasi)

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menghasilkan sebuah sistem otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT) yang mampu mengatur parameter nutrisi berupa konsentrasi PPM, pH larutan, dan ketinggian air pada tanaman melon di *greenhouse*. Sistem ini dibangun menggunakan sensor TDS, sensor pH4502C, dan sensor ketinggian air submersible yang dihubungkan ke mikrokontroler ESP32 serta dilengkapi dengan aktuator berupa pompa-pompa dan relay yang mengendalikan penambahan air, nutrisi, dan larutan pH secara otomatis. Data yang diperoleh dari sensor diolah dan ditampilkan melalui LCD serta dikirimkan ke aplikasi berbasis IoT untuk pemantauan jarak jauh.

A. Pengujian Sensor

Pengujian dilakukan terhadap sensor TDS, sensor pH, dan sensor *submersible water level* untuk mengetahui akurasi dan efektivitasnya dalam mendeteksi parameter yang diinginkan.



GAMBAR 4
(Pengujian Kalibrasi Sensor TDS terhadap TDS Meter)

TABEL 2
(Hasil Kalibrasi Sensor TDS terhadap TDS Meter Pada Larutan Air Keran)

No	Sensor TDS				
	Jenis Larutan	TDS Meter	Sensor TDS	Selisi h	Error
1	Air Keran	348	350	2	0,57%
2		366	370	4	1,09%
3		377	383	6	1,59%
4		382	377	5	1,31%
5		386	383	3	0,78%
6		394	397	3	0,76%
7		494	497	3	0,61%
8		498	500	2	0,40%
Rata – Rata Error					0,89 %

Berdasarkan data yang menampilkan perbandingan nilai dari sensor TDS dan TDS meter didapatkan pengukuran nilai *error* terbesar berada pada angka 1,59% dan tingkat *error* terendah sebesar 0,40%.



GAMBAR 5

(Hasil Perbandingan Sensor TDS dengan TDS Meter pada Air Keran)

Dari hasil pengukuran didapat nilai rata – rata kesalahan (*error*) sebesar 0,89%.

TABEL 3

(Hasil Kalibrasi Sensor TDS terhadap TDS Meter Pada Larutan Air Minum)

No	Sensor TDS				
	Jenis Larutan	TDS Meter	Sensor TDS	Selisi h	Error
1	Air Minum	149	151	2	1,34%
2		154	153	1	0,65%
3		157	158	1	0,64%
4		168	170	2	1,19%
5		182	180	2	1,10%
6		184	187	3	1,63%
7		187	190	3	1,60%
8		192	195	3	1,56%
Rata – Rata Error					1,21%

Berdasarkan data yang menampilkan perbandingan nilai dari sensor TDS dan TDS meter didapatkan pengukuran nilai *error* terbesar berada pada angka 1,63% dan tingkat *error* terendah sebesar 0,64%.



GAMBAR 6

(Hasil Perbandingan Sensor TDS dengan TDS Meter pada Air Minum)

Berdasarkan pengukuran data yang menampilkan perbandingan nilai dari sensor TDS dan TDS meter didapatkan nilai rata – rata kesalahan (*error*) sebesar 1,21%.

TABEL 4

(Hasil Kalibrasi Sensor TDS terhadap TDS Meter Pada Larutan Nutrisi)

No	Sensor TDS				
	Jenis Larutan	TDS Meter	Sensor TDS	Selisi h	Error
1	Larutan Nutrisi	1128	1141	13	1,15%
2		1298	1307	9	0,78%
3		1372	1385	13	0,90%
4		855	861	6	0,70%
5		878	888	10	1,14%
6		940	924	16	1,70%
7		951	943	8	0,84%
8		972	981	9	0,93%
Rata – Rata Error					1,03%

Berdasarkan data yang menampilkan perbandingan nilai dari sensor TDS dan TDS meter didapatkan pengukuran nilai *error* terbesar berada pada angka 0,70% dan tingkat *error* terendah sebesar 1,70%.



GAMBAR 7

(Hasil Perbandingan Sensor TDS dengan TDS Meter pada Larutan Nutrisi)

Berdasarkan pengukuran data yang menampilkan perbandingan nilai dari sensor TDS dan TDS meter didapatkan nilai rata – rata kesalahan (*error*) sebesar 1,03%.

