

Desain Dan Implementasi Roduk *Internet of Things* Untuk Efisiensi Pertanian Hortikultura

1st Fazruli Ahmad
School Of Electrical Engineering
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
fazruliahmad@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Dr. Nyoman Bogi Aditya Karna, S.T., MSEE.
School Of Electrical Engineering
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
aditya@telkomuniversity.ac.id

3rd Made Adi Paramartha Putra, S.T., M.T., Ph.D.
School Of Electrical Engineering
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
adi@primakara.ac.id

Abstrak — Pertanian hortikultura memerlukan sistem pemantauan kondisi lingkungan yang akurat untuk meningkatkan produktivitas dan efisiensi. penelitian ini mengembangkan sistem berbasis *Internet of Things* (IoT) untuk memantau kualitas pH tanah, kualitas udara, dan kecepatan angin secara real-time. Implementasi sistem ini melibatkan pengintegrasian sejumlah perangkat IoT, seperti mikrokontroler esp32, sensor pH, sensor MQ-135, sensor inframerah, dan modul Data Monitoring System (DMS), yang terhubung ke aplikasi seluler bernama PEDAS. Sistem diuji dalam dua tahap utama: pengujian perangkat IoT dan pengujian aplikasi seluler. Hasil pengujian menunjukkan kinerja sistem baik, dengan throughput tinggi, packet loss 0%, serta delay dan jitter dalam kategori baik. Dengan pemantauan yang berkelanjutan, petani dapat memperoleh informasi mengenai kondisi lingkungan yang ideal bagi tanaman mengenai tingkat pH tanah, kualitas udara, dan kecepatan angin sehingga petani/pembudaya taman hortikultura dapat mengambil langkah-langkah yang diperlukan dalam merawat tanamannya dan menurunkan risiko gagal panen.

Kata kunci — *Internet of Things* (IoT), monitoring realtime, kualitas lingkungan, hortikultura, aplikasi mobile.

I. PENDAHULUAN

Pertanian hortikultura memiliki peran strategis dalam penyediaan kebutuhan pangan dan menjaga keseimbangan lingkungan. Namun, efisiensi dalam sektor ini seringkali terhambat oleh keterbatasan dalam memantau kondisi lingkungan secara akurat. Beberapa parameter penting seperti pH tanah, kualitas udara (CO₂), dan kecepatan angin memiliki peran dalam pertumbuhan tanaman hortikultura.

Teknologi IoT memungkinkan sistem pemantauan lingkungan yang lebih cerdas dan otomatis. IoT memungkinkan data dikumpulkan secara real-time dan ditampilkan melalui aplikasi mobile untuk mempermudah pengambilan keputusan petani. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem IoT memantau kondisi lingkungan pertanian hortikultura secara *real-time* dan memberikan informasi yang akurat kepada petani.

II. KAJIAN TEORI

Terdapat berbagai faktor pendukung perancangan implementasi sistem IoT untuk monitoring real-time kualitas lingkungan tanaman hortikultura yang telah dibuat, yang akan dijelaskan pada bagian ini akan dipaparkan materi dasar mengenai hal yang mendukung perancangan implementasi sistem IoT untuk Monitoring Real-Time Kualitas pH tanah, kadar udara dan kecepatan angin. Materi yang dipaparkan merupakan dasar dasar yang digunakan untuk meningkatkan efisiensi sistem yang kami rancang.

A. Parameter Kualitas tanaman hortikultura

Dalam budidaya tanaman hortikultura, kondisi lingkungan sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan dan hasil panen. Oleh karena itu, diperlukan pemantauan parameter kualitas lingkungan yang optimal. Beberapa parameter utama yang harus diperhatikan dalam sistem pemantauan berbasis IoT untuk pertanian hortikultura adalah sebagai berikut:

TABEL 1
Parameter Kualitas tanaman hortikultura

No	Parameter	Satuan	Range
1	pH	-	6-7,5
2	CO ₂	PPM	800-1000
3	Kecepatan angin	m/s	<15

