

DASHBOARD IOT UNTUK PEMANTAUAN LINGKUNGAN HIDROPONIK BERBASIS WEB

IOT DASHBOARD FOR WEB-BASED HYDROPONIC ENVIRONMENTAL

MONITORING

1st Muhammad Arhizal Ashshiddiqi
Fakultas Ilmu Terapan
line 3: *nama organisasi*
Telkom University
Bandung, Indonesia
Arhizal@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Dr. Prajna Deshanta Ibnugraha
Fakultas Ilmu Terapan
Telkom University
Bandung, Indonesia
prajna@telkomuniversity.ac.id

3rd Sugondo Hadiyoso
Fakultas Ilmu Terapan
Telkom University
Bandung, Indonesia
sugondo@telkomuniversity.ac.id

Penelitian ini membahas perancangan dan implementasi sistem dashboard pemantauan lingkungan pada instalasi hidroponik berbasis Internet of Things (IoT). Sistem ini bertujuan menyediakan solusi pemantauan parameter lingkungan yang efisien dan terintegrasi, meliputi Total Dissolved Solids (TDS), pH larutan, serta ketinggian air. Perangkat keras sistem menggunakan mikrokontroler ESP32 yang dikoneksikan dengan sensor-sensor terkait dan aktuator, dengan proses konfigurasi dan pemrograman dilakukan melalui platform open-source. Data dari sensor dikirim ke Firebase Realtime Database untuk ditampilkan secara langsung pada antarmuka web, dan disimpan ke MySQL untuk keperluan dokumentasi data historikal. Visualisasi data ditampilkan dalam bentuk grafik menggunakan Chart.js, sedangkan fitur notifikasi otomatis diterapkan untuk mendeteksi kondisi yang melewati ambang batas. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem bekerja secara stabil dan mampu menyajikan data pemantauan secara akurat. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi kontribusi bagi pengembangan sistem monitoring hidroponik yang adaptif, terjangkau, dan mudah direplikasi untuk keperluan pertanian presisi skala kecil maupun komersial.

Kata kunci— internet of things, hidroponik, esp32, firebase, dashboard web, pemantauan lingkungan

I. PENDAHULUAN

Pertanian hidroponik telah mengalami perkembangan yang pesat sebagai solusi alternatif dalam sistem pertanian modern, terutama di wilayah dengan keterbatasan lahan[1]. Metode ini memungkinkan budidaya tanaman tanpa media tanah, melainkan menggunakan larutan nutrisi sebagai media tumbuh, sehingga dinilai lebih efisien dalam pemanfaatan air, ruang, dan kontrol hara. Keberhasilan sistem hidroponik sangat bergantung pada kestabilan berbagai parameter lingkungan[2], seperti kadar nutrisi, tingkat keasaman (pH), dan ketinggian air. Ketidakseimbangan dalam parameter tersebut dapat berdampak negatif terhadap pertumbuhan tanaman, bahkan dapat menyebabkan kegagalan panen. Sayangnya, sebagian besar petani hidroponik masih mengandalkan pemantauan manual yang tidak hanya tidak

efisien, tetapi juga rentan terhadap kesalahan pencatatan dan keterlambatan pengambilan keputusan[3].

Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) menghadirkan peluang baru dalam otomatisasi dan digitalisasi sistem pertanian. Integrasi sensor dan mikrokontroler memungkinkan pemantauan lingkungan secara real-time dan berkelanjutan tanpa intervensi manusia. Studi terdahulu menunjukkan bahwa pemanfaatan mikrokontroler seperti ESP8266, ESP32, dan sensor lingkungan dapat meningkatkan akurasi pemantauan sistem hidroponik[4]. Namun, implementasi IoT pada sistem hidroponik sebagian besar masih bersifat parsial, terbatas pada parameter tertentu, serta belum terintegrasi dalam satu sistem yang menyatukan sensor, database, dan antarmuka visual[5].

Melihat kebutuhan akan sistem monitoring yang lebih terpadu, pengembangan dashboard berbasis web menjadi penting[6]. Dashboard ini memungkinkan visualisasi data sensor secara langsung dan terpusat, sehingga pengguna dapat memantau kondisi tanaman secara efisien, mengambil keputusan secara cepat, dan meminimalisir potensi kerusakan akibat kondisi lingkungan yang tidak sesuai. Meskipun beberapa studi telah mengembangkan sistem serupa, banyak yang masih terbatas dari segi jumlah parameter yang dipantau, keterbatasan fitur interaktif, serta kurangnya integrasi penuh antara perangkat keras dan lunak[7]. Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan sebuah sistem dashboard pemantauan berbasis web yang terintegrasi dengan teknologi IoT. Sistem ini dirancang untuk memantau parameter-parameter krusial dalam budidaya hidroponik, termasuk Total Dissolved Solids (TDS), pH air, ketinggian air, serta status aktuator seperti solenoid valve dan sistem pemupukan, guna mendukung efisiensi, akurasi, dan keberlanjutan sistem pertanian hidroponik modern.

II. KAJIAN TEORI

A. Dashboard Web

Dashboard web merupakan antarmuka yang berfungsi untuk menyajikan data secara interaktif dalam bentuk grafik, tabel, maupun elemen informasi lainnya guna memudahkan pemantauan sistem secara menyeluruh. Dalam konteks pemantauan lingkungan hidroponik, dashboard ini dirancang untuk menampilkan parameter-parameter penting seperti pH, TDS, dan ketinggian air secara real-time dan historis, menggunakan pustaka visualisasi seperti Chart.js. Dashboard terdiri atas tiga bagian utama, yaitu halaman Home, dashboard untuk visualisasi data terkini, dan halaman Riwayat Sensor yang menampilkan data historis dari basis data relasional. Dashboard berperan sebagai pusat monitoring yang mendukung pengambilan keputusan berbasis data aktual.

B. Firebase Realtime Database

Firebase Realtime Database merupakan platform penyimpanan data berbasis cloud. Pada sistem monitoring hidroponik, Firebase berperan sebagai pusat penerima data dari mikrokontroler ESP32 yang terhubung dengan jaringan Wi-Fi. Setiap data sensor yang dikirim akan langsung ditampilkan ke dashboard web, serta diteruskan ke basis data MySQL[8].

C. Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) merupakan konsep teknologi yang memungkinkan perangkat keras seperti sensor, mikrokontroler, hingga aktuator terhubung dalam jaringan internet untuk saling bertukar data secara otomatis. Perangkat-perangkat ini bekerja secara terintegrasi untuk mengukur, mengirim, dan merespons informasi lingkungan tanpa perlu intervensi manual. Dalam implementasi pada sistem hidroponik, IoT menjadi elemen penting yang memungkinkan sensor mencatat parameter lingkungan seperti pH, TDS, dan ketinggian air, lalu dikirimkan melalui koneksi nirkabel ke Firebase untuk divisualisasikan secara langsung melalui dashboard. IoT juga berperan dalam mengaktifkan aktuator seperti pompa atau katup secara otomatis berdasarkan data yang diterima.

D. Mikrokontroler ESP32

ESP32 adalah mikrokontroler hemat daya dengan arsitektur dual-core yang dilengkapi konektivitas Wi-Fi dan Bluetooth. Dalam sistem hidroponik, ESP32 berfungsi membaca data dari sensor, mengirimkan data ke Firebase, serta mengontrol aktuator seperti pompa dan katup secara otomatis berdasarkan nilai ambang. Mikrokontroler ini mendukung berbagai protokol komunikasi dan pemrograman melalui Arduino IDE atau MicroPython, serta mampu menjalankan multitasking untuk pengolahan data dan kendali perangkat[9].

E. MySQL

MySQL merupakan sistem manajemen basis data relasional open-source yang digunakan untuk menyimpan data secara

terstruktur dalam bentuk tabel. Dalam sistem pemantauan hidroponik, MySQL berfungsi menyimpan data historis dari sensor seperti pH, TDS, dan ketinggian air, lengkap dengan penanda waktu. Data yang dikirim dari Firebase akan diteruskan ke MySQL melalui backend, lalu ditampilkan kembali di dashboard melalui halaman Riwayat Sensor. Penggunaan MySQL mendukung pencatatan jangka panjang, analisis tren parameter, serta pengambilan keputusan berbasis data historis yang tersimpan secara konsisten[10].

F. Sensor

Sensor berperan penting dalam sistem pemantauan hidroponik berbasis IoT karena bertugas mengukur parameter lingkungan. Sistem ini menggunakan sensor TDS untuk mengukur total zat terlarut, sensor pH untuk tingkat keasaman larutan, dan sensor ultrasonik A02YYUW untuk mendeteksi tinggi permukaan air. Data dari sensor dikirim ke ESP32 untuk diproses dan diteruskan ke platform penyimpanan. Penggunaan sensor ini mendukung pemantauan yang lebih presisi, otomatisasi sistem, serta mengurangi potensi kesalahan dari pemantauan manual.

G. Gtmetrix

Tujuan dari uji coba ini adalah untuk menilai kinerja antarmuka pengguna dari sistem pemantauan hidroponik berbasis web. Kecepatan pemuatan halaman, interaktivitas, dan kestabilan tampilan adalah metrik yang paling penting untuk menjamin pengalaman pengguna yang lancar dan efisien[11]. Pengujian ini menggunakan GTmetrix, sebuah platform analisis kinerja web yang umum digunakan untuk mengukur efisiensi front-end berdasarkan sejumlah parameter penting, seperti kecepatan interaksi, waktu pemuatan konten, dan kestabilan elemen tata letak[12].

H. Postman API

Sebuah pengujian dilakukan untuk mengevaluasi keandalan dan waktu respon API yang digunakan dalam sistem pemantauan hidroponik berbasis web, khususnya pada endpoint untuk menampilkan data historis sensor pada halaman Riwayat Sensor. Pengujian dilakukan secara langsung menggunakan Postman, dengan mengirimkan permintaan HTTP GET ke endpoint backend yang mengambil data dari Firebase dan menyinkronkannya ke MySQL[13]. Fokus utama pengujian ini adalah mengukur ketepatan respons dalam mengirim data sensor, memvalidasi struktur data JSON yang dikembalikan, serta mengidentifikasi potensi kesalahan saat server menerima beban permintaan secara berulang. Hasil pengujian digunakan untuk memastikan bahwa integrasi API berjalan stabil, dapat diakses oleh dashboard web tanpa hambatan, dan mendukung fungsi pemantauan yang akurat serta berkelanjutan[14].

I. Black-Box

Pengujian dilakukan menggunakan pendekatan Black-Box Testing untuk mengevaluasi fungsionalitas sistem dari sisi pengguna tanpa melihat kode program. Setiap fitur utama, seperti navigasi halaman, penampilan data sensor

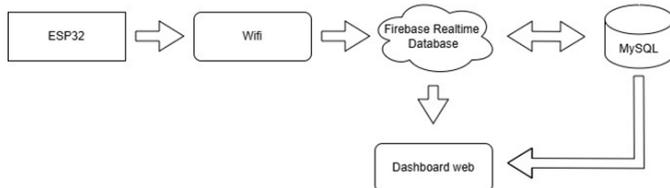
pada Dashboard, serta pemanggilan data historis pada halaman Riwayat Sensor, diuji berdasarkan input dan output yang diharapkan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem merespons sesuai dengan spesifikasi, termasuk tampilan grafik, elemen card, dan struktur tabel data. Pendekatan ini memastikan bahwa aplikasi web berjalan stabil, dapat digunakan sebagaimana mestinya, dan memenuhi kebutuhan pengguna akhir[15].

III. METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan rekayasa sistem berbasis teknologi Internet of Things (IoT) untuk merancang dan mengimplementasikan dashboard pemantauan lingkungan hidroponik berbasis web. Metode yang digunakan adalah metode eksperimen rekayasa prototipe yang bertujuan untuk membangun dan menguji sistem secara langsung di lingkungan terkontrol.