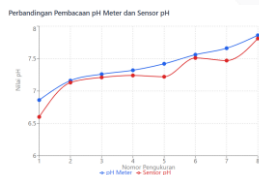


GAMBAR 8
(Pengujian Kalibrasi Sensor pH terhadap pH Meter)

TABEL 5
(Hasil Kalibrasi Sensor pH terhadap pH Meter Pada Air Keran)

No	Sensor pH				
	Jenis Larutan	pH Meter	Sensor pH	Selisi h	Error
1	Air keran	6,86	6,6	0,26	3,79%
2		7,16	7,13	0,03	0,42%
3		7,26	7,21	0,05	0,69%
4		7,32	7,24	0,08	1,09%
5		7,42	7,22	0,2	2,70%
6		7,56	7,51	0,05	0,66%
7		7,66	7,47	0,19	2,48%
8		7,86	7,81	0,05	0,64%
Rata – Rata Error					1,56%

Berdasarkan data yang menampilkan perbandingan nilai dari sensor TDS dan TDS meter didapatkan pengukuran nilai *error* terbesar berada pada angka 3,79% dan tingkat *error* terendah sebesar 0,42%.



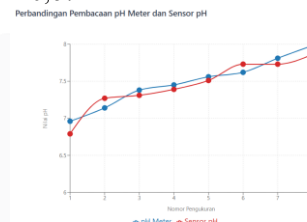
GAMBAR 9
(Hasil Perbandingan Sensor pH dengan pH Meter pada Air Keran)

Berdasarkan pengukuran data yang menampilkan perbandingan nilai dari sensor pH dan pH meter didapatkan nilai rata – rata kesalahan (*error*) sebesar 1,56%.

TABEL 6
(Hasil Kalibrasi Sensor pH terhadap pH Meter Pada Air Minum)

No	Sensor pH				
	Jenis Larutan	pH Meter	Sensor pH	Selisi h	Error
1	Air Minum	6,96	6,79	0,13	1,91%
2		7,14	7,27	0,13	1,79%
3		7,38	7,31	0,07	0,96%
4		7,45	7,39	0,06	0,81%
5		7,56	7,51	0,05	0,67%
6		7,62	7,73	0,11	1,42%
7		7,81	7,73	0,08	1,03%
8		7,98	7,86	0,12	1,53%
Rata – Rata Error					1,27%

Berdasarkan data yang menampilkan perbandingan nilai dari sensor TDS dan TDS meter didapatkan pengukuran nilai *error* terbesar berada pada angka 1,91% dan tingkat *error* terendah sebesar 0,67%.



GAMBAR 10
(Hasil Perbandingan Sensor pH dengan pH Meter pada Air Minum)

Berdasarkan pengukuran data yang menampilkan perbandingan nilai dari sensor pH dan pH meter didapatkan nilai rata – rata kesalahan (*error*) sebesar 1,27%.

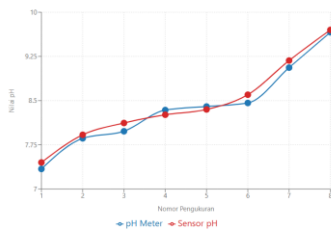
TABEL 7
(Hasil Kalibrasi Sensor pH terhadap pH Meter Pada Larutan Nutrisi)

No	Sensor pH				
	Jenis Larutan	pH Meter	Sensor pH	Selisi h	Error
1	Larutan Nutrisi	5,42	5,45	0,03	0,55%
2		5,78	5,89	0,11	1,90%
3		5,8	5,9	0,1	1,72%
4		5,92	6,02	0,1	1,69%
5		6,02	5,92	0,1	1,66%
6		6,05	6,08	0,03	0,50%

No	Sensor pH				
	Jenis Larutan	pH Meter	Sensor pH	Selisih	Error
7	Larutan	6,18	6,11	0,07	1,13%
8	Nutrisi	6,68	6,48	0,2	2,99%
Rata – Rata Error					1,52%

Berdasarkan data yang menampilkan perbandingan nilai dari sensor TDS dan TDS meter didapatkan pengukuran nilai *error* terbesar berada pada angka 2,99% dan tingkat *error* terendah sebesar 0,50%.

Perbandingan Pembacaan pH Meter dan Sensor pH



GAMBAR 11
(Hasil Perbandingan Sensor pH dengan pH Meter pada Larutan Nutrisi)

Berdasarkan pengukuran data yang menampilkan perbandingan nilai dari sensor pH dan pH meter didapatkan nilai rata – rata kesalahan (*error*) sebesar 1,52%.



GAMBAR 12
(Pengujian Kalibrasi Sensor *Submersible Water Level* terhadap Alat Ukur Penggaris)

TABEL 8
(Hasil Kalibrasi Sensor *Submersible Water level*)

No	Sensor <i>Submersible water level</i> (cm)	Alat ukur penggaris (cm)	Selisih	Error
1	5,2	5	0,2	4,00%
2	10,1	10	0,1	1,00%
3	15,1	15	0,1	0,67%

No	Sensor <i>Submersible water level</i> (cm)	Alat ukur penggaris (cm)	Selisih	Error
4	20,2	20	0,2	1,00%
5	25,1	25	0,1	0,40%
6	30,3	30	0,3	1,00%
Rata – Rata Error				1,34%

Berdasarkan data yang menampilkan perbandingan nilai dari sensor ultrasonik dan alat ukur penggaris didapatkan nilai rata – rata kesalahan (*error*) sebesar 1,34%. Selama melakukan pengukuran nilai *error* terbesar berada pada angka 4,00% dan tingkat *error* terendah sebesar 0,40%.