B. *Internet of Things* (IoT)

Sistem monitoring IoT untuk budidaya tanaman hortikultura dirancang untuk memberikan solusi modern dan efisien dalam memantau berbagai parameter lingkungan yang memengaruhi pertumbuhan tanaman. sistem monitoring IoT untuk budaya tanaman hortikultura, perangkat keras dan perangkat lunak diimplementasikan secara terpadu untuk memastikan pengumpulan, pengolahan, dan penyajian data yang optimal. Perangkat keras sistem

terdiri dari sensor pH tanah berbasis analog untuk mengukur tingkat keasaman tanah, sensor gas MQ135 yang digunakan untuk mendeteksi kadar CO₂ di sekitar area budidaya, serta anemometer berbasis sensor infrared yang mengukur kecepatan angin dengan akurasi tinggi. Sensor ini dihubungkan ke mikrokontroler ESP32, yang diprogram untuk mengolah data sensor dan mengirimkannya secara realtime melalui koneksi WiFi ke Firebase Realtime Database dan Firestore.



GAMBAR 1
Sistem monitoring IoT

C. *Quality of Service*

Berdasarkan sejumlah metrik yang mewakili kaliber paket data jaringan, Kualitas Layanan digunakan untuk mengukur kinerja sistem. Tes QoS ini khusus digunakan untuk mengetahui *Delay*, *Jitter*, *Packet Loss*, dan *Throughput*. *Throughput* adalah jumlah data yang berhasil dikirimkan dalam satuan waktu tertentu, yang dipengaruhi oleh *Jitter*, *Packet Loss*, dan *Delay*. *Jitter* menyebabkan ketidakstabilan waktu kedatangan paket data, *Packet Loss* mengurangi jumlah paket yang berhasil diterima, sedangkan *Delay* menentukan seberapa cepat data mencapai tujuannya. Standar QoS ITU-T G.1010 untuk setiap kategori ditampilkan pada tabel di bawah ini, yang akan digunakan untuk membandingkan hasil pengujian yang dilakukan.

TABEL 2
QOS ITU-T G.1010

Kategori	<i>Delay</i>	<i>Jitter</i>	<i>Packet Loss</i>	<i>Throughput</i>
Sangat Bagus	< 150 ms	0 ms	0%	>2100
Bagus	150 s/d 300 ms	0 s/d 75 ms	% s/d 3%	2100
Jelek	300 s/d 450 ms	75 s/d 125 ms	3% s/d 15%	700-1200
Sangat Jelek	> 450 ms	>125	>25%	338-700

D. Firebase

Firebase adalah platform cloud yang berfungsi sebagai basis data waktu nyata untuk menyimpan dan mengelola data hasil pemantauan IoT. Platform ini

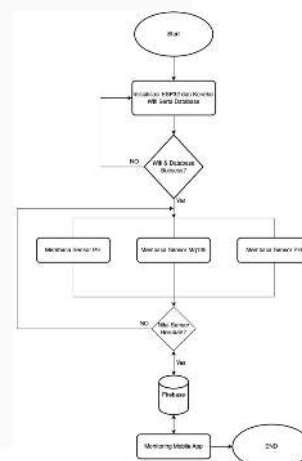
memungkinkan pengguna untuk mengakses, memperbarui, dan menyinkronkan informasi melalui perangkat mobile maupun aplikasi berbasis web secara efisien dan aman.

III. METODE

sistem monitoring IoT untuk budaya tanaman hortikultura, perangkat keras dan perangkat lunak diimplementasikan secara terpadu untuk memastikan pengumpulan, pengolahan, dan penyajian data yang optimal. Perangkat keras sistem terdiri dari sensor pH tanah berbasis analog untuk mengukur tingkat keasaman tanah, sensor gas MQ135 yang digunakan untuk mendeteksi kadar CO₂ di sekitar area budidaya, serta anemometer berbasis sensor infrared yang mengukur kecepatan angin dengan akurasi tinggi. Semua sensor ini dihubungkan ke mikrokontroler ESP32, yang diprogram untuk mengolah data sensor dan mengirimkannya secara real-time melalui koneksi WiFi ke Firebase Realtime Database dan Firestore akan dilakukan seperti diagram alur berikut :