3.1 Pengembangan Sistem

Gambar 3.1 merupakan pengembangan sistem pemantauan lingkungan hidroponik berbasis web yang dibangun menggunakan arsitektur Internet of Things (IoT). Proses dimulai dari perangkat ESP32 yang bertugas membaca data dari sensor lingkungan, kemudian mengirimkan data tersebut melalui koneksi Wi-Fi ke Firebase Realtime Database. Firebase berfungsi sebagai media penyimpanan awal yang terhubung dengan dashboard web untuk menampilkan data dalam bentuk visual interaktif.

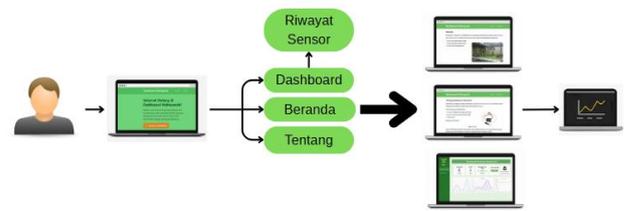


Gambar 1. 1 Pengembangan Sistem

Selanjutnya, data yang masuk ke Firebase diteruskan ke MySQL melalui mekanisme backend untuk disimpan sebagai data historis. Dashboard web juga dapat mengakses data tersebut dari MySQL melalui API untuk menampilkan riwayat parameter lingkungan. Integrasi ini memungkinkan sistem menjalankan proses pemantauan dan pencatatan data secara menyeluruh, mencakup pembacaan, pengiriman, penyimpanan, dan visualisasi data sensor.

3.2 Gambaran Umum Aplikasi

Aplikasi web yang dikembangkan dalam penelitian ini merupakan komponen inti dari sistem pemantauan lingkungan hidroponik berbasis Internet of Things (IoT), yang dirancang untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi dalam proses budidaya tanaman. Sistem terdiri dari dua bagian utama, yaitu antarmuka pengguna (user interface) dan sistem pemrosesan serta penyimpanan data yang berasal dari perangkat IoT. Tujuan utama dari pengembangan aplikasi ini adalah untuk memberikan akses pemantauan kondisi lingkungan secara aktual maupun historis kepada pengguna, khususnya pelaku budidaya hidroponik, guna mendukung pengambilan keputusan yang cepat dan tepat terhadap perubahan parameter lingkungan.

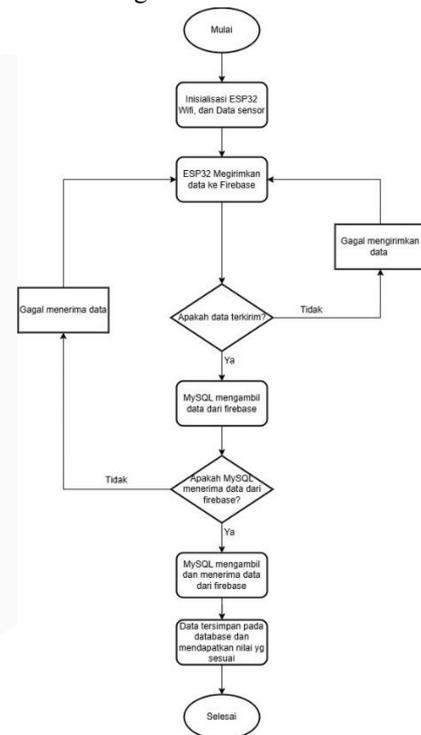


Gambar 1. 2 Gambaran Umum Aplikasi

Tampilan aplikasi web terdiri atas tiga halaman utama, yaitu Home, Dashboard, dan Riwayat Sensor. Halaman Home berfungsi sebagai halaman awal yang menyediakan tautan menuju dashboard dan navigasi ke bagian beranda serta informasi tentang sistem. Halaman Dashboard menyajikan data sensor dalam bentuk elemen visual seperti kartu dan grafik interaktif yang dibangun menggunakan pustaka Chart.js, dengan tujuan mempermudah pemahaman kondisi lingkungan secara keseluruhan. Sementara itu, halaman Riwayat Sensor menampilkan data historis yang tersimpan dalam basis data MySQL dalam format tabel terstruktur. Melalui halaman ini, pengguna dapat meninjau dan mengevaluasi performa sistem berdasarkan rekaman data yang telah terdokumentasi.

3.3 Tahapan Pengembangan Sistem

1. Diagram Alir Pengiriman Data



Gambar 1. 3 Diagram Alir Pengiriman Data

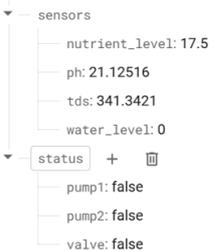
Gambar 3.3 menunjukkan diagram alir proses pengiriman data dari sensor lingkungan ke sistem penyimpanan berbasis cloud dan lokal. Proses ini dimulai dengan mengaktifkan perangkat mikrokontroler ESP32, yang bertanggung jawab untuk mengaktifkan konektivitas jaringan WiFi dan membaca data dari sensor lingkungan yang terhubung, seperti sensor pH, TDS, dan ultrasonik. Setelah data dikumpulkan dengan sukses, ESP32

dapat mengirimkan data ke layanan Firebase secara langsung menggunakan protokol komunikasi yang didukung oleh library Firebase untuk ESP32. Dengan menggunakan Firebase sebagai media penyimpanan sementara, data dapat ditampilkan secara instan pada halaman dashboard berbasis web. Selanjutnya, sistem memverifikasi apakah proses pengiriman data berhasil. Jika tidak, sistem akan memberikan notifikasi kesalahan dan menghentikan proses untuk sementara waktu. Namun, sistem backend akan mengambil data dari Firebase setelah mereka menerimanya, dan kemudian disimpan secara permanen ke dalam basis data MySQL. Repositori data historis MySQL menampilkan data dalam tabel pada halaman riwayat sensor. Selain itu, proses ini melibatkan validasi data agar sesuai dengan format dan nilai yang diharapkan. Setiap data yang disimpan akan memiliki timestamp, atau penanda waktu, yang akan digunakan sebagai acuan kronologis untuk setiap entri yang diterima. Diagram ini menunjukkan bahwa sistem telah dirancang secara sistematis, terintegrasi, dan memiliki kemampuan untuk menangani alur data dari sensor ke penyimpanan dengan mempertimbangkan konsistensi dan keandalan.

