

Design User Interface Dan Program Website Visual Studio Pada Alat Pemantauan Dan Penyiraman Tanaman Kopi Dan Nutrisi Tanah Otomatis Berdasarkan Suhu, Kelembaban, Dan Keasaman Berbasis Iot

1st Muhammad Ahsani Taqwiim
*Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia*

ahsanitaqwiim@student.telkomuniversi
ty.ac.id

2nd Sofia Naning Hertiana
*Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia*

sofiananing@telkomuniversity.ac.id

3rd Nyoman Bogi Aditya Karna
*Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia*

aditya@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Indonesia memiliki kondisi geografis ideal untuk budidaya kopi, dengan iklim tropis, tanah subur, dan variasi ketinggian. Namun, tantangan seperti perubahan iklim, lokasi lahan di pegunungan, dan metode konvensional yang kurang efektif menjadi kendala. Penelitian ini mengusulkan sistem otomatisasi berbasis Internet of Things (IoT) untuk mengelola penyiraman dan nutrisi tanah kopi di Desa Sukarame, Kabupaten Bandung.

Solusi ini mencakup sensor kelembaban tanah, suhu, kelembaban udara, dan pH tanah untuk memastikan kondisi optimal tanaman. Sistem ini menggunakan mikrokontroler ESP32, sensor NPK RS485, dan didukung oleh energi panel surya serta MiFi untuk konektivitas. Data dikirim secara real-time ke server, memungkinkan pemantauan jarak jauh.

Hasilnya menunjukkan akurasi sensor yang tinggi dengan 99,91% untuk Nitrogen, 99,70% Fosfor, dan 99,80% Kalium. Implementasi sistem ini meningkatkan produktivitas, efisiensi sumber daya, dan kualitas panen, sekaligus mendukung pertanian berkelanjutan.

Kata kunci : Budidaya Kopi, Internet of Things (IoT), ESP32, NPK, Website

I. PENDAHULUAN

Kopi telah menjadi bagian penting dari sejarah Indonesia sejak abad ke-17. Pertama kali diperkenalkan oleh bangsa Belanda, budidaya kopi berkembang di wilayah Jawa dan segera menyebar ke pulau-pulau lainnya seperti Sumatra, Sulawesi, dan Bali. Indonesia memiliki kondisi geografis yang sangat cocok untuk budidaya kopi. Dengan keanekaragaman topografi, iklim tropis, ketinggian tempat yang bervariasi, dan tanah yang subur, kondisi ini mendukung pertumbuhan kopi Indonesia adalah produsen utama kopi, dengan sejarah yang kaya dan kontribusi yang signifikan terhadap perekonomian negara[1]. Budidaya kopi memiliki peran penting dalam ekonomi Indonesia. Ini memberikan mata pencaharian bagi ribuan petani dan

masyarakat di daerah-daerah penghasil kopi. Selain itu, kopi juga menjadi salah satu komoditas ekspor utama yang memberikan kontribusi besar terhadap pendapatan negara. Ada dua jenis kopi yang umum dibudidayakan di Indonesia yaitu Kopi Robusta dan Kopi Arabika. Meskipun memiliki posisi yang kuat dalam industri kopi global, budidaya kopi di Indonesia juga menghadapi tantangan. Perubahan iklim, medan geografis, dan kurangnya sumber daya manusia yang dapat menghasilkan biji kopi secara efisien adalah beberapa di antaranya. Oleh karena itu, inovasi dalam teknik budidaya, pengolahan, dan pemasaran sangat penting untuk meningkatkan produktivitas dan kualitas kopi Indonesia[2].