A. Perancangan Sistem Monitoring

Perancangan sistem monitoring kualitas tanaman hortikultura berbasis IoT. Dimulai dari ESP32 mengambil data dari sensor lalu dikirim ke database melalui jaringan internet untuk melakukan penyimpanan data. Hasil data real-time akan ditampilkan pada mobile application sehingga user dapat mulai memonitor dan melakukan tindakan preventif sesuai kebutuhan

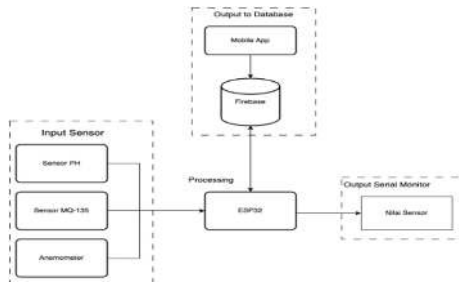


GAMBAR 2
Flowcard System

B. Perancangan Hardware Monitoring

Dalam penelitian ini sistem sensor pada alat dapat Dalam penelitian ini sistem sensor pada alat dapat ditampilkan pada mobile application. Sensor monitoring yang digunakan adalah sensor pH tanah, sensor kualitas udara (CO₂), dan sensor kecepatan angin. ESP32 yang telah disambungkan pada sumber energi akan mengambil data dari sensor kemudian dikirim ke database yang dihubungkan melalui modul

WiFi. Data akan dapat dipantau melalui dashboard mobile application yang telah terintegrasi dengan database.



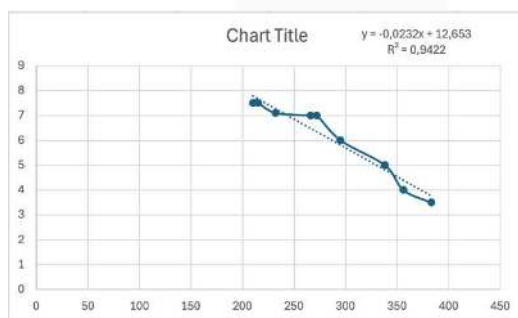
GAMBAR 3
Blok Diagram Sensor

C. Kalibrasi Sensor

Kalibrasi Agar sistem dapat bekerja dengan tingkat akurasi yang tinggi, dilakukan kalibrasi terhadap sensor yang digunakan. Kalibrasi bertujuan untuk memastikan setiap sensor memberikan data yang akurat dan dapat diandalkan. Langkah-langkah kalibrasi meliputi:

1. Sensor Ph Tanah

Proses kalibrasi sensor pH dilakukan dengan metode regresi linear di mana pH yang diukur oleh sensor ini dijadikan sebagai variabel Y, dan pH yang diukur oleh sensor pH digital dijadikan sebagai variabel X. Nilai R² (koefisien determinasi) sebesar 0.9422 menunjukkan bahwa model regresi linear sangat baik dalam menjelaskan. Sensor pH dianggap cukup akurat dan efektif dalam pengujian ph tanah meskipun tidak sepenuhnya presisi dengan pH digital