2. Struktur Data Firebase Realtime Database

<https://hidroponik-1be67-default-rtdb.asia-southeast1.firebaseio.com>

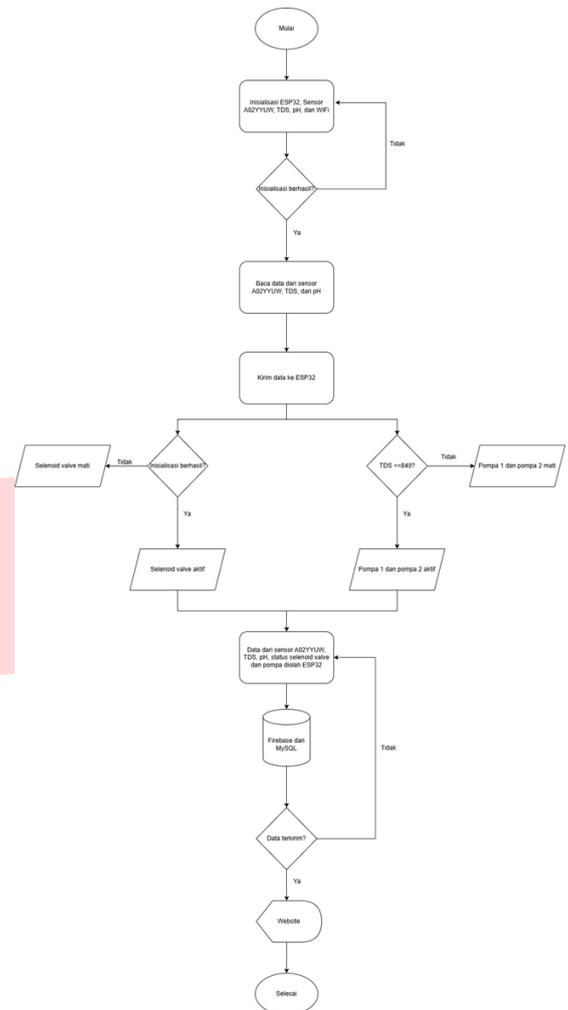
<https://hidroponik-1be67-default-rtdb.asia-southeast1.firebaseio.com/>



Gambar 1. 4 Struktur Firebase Realtime Database

Struktur Database Realtime Firebase terdiri dari dua komponen utama: node sensor dan node status. Node sensor menyimpan data hasil pembacaan sensor lingkungan, seperti nutrient_level, ph, tds, dan level air. Sementara itu, node status menyimpan status logika aktuator, seperti pump1, pump2, dan valve, yang masing-masing diwakili dalam format Boolean, yang berarti benar atau salah. Struktur hierarkis ini memungkinkan pengelompokan data sensor dan aktuator secara terpisah tetapi tetap terintegrasi dalam sistem monitoring berbasis Firebase.

3. Flowchart Keseluruhan Sistem

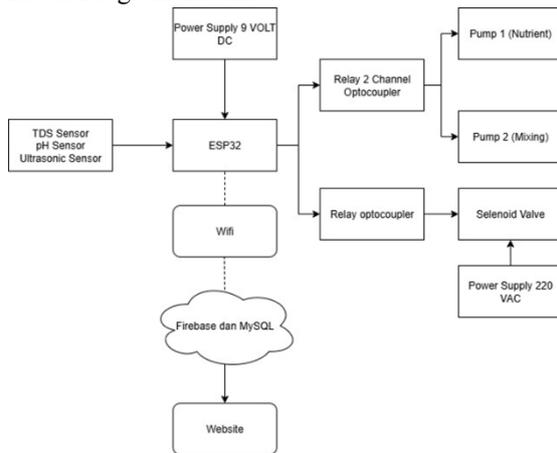


Gambar 1. 5 Flowchart Keseluruhan Sistem

Flowchart seluruh sistem pemantauan lingkungan hidroponik berbasis Internet of Things (IoT) yang menunjukkan langkah-langkah operasional yang berbeda, mulai dari inisialisasi proses dan berakhir dengan penyebaran data ke antarmuka web. Proses dimulai dengan mikrokontroler ESP32 mengaktifkan modul Wi-Fi dan sensor ultrasonik A02YYUW untuk mengukur ketinggian air, sensor TDS (Total Dissolved Solids), dan sensor pH. Setelah diaktifkan, sistem membaca semua data dari sensor dan mengirimkannya ke mikrokontroler untuk diproses lebih lanjut. Sistem mengontrol aktuator berdasarkan nilai pembacaan TDS. Apabila nilai TDS kurang dari atau sama dengan 840 ppm, pompa nutrisi 1 dan 2 akan diaktifkan. Selain itu, logika sistem juga mengontrol kondisi solenoid valve. Selanjutnya, nilai sensor dan status aktuator diproses oleh ESP32 dan dikirim ke Firebase Realtime Database untuk memungkinkan visualisasi data secara real-time. Untuk dokumentasi historis, data juga disimpan ke dalam basis data MySQL. Proses verifikasi dilakukan untuk memastikan pengiriman data berhasil. Dalam sistem pemantauan, data akan ditampilkan pada antarmuka web dalam bentuk tabel dan grafik setelah data dikirim. Seluruh proses berjalan secara berkesinambungan untuk mendukung akuisisi dan

visualisasi data lingkungan sistem hidroponik yang efisien.

4. Block Diagram Sistem



Gambar 1. 6 Block Diagram Sistem

Arsitektur pemantauan dan pengendalian lingkungan hidroponik berbasis Internet of Things (IoT) digambarkan dalam blok diagram seluruh sistem pada Gambar 3.5. Arsitektur ini terdiri dari komponen sensor, aktuator, jaringan komunikasi Wi-Fi, mikrokontroler, dan pusat pengolahan data yang diaktifkan oleh mikrokontroler ESP32. Tiga jenis sensor-sensor TDS, sensor pH, dan sensor ultrasonik (A02YYUW) dimasukkan ke ESP32 untuk mengukur parameter kualitas larutan nutrisi hidroponik. Untuk visualisasi data, hasil pengukuran dikirim ke Firebase Realtime Database melalui koneksi Wi-Fi, dan juga ke basis data MySQL untuk keperluan penyimpanan riwayat. Antarmuka web menampilkan semua data dalam bentuk tabel, angka, dan grafik. Dirancang untuk menjalankan proses pemantauan dan pengendalian nutrisi hidroponik secara otomatis dan terintegrasi dalam satu platform berbasis web, ESP32 di sisi aktuator mengontrol dua pompa—pompa nutrisi dan pompa mixing—melalui modul relay optocoupler dua kanal. Selain itu, ada solenoid valve yang diatur melalui relay optocoupler terpisah dan didukung oleh daya 220 VAC.