Desa Sukarame Kecamatan Pacet, yang terletak di Kabupaten Bandung terkenal dengan produksi biji kopi dari petani tradisional yang dijual melalui pengepul di pasar lalu didistribusikan ke beberapa coffee shop di Kota Bandung. Untuk menjaga kualitas dan rasa biji kopi diperlukan perawatan yang terus-menerus. Namun, ada beberapa masalah yang terjadi terkait dengan budidaya tanaman kopi yang seringkali mengalami gagal panen. Masalah yang dialami oleh petani kopi di Desa Sukarame adalah sulitnya melakukan penyiraman ketika musim kemarau dikarenakan medan geografis yang berupa perbukitan dan pemantauan nutrisi tanah untuk menjaga kualitas kopi secara berkala. Akibatnya, resiko gagal panen yang dialami petani meningkat ketika memasuki musim kemarau.

Penerapan teknologi penyiraman otomatis dan pemantauan nutrisi tanah menjadi solusi yang sangat berharga untuk budidaya tanaman kopi di lahan perbukitan. Untuk itu, hambatan yang dihadapi petani di Desa Sukarame bisa dikurangi dengan menerapkan sistem irigasi otomatis yang terprogram dan dapat membantu dalam pengelolaan air secara efisien. Dalam kondisi perbukitan yang sulit diakses, sistem irigasi otomatis akan memastikan tanaman kopi mendapatkan air yang cukup secara konsisten. Penggunaan sensor kelembaban tanah juga akan membantu untuk memberikan air sesuai kebutuhan tanaman. Pemantauan

nutrisi tanah menggunakan sensor yang ditanam di berbagai titik di kebun kopi dapat memberikan informasi secara berkala mengenai tingkat kelembaban, pH tanah, dan kadar nutrisi[1]. Data dari sensor-sensor ini bisa dipantau dan dianalisis secara daring, memungkinkan petani untuk mengambil tindakan yang tepat dalam memberikan pupuk yang sesuai dan menjaga keseimbangan nutrisi tanah[3]. Memastikan bahwa penerapan teknologi tersebut berkelanjutan dengan mempertimbangkan aspek ekonomi, lingkungan, dan sosial bagi petani serta lingkungan sekitar. Penerapan solusi teknologi seperti ini pada budidaya kopi di lahan perbukitan dapat membantu petani meningkatkan efisiensi, produktivitas, dan kualitas kopi yang dihasilkan sambil tetap menjaga keberlanjutan lingkungan.

II. KAJIAN TEORI

A. Visual Studio Code

Visual Studio Code (VS Code) ini adalah sebuah teks editor ringan dan handal yang dibuat oleh Microsoft untuk sistem operasi multiplatform, artinya tersedia juga untuk versi Linux, Mac, dan Windows. Teks editor ini secara langsung mendukung bahasa pemrograman JavaScript, Typescript, dan Node.js, serta bahasa pemrograman lainnya dengan bantuan plugin yang dapat dipasang via marketplace Visual Studio Code (seperti C++, C#, Python, Go, Java, dst). Banyak sekali fitur-fitur yang disediakan oleh Visual Studio Code, diantaranya Intellisense, Git Integration, Debugging, dan fitur ekstensi yang menambah kemampuan teks editor. Fitur-fitur tersebut akan terus bertambah seiring dengan bertambahnya versi Visual Studio Code. Pembaruan versi Visual Studio Code ini juga dilakukan berkala setiap bulan, dan inilah yang membedakan VS Code dengan teks editor-teks editor yang lain. Teks editor VS Code juga bersifat open source, yang mana kode sumbernya dapat kalian lihat dan kalian dapat berkontribusi untuk pengembangannya. Kode sumber dari VS Code ini pun dapat dilihat di link Github. Hal ini juga yang membuat VS Code menjadi favorit para pengembang aplikasi, karena para pengembang aplikasi bisa ikut serta dalam proses pengembangan VS Code ke depannya[4].

B. Internet of Things

Internet of Things (IoT) adalah gagasan yang menghubungkan berbagai perangkat, seperti sensor, ke internet dan dimaksudkan untuk mempermudah pekerjaan manusia karena mereka dapat berfungsi secara otomatis [5]. Cara kerja IoT termasuk menghubungkan perangkat keras dan perangkat lunak ke jaringan internet. Proses dimulai dengan sensor mengumpulkan data, yang kemudian dikirimkan ke *database* menggunakan koneksi wifi.