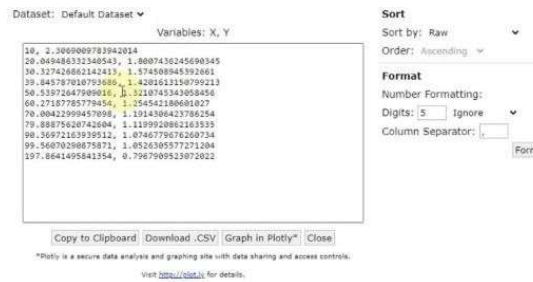


GAMBAR 4
kalibrasi sensor pH

2. Sensor MQ-135

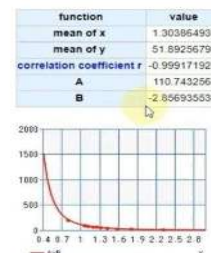
Proses pengambilan data untuk kalibrasi sensor MQ135 dilakukan dengan beberapa langkah utama menggunakan aplikasi WebPlotDigitizer dan *Web Power Regression Calculator*. Grafik karakteristik sensitivitas sensor MQ-135 terhadap gas CO₂ ditampilkan dalam bentuk logaritmik. Sumbu X mewakili konsentrasi CO₂ dalam satuan PPM (Parts Per Million). Sumbu Y mewakili rasio resistansi sensor (Rs/Ro) pada konsentrasi gas tertentu dibandingkan dengan resistansi dalam udara bersih.

untuk mencari nilai x dan y kita perlu ekstraksi Titik-Titik koordinat diambil dari grafik menggunakan aplikasi WebPlotDigitizer



GAMBAR 5
sumber x dan y

Nilai yang diperoleh dari sumbu X dan Y dimasukkan ke dalam Web Power Regression Calculator. Data dimasukkan dengan cara terbalik, yaitu sumbu X dimasukkan ke kolom Y, dan sumbu Y dimasukkan ke kolom X. Hasilnya digunakan untuk menghitung konstanta A dan B dalam persamaan regresi $y = Ax^b$



GAMBAR 6
nilai a dan b

Implementasi kalibrasi sensor MQ-135 dalam kode program dilakukan untuk memastikan akurasi dalam membaca konsentrasi CO₂. Nilai R₀ (resistansi dalam udara bersih) dan parameter A dan B Berikut kode untuk mengatur parameter tersebut:

```

MQ135.setRegressionMethod(1);
MQ135.setA(110.74);
MQ135.setB(-2.856);
MQ135.init();
float calcR0 = 0;
for (int i = 1; i <= 10; i++) {
    MQ135.update();
    calcR0 +=
    MQ135.calibrate(RatioMQ135CleanAir);
    delay(1000);
}
MQ135.setR0(calcR0 / 10);
  
```

sensor membaca resistansi di udara bersih selama 10 kali untuk menghitung nilai referensi R₀. Nilai rata-rata R₀ digunakan sebagai dasar untuk menghitung konsentrasi gas di masa depan. Setelah kalibrasi selesai, sensor siap digunakan untuk memantau konsentrasi gas. Nilai tegangan dari sensor dikonversi menjadi resistansi (Rs), lalu

dibandingkan dengan R_0 untuk menghitung konsentrasi CO_2 menggunakan persamaan $PPM = 110.47 * ratio^{-2.862}$. Di mana nilai set $a(110.74)$ dan $b(-2.856)$ ini didapat dari hasil data nilai sumbu x dan y yang di kalkulaor menggunakan web power regression kalkulaor dan ratio adalah rasio antara resistansi sensor dalam udara bersih dan resistansi sensor dalam gas CO_2 terdeteksi

3. Sensor infrared

kalibrasi anemometer yang dikembangkan bertujuan untuk memastikan bahwa pembacaan kecepatan angin yang dihasilkan oleh Sensor infrared pada anemometer hasil cetak 3D memiliki akurasi yang sesuai dengan standar anemometer pabrian. Kalibrasi dilakukan dengan mengukur kecepatan angin melalui beberapa langkah yang melibatkan beberapa perhitungan jumlah putaran dan penkonversian kecepatan linear. Setiap kali baling-baling berputar, sensor IR menghasilkan tiga pulsa. Oleh karena itu, untuk menghitung jumlah putaran, digunakan rumus:

$$\text{Jumlah Putaran} = \frac{\text{jumlah pulsa}}{3}$$

Jumlah Pulsa" adalah total pulsa yang diterima dari sensor dalam periode waktu tertentu. Setelah itu, ditempuh oleh baling-baling dalam satu putaran dihitung menggunakan rumus keliling lingkaran:

$$\text{jarak per putaran} = 2\pi r$$

r adalah radius baling-baling dalam meter. Misalnya, jika radius baling-baling adalah 0,13 meter, maka jarak per putaran adalah

$$\text{jarak per putaran} = 2.3,14159.0,13 \approx 0,816m$$

jumlah putaran dan jarak per putaran, kecepatan angin dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{kecepatan angin} = \frac{\text{Jumlah Putaran} * \text{Jarak per Putaran}}{t}$$

t adalah waktu dalam detik. Jika pengukuran dilakukan setiap 5 detik, rumusnya menjadi

$$\text{kecepatan angin} = \frac{\text{Jumlah Putaran} * \text{Jarak per Putaran}}{5}$$

```
float calculateWindSpeed(int rotations) {
    const float pi = 3.14159; // Nilai π
    float distancePerRotation = 2 * pi * radius;
    return (rotations * distancePerRotation) / 5.0;
}
```

fungsi `calculateWindSpeed` digunakan untuk menghitung kecepatan angin berdasarkan jumlah putaran baling-baling yang terdeteksi oleh sensor infrared. Fungsi ini menerima parameter `rotations`, yang mengambil jumlah putaran baling-baling dalam periode waktu tertentu. Nilai konstanta π (π) digunakan untuk menghitung keliling lingkaran berdasarkan rumus $2\pi r$, di mana radius adalah jari-jari baling-baling dalam satuan meter. Hasil dari perkalian jumlah putaran dengan jarak tempuh per putaran kemudian dibagi dengan 5.0, yang

merepresentasikan durasi pengukuran dalam detik. Dengan cara ini, fungsi tersebut mengembalikan nilai kecepatan angin dalam meter per detik.

4. Perancangan application android

Aplikasi Android monitoring adalah perangkat lunak yang digunakan untuk memantau, dan mengelola perangkat IoT melalui ponsel Android. Aplikasi ini dapat digunakan untuk mengakses data dari perangkat IoT. Aplikasi dalam sistem ini dinamakan aplikasi "Pedas Monitoring System". Pembuatan aplikasi mobile ini dikembangkan menggunakan bahasa Kotlin melalui Android Studio. Adapun Aplikasi Pedas Monitoring System ini terdiri dari tiga halaman utama, yaitu Home, History, dan Plants. Aplikasi ini memanfaatkan Firebase Firestore untuk pengelolaan data realtime, sehingga pengguna dapat melihat data monitoring dan hasil prediksi secara langsung.



GAMBAR 7

Tampilan Keseluruhan Mobile Application

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Proses pengujian

Pengujian perangkat IoT dilakukan dengan metode Quality of Service (QoS)[16] untuk mengevaluasi keakuratan dan kinerja sistem dalam mengumpulkan serta mengirimkan data. Pengukuran QoS mencakup beberapa parameter utama, yaitu throughput, packet loss, delay, dan jitter, yang bertujuan untuk menilai responsifitas, stabilitas, serta kecepatan transmisi data dari perangkat ke aplikasi pemantauan. Selain itu, dilakukan pula pengujian menggunakan alat standar guna membandingkan hasil pengukuran dari sensor IoT dengan referensi yang lebih akurat. Pengambilan data dilakukan secara berkala dengan durasi total 24 jam per sesi, dimulai pada 15 Desember 2024, dengan skala pengambilan data setiap 2 jam pada pukul 00:00 hingga 22:00

pengujian aplikasi mobile "pedasappkotlin" dilakukan pengukuran utilitas resource yang menggunakan Profiler dalam pengujian ini. Profiler ini sangat penting untuk memastikan aplikasi yang efisien, bebas lag, dan tidak boros memori atau baterai. lalu ada juga analyzer yang digunakan untuk memeriksa dan meningkatkan kualitas, performa, serta pemeliharaan aplikasi Android