3.3 Skenario Pengujian

Pengujian dilakukan berdasarkan tiga skenario utama sebagai berikut:

1. Skenario Pengujian Kinerja Web

Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja antarmuka depan (front-end) dari dashboard web yang dibuat, terutama dalam hal kecepatan pemuatan elemen visual dan interaktivitas halaman. Ini dilakukan dengan menggunakan GTmetrix, alat analisis performa berbasis web yang umum digunakan untuk mengevaluasi efisiensi pemuatan halaman serta parameter penting yang memengaruhi pengalaman pengguna [16].

2. Skenario Pengujian Fungsional

Tujuan pengujian fungsional dashboard web adalah untuk memastikan bahwa semua fitur antarmuka pengguna

penting berjalan sesuai dengan spesifikasi sistem. Uji kotak hitam adalah metode pengujian yang efektif di mana fokusnya adalah pada output yang dihasilkan berdasarkan input yang diberikan [17].

3. Skenario Pengujian API

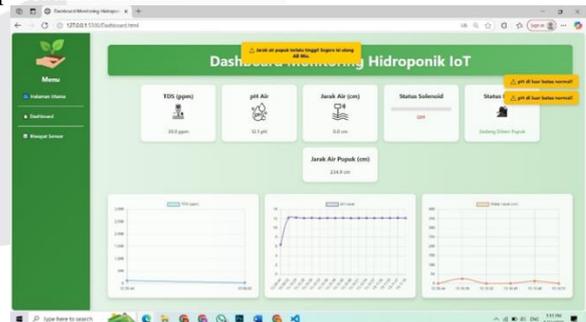
Untuk mendukung integrasi data antara backend dan antarmuka pengguna, API diuji untuk menangani permintaan data dari frontend, khususnya pada endpoint yang menampilkan data historis sensor. Pengujian ini mencakup faktor seperti waktu respons, throughput, kestabilan performa, dan tingkat kesalahan selama komunikasi data [18]. Tujuannya adalah memastikan bahwa API dapat menangani permintaan data dengan cepat, akurat, dan tanpa gangguan [19].

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas hasil dari proses pengembangan sistem dashboard monitoring lingkungan hidroponik berbasis web yang telah dirancang dan diimplementasikan. Fokus utama dari pembahasan ini adalah menjawab permasalahan yang diangkat dalam penelitian, khususnya terkait dengan keterbatasan pemantauan manual pada sistem hidroponik yang memerlukan data parameter lingkungan secara akurat dan berkelanjutan.

4.1 Hasil Akhir (Luaran)

Hasil akhir dari proyek ini adalah sebuah sistem monitoring lingkungan hidroponik berbasis web yang dirancang untuk mendeteksi dan menampilkan data lingkungan seperti total padatan terlarut dalam air, tingkat keasaman larutan, ketinggian air dan nutrisi dalam wadah penampungan. Sistem ini memiliki kemampuan untuk memantau parameter penting instalasi hidroponik secara akurat dan menyeluruh. Mikrokontroler ESP32 berfungsi sebagai komponen utama yang membaca data dari sensor, kemudian mengirimkannya ke Firebase Realtime Database dan menyimpannya secara historis ke dalam MySQL untuk keperluan evaluasi.



Gambar 1. 7 Dashboard Monitoring



Gambar 1. 8 Implementasi Dashboard Monitoring

1. Pemantauan Data melalui Antarmuka Web Sistem antarmuka dashboard berbasis web menampilkan data hasil pemantauan lingkungan hidroponik. Nilai TDS, pH, ketinggian, dan status nutrisi air ditunjukkan. Dengan menggunakan pustaka Chart.js, data dapat disajikan dalam bentuk grafik interaktif yang terorganisir dan mudah dilihat.
2. Integrasi Sensor dengan Mikrokontroler Mikrokontroler ESP32 digunakan untuk membaca data dari sensor lingkungan yang telah terpasang. Data yang dikumpulkan dikirim ke Firebase dan backend sistem secara nirkabel. ESP32 merekam status perangkat aktuator seperti pompa air, pompa nutrisi, dan solenoid valve selain parameter lingkungan. Ini memungkinkan sistem untuk menampilkan kondisi perangkat fisik secara langsung pada dashboard.
3. Penyimpanan dan Akses Riwayat Data Informasi yang diperoleh dari sensor disimpan dalam sistem backend berbasis Node.js dan disimpan dalam basis data MySQL. Selanjutnya, data historis ditampilkan dalam bentuk tabel kronologis pada halaman tertentu di dashboard. Penyimpanan ini memungkinkan evaluasi berbasis data masa lalu dan pemantauan tren perubahan parameter lingkungan.
4. Fitur Notifikasi Otomatis Sistem dibuat berdasarkan logika ambang batas untuk setiap parameter lingkungan. Dashboard akan menampilkan pemberitahuan visual dalam bentuk peringatan ketika nilai sensor melampaui atau berada di luar batas yang telah ditentukan.
5. Keamanan dan Pertukaran Data: Application Programming Interface (API) memudahkan pertukaran data antara frontend dan backend. Format data JSON mendukung kompatibilitas dengan sistem visualisasi dan memastikan transmisi data yang efisien. Sistem juga meminimalkan keterlambatan akses data untuk memastikan bahwa komponen tetap terhubung satu sama lain.

4.2 Pengujian Luaran

Pengujian luaran dilakukan untuk memastikan bahwa keluaran (output) sistem yang dikembangkan memenuhi tujuan perancangan dan kebutuhan pengguna.