C. CSS (Cascading Style Sheet)

CSS (Cascading Style Sheet) adalah suatu bahasa stylesheet yang digunakan untuk mengatur tampilan suatu *website*, baik tata letaknya, jenis huruf, warna, dan semua yang berhubungan dengan tampilan. Pada umumnya CSS digunakan untuk memformat halaman web yang ditulis dengan HTML atau XHTML[6]

D. Java Script

Javascript adalah bahasa yang berbentuk kumpulan skrip yang pada fungsinya berjalan pada suatu dokumen HTML, sepanjang sejarah internet bahasa ini adalah bahasa

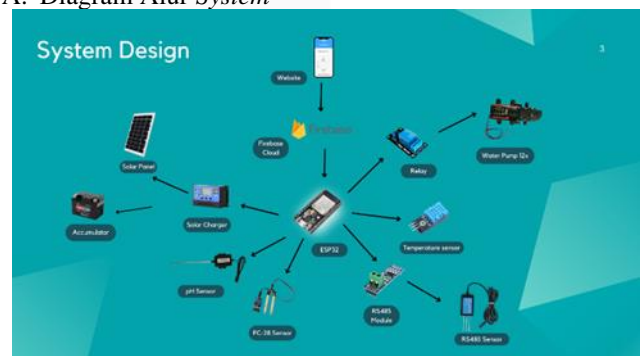
skrip pertama untuk web. Bahasa ini adalah bahasa pemrograman untuk memberikan kemampuan tambahan terhadap bahasa HTML dengan mengizinkan pengeksekusian perintah perintah di sisi user, yang artinya di sisi browser bukan di sisi server web. Javascript bergantung kepada browser(navigator) yang memanggil halaman web yang berisi skrip skrip dari Javascript dan tentu saja terselip di dalam dokumen HTML. Javascript juga tidak memerlukan kompilator atau penterjemah khusus untuk menjalankannya (pada kenyataannya kompilator Javascript sendiri sudah termasuk di dalam browser tersebut). Lain halnya dengan bahasa "Java" (dengan mana JavaScript selalu di banding bandingkan) yang memerlukan kompilator khusus untuk menterjemahkannya di sisi user/klien. [7]

E. Websus

System Usability Scale (SUS) merupakan suatu metode uji pengguna yang menyediakan alat ukur yang bersifat "*quick and dirty*" yang dapat diandalkan. Metode ini diperkenalkan oleh John Brooke pada tahun 1986, yang dapat digunakan untuk melakukan berbagai jenis produk termasuk didalamnya perangkat *website* dan aplikasi [8]. Metode SUS telah digunakan dan diuji selama puluhan tahun dan masih tetap terbukti menjadi metode yang dapat diandalkan untuk mengevaluasi *usability* suatu sistem berdasarkan standar industri.