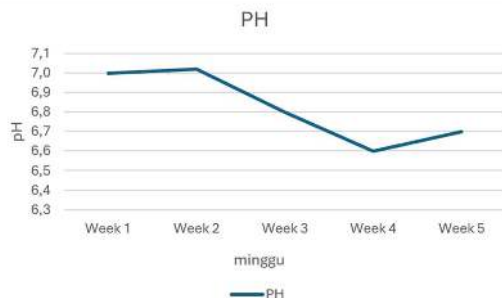
B. Analisis dan Hasil Pengujian

Pada perangkat IoT, dilakukan pengujian terhadap beberapa parameter lingkungan yang berpengaruh langsung terhadap pertumbuhan tanaman hortikultura, khususnya tanaman cabai. Parameter yang diamati meliputi pH tanah, kadar CO₂ dalam udara, dan kecepatan angin

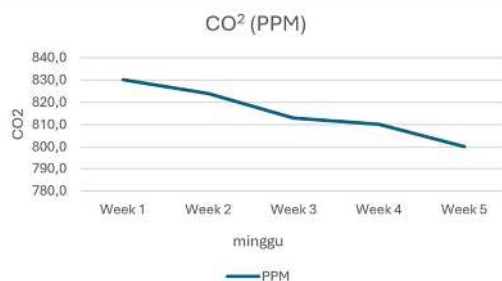
Nilai pH berkisar antara 5.97 hingga 7.23, sepanjang pengukuran. Ini menunjukkan bahwa kondisi tanah sangat stabil dan tidak ada fluktuasi yang signifikan selama periode pengamatan

periode pengamatan Kualitas udara (CO₂) rata-rata pada nilai 800 hingga 900 ppm sepanjang pengukuran. Ini menunjukkan bahwa kondisi lingkungan terkait CO₂ sangat stabil masih berada dalam batas normal untuk tanaman hortikultura seperti cabai. selama periode pengamatan. Kestabilan ppm ini mengindikasikan bahwa lingkungan pertumbuhan tanaman tetap terjaga

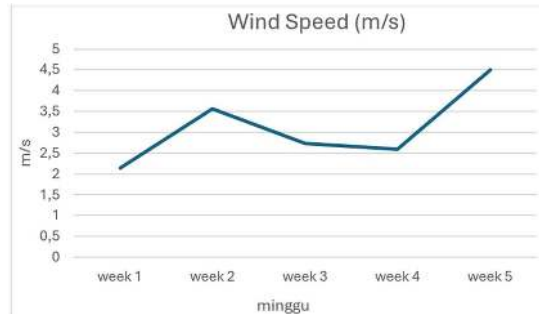
Kecepatan angin rata-rata berkisar antara 0 m/s hingga 15 m/s, yang menunjukkan kondisi udara yang stabil dengan hanya sedikit fluktuasi dan masih berada dalam batas normal untuk tanaman hortikultura seperti cabai.



GAMBAR 8
pengujian pH



GAMBAR 9
pengujian PPM



GAMBAR 10
pengujian Wind speed

Pengujian aplikasi yang telah dilakukan dengan berbagai cara berhasil menunjukkan 49 data yang baik dan sesuai dengan apa yang diharapkan. Berikut adalah analisis hasil data dari setiap aspek yang diujikan. pemeriksaan menyeluruh pada setiap fitur dan desain yang aktif pada "PedasAppKotlin", hasil pengujian menunjukkan bahwasanya aplikasi dapat berjalan sesuai dengan fungsinya. Pada tahap awal pengujian kita akan langsung diarahkan ke Home dan menampilkan tampilan awal dari aplikasi.

Halaman plants/display 3 sensor pada aplikasi juga diuji dan menunjukkan performa yang memuaskan. Status dari setiap sensor yang memantau pH tanah, kecepatan angin, dan kualitas udara (CO₂) dapat ditampilkan sesuai memberikan informasi yang relevan, seperti kondisi aktif atau tidaknya perangkat, sehingga memudahkan pengguna untuk memahami situasi lingkungan tanaman hortikultura.

fitur history yang ada di aplikasi pedasappkotlin ini juga sudah di test untuk penyimpanan data yang sudah ada pengambilan datanya. Di halaman history ini juga tersedia fitur kalender untuk memudahkan kita untuk mencari data dari hasil kinerja sensor IoT dari aplikasi ini dengan hasil yang baik dan lancer. Semua parameter sensor seperti pH tanah, kecepatan angin (anemometer), dan kualitas udara CO₂ (ppm) berhasil ditampilkan secara real-time. Hasil ini menunjukkan bahwa integrasi aplikasi dengan sensor IoT telah berhasil dilakukan dengan baik melalui firebase, sehingga mampu menyediakan data yang akurat dan selalu terkini bagi pengguna.