1. Pengujian Kinerja Web

Tujuan dari uji coba ini adalah untuk menilai kinerja antarmuka pengguna dari sistem pemantauan hidroponik berbasis web yang baru dibuat. Kecepatan pemuatan halaman, interaktivitas, dan kestabilan tampilan adalah metrik yang paling penting untuk menjamin pengalaman pengguna yang lancar dan efisien.

Pengujian ini menggunakan GTmetrix, sebuah platform analisis kinerja web yang umum digunakan untuk mengukur efisiensi front-end berdasarkan sejumlah parameter penting, seperti kecepatan interaksi, waktu pemuatan konten, dan kestabilan elemen tata letak.

First Contentful Paint ::	1.1s	Time to Interactive ::	1.3s
Speed Index ::	1.2s	Total Blocking Time ::	0ms
Largest Contentful Paint ::	1.1s	Cumulative Layout Shift ::	0.01

Gambar 1. 9 Pengujian Kinerja Web

Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa dashboard web memiliki performa front-end yang sangat baik. Semua metrik menunjukkan kinerja yang stabil dan tidak menunjukkan masalah teknis seperti loading lambat, tampilan yang tidak stabil, atau keterlambatan interaksi. Dashboard ini memberikan pengalaman penggunaan yang cepat dan mudah dengan waktu pemuatan dan interaksi rata-rata di bawah 1.5 detik[20]. Selain itu, layout halamannya stabil dan tidak bergerak[21]. Hal ini sangat penting untuk sistem monitoring berbasis web karena memungkinkan pengguna mengumpulkan data dan mengambil tindakan dengan cepat.

2. Pengujian Fungsional Web

Untuk memastikan seluruh fitur pada dashboard sistem monitoring hidroponik berfungsi sesuai spesifikasi, dilakukan pengujian fungsional terhadap antarmuka web. Pengujian ini difokuskan pada keandalan komponen frontend dalam menampilkan data, menerima interaksi pengguna, dan menyajikan informasi secara akurat dari backend. Pengujian Black-Box dilakukan tanpa melihat kode internal, dengan penguji berinteraksi langsung melalui antarmuka web seperti pengguna akhir. Proses dimulai dari aktivasi ESP32, pengiriman data ke Firebase, penerusan ke backend, hingga tampilan di dashboard. Perangkat keras seperti pompa dan solenoid juga diuji untuk memastikan statusnya tercatat akurat pada antarmuka.



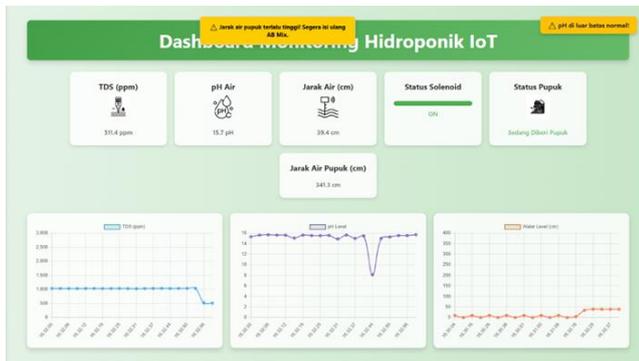
Gambar 1. 10 Halaman Home



Gambar 1. 11 Halaman Beranda



Gambar 1. 12 Halaman Tentang



Gambar 1. 13 Halaman Dashboard

Hasil pengujian menunjukkan bahwa semua fitur penting dashboard beroperasi dengan baik. Pertama, nilai sensor seperti total zat cair (TDS), pH, dan ketinggian air dapat ditampilkan secara dinamis dalam bentuk angka dan grafik. Ketika kondisi lingkungan berubah, seperti menambahkan larutan nutrisi atau mengurangi volume air, perubahan nilai langsung ditampilkan di dashboard. Grafik yang dibuat dengan Chart.js dapat secara otomatis memperbarui data dan menunjukkan tren dalam waktu tertentu. Perangkat keras seperti solenoid valve, pompa nutrisi, dan pompa air dapat dilihat dan ditampilkan secara langsung pada dashboard. Ikon status perangkat berubah secara real-time sesuai dengan kondisi lapangan saat perangkat diaktifkan atau dinonaktifkan. Ini menunjukkan bahwa frontend, ESP32, dan komunikasinya berjalan secara sinkron dan andal[22]. Fitur notifikasi ambang batas diuji dalam skenario ekstrim, seperti nilai pH di bawah 5,5 atau TDS lebih dari 1300 ppm[23]. Di antarmuka pengguna, sistem menampilkan peringatan visual dalam bentuk pesan berwarna dengan baik. Sangat bermanfaat untuk meningkatkan kewaspadaan terhadap kondisi lingkungan yang tidak ideal karena notifikasi ini muncul secara otomatis dan tidak memerlukan intervensi manual dari pengguna.

Gambar 1. 14 Halaman Riwayat Sensor

Halaman "Riwayat Sensor" menampilkan data yang diambil dari API backend MySQL. Nilai sensor, waktu pencatatan, dan status aktuator ditampilkan dalam tabel kronologis. Menelusuri data lama dan melakukan analisis berdasarkan riwayat kondisi lingkungan menjadi mudah bagi pengguna. Hasil pengujian menunjukkan bahwa semua fitur utama dashboard web berjalan sesuai harapan. Keakuratan data yang ditunjukkan dan kemampuan sistem untuk secara langsung menanggapi kondisi lapangan menunjukkan bahwa komunikasi antara frontend dan backend berjalan lancar. Visualisasi data yang stabil memudahkan pengguna melihat perubahan lingkungan. Selain itu, Firebase sebagai perantara data aktual dan MySQL sebagai penyimpan riwayat dapat diintegrasikan secara bersamaan dalam satu sistem. Error tampilan, bug grafik, atau ketidaksesuaian antara status perangkat fisik dan indikator digital tidak ditemukan. Pengujian ini menunjukkan bahwa sistem dashboard lengkap dan akurat.

3. Pengujian API

Pengujian API ini menggunakan postman dengan memasukkan link endpoint backend ke fitur runner postman. Pengujian ini menggunakan 10 virtual user dalam waktu satu menit.