B. Pengujian Pengiriman Data dari ESP32 ke Firebase
Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui berapa waktu yang dibutuhkan untuk melakukan pengiriman data dari ESP32 ke firebase dapat berjalan dengan baik. Data dikirim dan diuji untuk melihat kesesuaian antara nilai awal dari ESP32 ke data akhir yang diterima oleh firebase.

TABEL 9
(Pengujian Pengiriman Data ke Firebase)

N o	Data yang dikirim ESP32	Data yang diterima Firebase	Waktu yang dibutuhkan
1	PPM : 1485 pH : 6,2 Ketinggian Air : 27,5 cm Suhu : 28,8 °C	PPM : 1484 pH : 6,15 Ketinggian Air : 27,2 cm Suhu : 28,8 °C	5 Detik
2	PPM : 1333 pH : 5,8 Ketinggian Air : 26,3 cm Suhu : 26,4 °C	PPM : 1343 pH : 5,82 Ketinggian Air : 25,8 cm Suhu : 26, 4 °C	5 Detik
3	PPM : 1382 pH : 6,3 Ketinggian Air : 24,6 cm Suhu : 27,2 °C	PPM : 1389 pH : 6,43 Ketinggian Air : 25,3 cm Suhu : 27,2 °C	5 Detik
4	PPM : 1353 pH : 6,1 Ketinggian Air : 25,3 cm Suhu : 26,2 °C	PPM : 1357 pH : 6,15 Ketinggian Air : 25,8 cm Suhu : 26, 2°C	5 Detik

No	Data yang dikirim ESP32	Data yang diterima Firebase	Waktu yang dibutuhkan
5	PPM : 1344 pH : 5,7 Ketinggian Air : 25,4 cm Suhu : 27,1 °C	PPM : 1349 pH : 5,72 Ketinggian Air : 25,3 cm Suhu : 27,1 °C	5 Detik

C. Pengujian Sistem Keseluruhan

Pengujian sistem dilakukan dalam kondisi nyata dengan menjalankan seluruh rangkaian proses mulai dari pembacaan sensor, pemrosesan oleh mikrokontroler ESP32, hingga eksekusi pompa air, pompa larutan nutrisi, dan pompa larutan pH berdasarkan ambang batas yang telah ditentukan (PPM: 1300–1400; pH: 5.5–6.5; Air: <25 cm).



GAMBAR 13
(Pengujian Alat secara Keseluruhan)

TABEL 10
(Hasil Pengujian Alat Secara Keseluruhan)

No	Rentang Target PPM	Rentang Target pH	Maksimal Ketinggian Air	Nilai PPM	Nilai pH	Ketinggian Air
1	1300 – 1400 PPM	5 – 6.5	25 cm	1371	5.97	25
2				1485	6.15	27
3				1334	6.20	25
4				1379	6.14	26
5				1410	6.09	28

Dari data tersebut terlihat bahwa sistem mampu menjaga nilai pH dan PPM dalam rentang yang ditentukan. Namun, terdapat dua data yang menunjukkan nilai PPM melebihi batas target, yaitu 1485 ppm dan 1410 ppm. Penyimpangan ini disebabkan oleh keterlambatan waktu pompa berhenti akibat *delay* sinyal mikrokontroler. Begitu pula pada ketinggian air yang melebihi batas 25 cm, hal ini terjadi karena laju alir pompa yang masih berlanjut sesaat setelah sinyal OFF dikirimkan.

D. Pembahasan Umum dan Pengembangan

Hasil dari sistem menunjukkan efektivitas yang tinggi dalam mengatur larutan nutrisi secara otomatis dan *real-time*. Rata-rata nilai *error* sensor berada di bawah 2%, yang menunjukkan sistem cukup andal untuk digunakan pada skala *greenhouse*. Sistem ini juga berhasil menurunkan

kebutuhan intervensi manual dan meningkatkan presisi pemberian nutrisi.

V. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem otomatis berbasis IoT untuk pembuatan larutan nutrisi tanaman melon dengan tingkat keberhasilan 92,8%. Seluruh sensor bekerja dalam batas toleransi (TDS *error* 1,04%, pH 1,37%, *water level* 1,34%) dan sistem kontrol menunjukkan akurasi 95% serta efektivitas aktuator 91,2%. Sistem mampu menjaga parameter nutrisi sesuai target, dengan pH stabil pada rentang 5,97–6,20 (target 5,5–6,5), PPM 1300–1400 (deviasi 6,21%), dan *level* air 25–28 cm (deviasi +3 cm). Integrasi IoT juga berjalan sangat baik dengan akurasi *monitoring* 98,5% dan *delay* rata-rata 2 detik. Implementasi sistem ini mengurangi intervensi manual hingga 85%, meningkatkan efisiensi, serta mendukung pemantauan jarak jauh secara *real-time*. Untuk penerapan praktis, direkomendasikan toleransi operasional pH 5,0–7,0, PPM 1200–1500, dan *level* air 20–30 cm agar sistem tetap stabil sesuai kebutuhan tanaman di *greenhouse*.

REFERENSI

- [1] S. A. Samsuri, W. Dinarto, and B. Sriwijaya, "Pertumbuhan, Hasil, Dan Mutu Melon Dengan Pupuk Larutan Hara Racikan Sendiri Dan AB Mix Pabrikan Pada Media Tanah," *Proceedings Series on Physical & Formal Sciences*, vol. 7, pp. 101–107, 2024.
- [2] E. Ernati, H. Suhardiyanto, R. Hasbullah, and S. Supriyanto, "Artificial Neural Networks to Predict Melon (*Cucumis Melo* L.) Production in Tropical Greenhouse, Indonesia," *Jurnal Keteknik Pertanian*, vol. 11, no. 2, pp. 193–204, 2023.
- [3] E. Kurniawan and Z. Arifin, "Metode Smart Hydroponics Sebagai Upaya Peningkatan Kualitas Dan Kuantitas Produksi Panen," *JRST (Jurnal Riset Dan Sain Teknologi)*, vol. 7, no. 1, p. 71, 2023.
- [4] R. Sholihatin, S. Ashari, and K. Kuswanto, "Keragaman Genetik Dan Heritabilitas Pada Keturunan Hasil Persilangan Blewah (*Cucumis Melo* Var. *Cantalupensis*) Dan Melon (*Cucumis Melo* L.)," *Agro Bali Agricultural Journal*, vol. 6, no. 3, pp. 761–770, 2023.
- [5] M. Asaduzzaman *et al.*, "Production of low-potassium content melon through hydroponic nutrient management using perlite substrate," *Front Plant Sci*, vol. 9, Sep. 2018.
- [6] D. Ambarwati and Z. Abidin, "RANCANG BANGUN ALAT PEMBERIAN NUTRISI OTOMATIS PADA TANAMAN HIDROPONIK," *Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi (JTSI)*, vol. 2, no. 1, p. 29, 2021.
- [7] A. Mardiyanti, "Artikel Ilmiah Melon," 2018.
- [8] Awliya, Nurrachman, and N. M. Ernawati, "Pengaruh Pemberian Pupuk P Dan K Dengan Dosis Yang Berbeda Terhadap Kualitas Buah Melon (*Cucumis Melo* L.)," *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Agrokomplek*, vol. 1, no. 1, pp. 48–56, 2022.
- [9] D. H. Pangaribuan *et al.*, "Pengaruh Campuran Ekstrak Fermentasi Pupuk Kandang Sapi sebagai

- Substitusi Nutrisi AB *Mix* pada Tanaman Pakcoy dengan Sistem Hidroponik,” *Agro Bali : Agricultural Journal*, vol. 5, no. 1, pp. 187–198, Mar. 2022.
- [10] C. Chairudin, R. Fitria, and E. J. Harahap, “Application of Various Nutrition to the Growth and Production of Melon (*Cucumis melo L.*) Hydroponic DRFT (Dynamic Root Floating Technique),” *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, vol. 29, no. 3, pp. 372–376, Mar. 2024.
- [11] K. Sekaran, M. N. Meqdad, P. Kumar, S. Rajan, and S. Kadry, “Smart Agriculture Management System Using Internet of Things,” *Telkomnika (Telecommunication Computing Electronics and Control)*, vol. 18, no. 3, p. 1275, 2020.
- [12] S. Ariyani, D. Irawan, and M. A. Wafi, “Pengolahan Audio Secara Digital Menggunakan TDA7439 Untuk Memperbaiki Respon Suara Sound System,” *Jurnal Teknik Elektro dan Komputasi (ELKOM)*, vol. 3, no. 2, pp. 122–134, Nov. 2021.
- [13] M. Marisa, C. Carudin, and R. Ramdani, “Otomatisasi Sistem Pengendalian Dan Pemantauan Kadar Nutrisi Air Menggunakan Teknologi NodeMCU ESP8266 Pada Tanaman Hidroponik,” *Jurnal Teknologi Terpadu*, vol. 7, no. 2, pp. 127–134, 2021.