Secara keseluruhan, pengujian ini menunjukkan bahwa aplikasi PedasAppKotlin telah memenuhi spesifikasi yang dirancang dan mampu berfungsi optimal dalam semua skenario pengujian. Tidak ditemukan kesalahan maupun bug, sehingga aplikasi ini dinyatakan siap untuk diluncurkan dan digunakan oleh pengguna.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, sistem *Internet of Things* (IoT) yang

dikembangkan terbukti mampu berfungsi dengan baik dalam mendeteksi dan memantau parameter lingkungan, seperti pH tanah, kualitas udara, dan kecepatan angin. Implementasi fitur-fitur dalam aplikasi "PedasAppKotlin" menunjukkan efektivitas dalam proses pemantauan tanaman hortikultura secara *real-time*, sehingga dapat membantu petani dalam mengambil keputusan yang lebih tepat.

Efektivitas proses pertanian, dengan mengurangi ketergantungan pada pemantauan manual serta meminimalkan potensi kesalahan dalam pengelolaan lingkungan pertumbuhan tanaman. Dengan demikian, penggunaan teknologi IoT dalam pertanian hortikultura memberikan solusi inovatif yang mendukung produktivitas dan keberlanjutan sektor pertanian. Dapat disimpulkan bahwa penelitian ini tidak hanya membuktikan keberhasilan sistem dalam memantau parameter lingkungan tanaman hortikultura, tetapi juga membuka peluang pengembangan lebih lanjut untuk meningkatkan kinerja dan efektivitasnya. Dengan menerapkan saran perbaikan dan inovasi yang telah diusulkan, diharapkan sistem ini dapat terus berkembang dan memberikan kontribusi yang lebih besar dalam mendukung pertanian hortikultura yang lebih modern, efisien, dan berbasis teknologi.

- [10]. Natalia, Y. & Sutabri, T. (2024). Rancangan Sistem Pemantauan Lingkungan Berbasis IoT untuk Pertanian Padi. Jurnal Sains dan Teknologi Informasi.

REFERENSI

- [1]. Puspitasari, D. (2023). Bencana Alam (Banjir dan Kekeringan) Penghambat Produksi Hortikultura. Direktorat Jenderal Hortikultura.
- [2]. Aminuddin, N. & J. (2016). Pengaruh Kecepatan Angin terhadap Evapotranspirasi. *Journal of Islamic Science and Technology*, 2(28).
- [3]. Aini, E. N. (2019). Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Pendapatan Petani Tanaman Hortikultura.
- [4]. Pebriwanto, N., et al. (2024). Rancang Bangun Smart Agriculture untuk Tanaman Hortikultura Menggunakan Mikrokontroler. *ENTRIES Journal*.
- [5]. Arfan, M. (2021). Analisis QoS pada Perangkat Smarthome Berbasis Internet of Things. Universitas Sriwijaya.
- [6]. Sanjaya Umbu, A. B. (2023). Analisis Grafik Karakteristik Sensitivitas Sensor MQ-135. *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*.
- [7]. Pratama, R. A. (2024). Pengembangan Aplikasi Android dengan Kotlin: Panduan Praktis untuk Pemula. *Duniadata.org*.
- [8]. Karta, R. D. (2022). Perancangan Alat Pendeteksi Kecepatan Serta Arah Mata Angin. *JASENS Journal*.
- [9]. Aulia, R., et al. (2023). Penerapan IoT di Lingkungan Dinas Tanaman Pangan. *Journal of Indonesian Social Society*