Gambar 1. 15 Hasil Pengujian API

Hasil pengujian throughput pada endpoint <http://www.itmaintenan> menunjukkan bahwa sistem berjalan dengan baik. Sepanjang pengujian, tercatat 427 permintaan, dengan throughput rata-rata 6,23 per detik[12]. Nilai P90 adalah 147 milidetik, dan waktu respons rata-rata 83 milidetik, menunjukkan bahwa 90% dari permintaan menerima respons di bawah nilai ini. Selain itu, tidak ditemukan kesalahan selama pengujian, dengan tingkat error 0,00%. Grafik performa menunjukkan bahwa sistem dapat mempertahankan stabilitas respons meskipun jumlah permintaan berubah-ubah.

4.3 Analisa Hasil Pengujian

Hasil pengujian yang dilakukan pada sistem dashboard pemantauan hidroponik berbasis Internet of Things menunjukkan bahwa setiap komponen sistem beroperasi dengan baik, stabil, dan sesuai dengan spesifikasi yang dirancang. Performa front-end yang sangat baik ditunjukkan melalui pengujian kinerja antarmuka web menggunakan GTmetrix; waktu pemuatan dan interaksi rata-rata kurang dari 1,5 detik, dan tampilan halaman yang stabil tanpa pergeseran elemen mendukung pengalaman pengguna yang efisien dan responsif. Semua fitur utama dashboard, termasuk visualisasi data sensor (pH, TDS, dan ketinggian air), indikator perangkat (pompa, solenoid valve), dan notifikasi ambang batas, berjalan secara dinamis dan akurat, menurut pengujian fungsional menggunakan metode black-box. Selain itu, integrasi data antara ESP32, Firebase, backend Node.js, dan MySQL terbukti sinkron dan andal. Ini ditunjukkan dengan tampilan data historis yang berhasil pada halaman Riwayat Sensor tanpa kesalahan tampilan atau bug. Selain itu, pengujian performa API menggunakan Postman menemukan waktu respons rata-rata sebesar 83 milidetik, nilai P90 sebesar 147 milidetik, dan throughput rata-rata sebesar 6,23 permintaan per detik tanpa adanya error (0,00%), menunjukkan bahwa sistem backend mampu menangani beban permintaan secara stabil dan efisien. Secara keseluruhan, sistem dashboard ini layak digunakan dalam praktik sebagai solusi pemantauan lingkungan hidroponik berbasis web karena memiliki performa teknis yang solid, fungsionalitas yang lengkap, dan keandalan komunikasi antar komponen.

4.4 Keterbatasan Sistem

Sistem dashboard pemantauan hidroponik berbasis web yang dikembangkan menunjukkan kinerja yang baik dan banyak fitur, tetapi masih ada beberapa kekurangan. Salah satu keterbatasan utama adalah sistem bergantung pada koneksi internet yang stabil, baik pada perangkat ESP32 maupun pengguna, karena pengiriman dan visualisasi data bergantung pada layanan cloud Firebase. Dalam kondisi jaringan yang lemah atau tidak stabil, pengiriman data sensor dan tampilan antarmuka web dapat tertunda. Selain itu, karena jumlah perangkat yang diuji dan beban akses yang relatif rendah, evaluasi performa sistem belum sepenuhnya dilakukan dalam skenario skala besar atau dengan beban trafik yang tinggi. Dari sisi keamanan, sistem belum dilengkapi dengan fitur autentikasi pengguna yang kuat maupun enkripsi data, yang dapat menjadi celah dalam implementasi di lingkungan terbuka atau multiuser. Terakhir, visualisasi data historis masih bersifat statis dan belum dilengkapi dengan fitur analitik lanjutan seperti prediksi tren atau laporan otomatis, yang dapat memperkaya fungsionalitas sistem di masa mendatang. Keterbatasan-keterbatasan ini menjadi dasar penting untuk pengembangan sistem lebih lanjut guna meningkatkan skalabilitas, keamanan, dan kapabilitas analitiknya.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengembangan dan pengujian yang telah dilakukan, kesimpulan dari sistem monitoring lingkungan hidroponik berbasis web berhasil dirancang dan

diimplementasikan secara fungsional dan efektif. Sistem ini mampu mengintegrasikan komponen sensor lingkungan, mikrokontroler ESP32, Firebase sebagai media sinkronisasi data, backend Node.js, serta database MySQL sebagai penyimpanan historis, ke dalam satu ekosistem pemantauan digital yang saling terhubung. Seluruh data sensor, seperti pH, TDS, dan ketinggian air, berhasil ditampilkan dalam antarmuka web dengan visualisasi interaktif yang mudah dipahami oleh pengguna. Pengujian fungsional menunjukkan bahwa seluruh fitur sistem bekerja sesuai spesifikasi, mulai dari pengambilan data sensor hingga visualisasi data dan status perangkat keras di dashboard. Kinerja API yang diuji menggunakan Postman juga menunjukkan waktu respons rata-rata sebesar 83 milidetik tanpa adanya error, yang menandakan efisiensi dan kestabilan komunikasi data antara frontend dan backend. Selain itu, hasil pengujian performa antarmuka web menggunakan GTmetrix menunjukkan waktu pemuatan halaman berada di bawah 2 detik dan layout tampil stabil di berbagai perangkat, yang menegaskan bahwa sistem memberikan pengalaman pengguna yang optimal. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa sistem ini tidak hanya memenuhi kebutuhan teknis pemantauan lingkungan hidroponik, tetapi juga memberikan kemudahan dan efisiensi dalam pengelolaan budidaya tanaman secara modern dan berbasis data aktual.

REFERENSI

- [1] M. Kannan, G. Elavarasan, A. Balamurugan, B. Dhanusiya, and D. Freedom, "Hydroponic farming – A state of art for the future agriculture," *Mater Today Proc*, vol. 68, pp. 2163–2166, 2022, doi: 10.1016/j.matpr.2022.08.416.
- [2] U. Shareef, A. U. Rehman, and R. Ahmad, "A Systematic Literature Review on Parameters Optimization for Smart Hydroponic Systems," *AI*, vol. 5, no. 3, pp. 1517–1533, Aug. 2024, doi: 10.3390/ai5030073.
- [3] M. Cahyo, A. Prabowo, A. A. Janitra, and N. M. Wibowo, "Sistem Monitoring Hidroponik Berbasis IoT Dengan Sensor Suhu, pH, dan Ketinggian Air Menggunakan ESP8266."
- [4] E. Barus, K. Kunci, P. Tanaman, and T. Cabai, "Sistem Monitoring Pertumbuhan Tanaman Berbasis Internet of Things," *Jurnal Ilmu Komputer dan Sistem Informasi (JIKOMSI)*, vol. 6, no. 1, pp. 1–8, 2023.
- [5] D. Adiputra *et al.*, "Penerapan Teknologi Hidroponik Berbasis IoT Untuk Mendukung Pengembangan Desa Wisata Edukasi," vol. 2, no. 2, 2022.
- [6] M. Niswar, "Design and Implementation of an Automated Indoor Hydroponic Farming System based on the Internet of Things," *International Journal of Computing and Digital Systems*, vol. 15, no. 1, pp. 337–346, Jan. 2024, doi: 10.12785/ijcds/150126.
- [7] R. A. Murdiyantoro, A. Izzinnahadi, and E. U. Armin, "Sistem Pemantauan Kondisi Air Hidroponik Berbasis Internet of Things Menggunakan NodeMCU ESP8266," *Journal of Telecommunication, Electronics, and Control Engineering (JTECE)*, vol. 3, no. 2, pp. 54–61, Sep. 2021, doi: 10.20895/jtece.v3i2.258.

- [8] I. ' Am Fathi, "ATIF/REFERENCE: Fathi, I. (2025). An IoT-Based Low-Cost Smart Greenhouse Monitoring System Using ESP8266 and Firebase for Real-Time Environmental Control," 2025. [Online]. Available: <https://as-proceeding.com/index.php/ijanser>
- [9] A. Abu Sneineh and A. A. A. Shabaneh, "Design of a smart hydroponics monitoring system using an ESP32 microcontroller and the Internet of Things," *MethodsX*, vol. 11, Dec. 2023, doi: 10.1016/j.mex.2023.102401.
- [10] S. Prananta Barus and Y. A. Dhamma, "Development of Hydroponic Application based on Web and Internet of Things for the Community to Monitor pH and Total Dissolved Solids," *International Journal of Research in Community Service*, vol. 5, no. 3, pp. 130–137, 2024.
- [11] D. Christopher Mongkau, A. Berelaku, S. Arni Sistem Informasi, and S. Profesional Makssar, "Analisis Performa Website Menggunakan GTMetrix," *Jurnal Minfo Polgan*, vol. 12, no. 2, 2023, doi: 10.33395/jmp.v12i2.12518.
- [12] L. Dwinur Andrianto and D. Fatrianto Suyatno, "Analisis Performa Load Testing Antara Mysql Dan Nosql Mongoddb Pada RestAPI Nodejs Menggunakan Postman," 2024.
- [13] H. K., J. Harshan, and A. Datta, "On Scaling LT-Coded Blockchains in Heterogeneous Networks and their Vulnerabilities to DoS Threats," Oct. 2024, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/2402.05620>
- [14] M. Shershneu and A. Oskin, "POSTMAN PLATFORM FOR API DEVELOPMENT IN THE MOBILE APPLICATION 'MUSICIANS OF RUSSIA.'" 2024.
- [15] S. Sharma, "Performance Evaluation of IoT Database Management using Mongo DB versus MYSQL Databases," *International Journal of Electrical*, vol. 13, no. 2, pp. 1–04, 2024, [Online]. Available: www.researchtrend.net
- [16] N. Cahyono and Kamarudin, "Perbandingan Gtmetrix, Lighthouse, Pingdom dan Pagespeed Insight dalam evaluasi Performa Website," *Jurnal Ilmiah Media Sisfo*, vol. 18, no. 2, pp. 201–210, Oct. 2024, doi: 10.33998/mediasisfo.2024.18.2.1901.
- [17] A. N. Fathoni and U. Y. Oktiawati, "Blackbox Testing terhadap Prototipe Sistem Monitoring Kualitas Air Berbasis IoT (Blackbox Testing on Prototype of a Water Quality Monitoring System Based on IoT)," 2021.
- [18] N. Palasara, I. Nurchasanah, and S. Rizaldy Maylano, "Analisis Restful Api Web Service Pada Sistem Informasi Barbershop," 2025. [Online]. Available: <http://jurnal.mdp.ac.id>
- [19] G. Yascaribay, M. Huerta, M. Silva, and R. Clotet, "Performance Evaluation of Communication Systems Used for Internet of Things in Agriculture," *Agriculture (Switzerland)*, vol. 12, no. 6, Jun. 2022, doi: 10.3390/agriculture12060786.
- [20] M. A. Putri, "Implementing and Analyzing Web Performance Testing for Universitas Terbuka's Website with GTMetrix and Pingdom," *Jurnal Teknologi Sistem Informasi dan Aplikasi*, vol. 7, no. 4, pp. 1598–1602, Oct. 2024, doi: 10.32493/jtsi.v7i4.45095.
- [21] U. Kumar and A. Sethupathy, "Empowering Intelligent Decision-Making: Architecting Resilient Real-Time Data Platforms with Actionable Visual Dashboards," 2021. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/391439245>
- [22] P. Megantoro *et al.*, "Instrumentation system for data acquisition and monitoring of hydroponic farming using ESP32 via Google Firebase," *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, vol. 27, no. 1, pp. 52–61, Jul. 2022, doi: 10.11591/ijeecs.v27.i1.pp52-61.
- [23] J. Saravanan, M. Rosmiati, S. Selvan, B. K. Ramesh, S. M. Prabhu, and S. K. Raju, "Integrating Internet of Things for Smart Hydroponics to Increase Productivity," *Instrumentation Measure Metrologie*, vol. 24, no. 2, pp. 177–185, Apr. 2025, doi: 10.18280/i2m.240209.