III. METODE

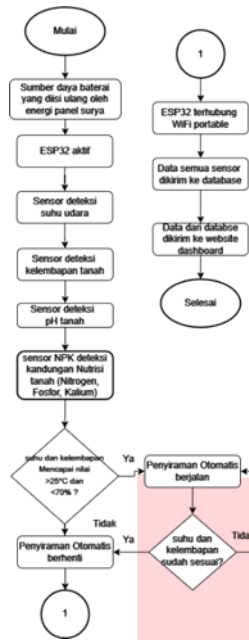
A. Diagram Alur System



GAMBAR 1
Diagram Alur Sistem

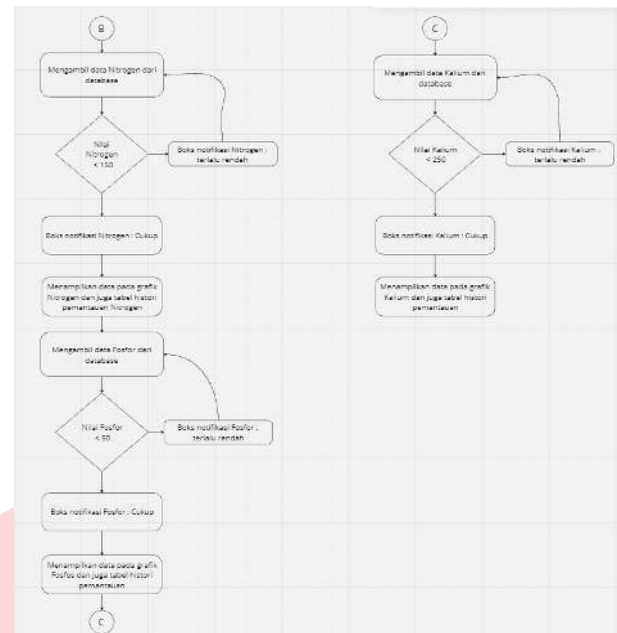
Pada gambar 1 ESP32 akan dihubungkan dengan baterai yang sumber listriknya berasal dari panel surya untuk mengaktifkannya. Sensor kelembaban tanah, sensor kelembaban lingkungan, sensor NPK, serta sensor pH disambungkan dengan ESP32 menggunakan kabel tembaga tunggal. Sensor kelembaban tanah, sensor pH, dan sensor NPK akan diletakkan didalam tanah pada kedalaman 40cm dekat dengan pohon kopi untuk sensor suhu lingkungan akan ditempat terbuka yang dekat dengan pohon kopi. Pompa air akan dihubungkan dengan ESP32 agar bisa mengontrol penyiraman otomatisnya. Wifi *portable* akan diletakkan bersama ESP32 di dalam wadah untuk menjaga kestabilan koneksinya. Data dari sensor akan dikirimkan dari ESP32 yang terhubung dengan internet ke *database* untuk dikumpulkan dan ditampilkan di *website*.

B. Diagram alur sistem pemantauan



GAMBAR 2.

Diagram alur sistem pemantauan

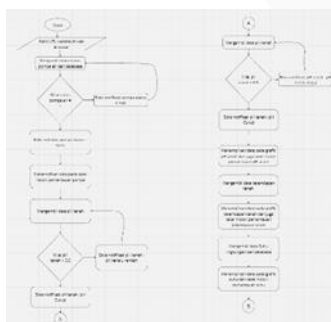


GAMBAR 4

Diagram alur sistem website Bagian 2

Pada Gambar 2 menjelaskan skema pada alat yang akan dibuat. Pertama, panel surya berfungsi sebagai pemasok listrik yang nantinya akan disimpan dalam baterai, dan sebagai pemasok daya untuk ESP32 dan juga sensor-sensornya. ESP32 yang aktif, selanjutnya akan mengumpulkan data suhu, kelembapan, pH tanah dan juga zat hara dari sensor DHT11, *soil moisture*, sensor pH tanah serta sensor RS485. Penyiraman otomatis akan aktif jika suhu lebih dari 25° dan kelembapan pada tanah berada kurang dari 70%, dan nantinya akan mengaktifkan pompa air dan air akan dialirkan melalui selang untuk sistem irigasi *drip watering* di sekitar pohon kopi sampai kondisi tanah mencapai kondisi kelembapan pada tanah lebih dari 75%. Data yang terkumpul akan dikirimkan ke *database* dari ESP32 yang terhubung dengan *WiFi* dan dari *database* akan ditampilkan melalui *website dashboard*. Jika kadar nitrogen(N) <150 mg/kg, fosfor(P) <50 mg/kg, kalium(K) <250 mg/kg akan muncul pemberitahuan pada *website* yang menandakan tanah sedang tidak subur.

C. Diagram alur sistem website



Gambar 3

Diagram alur sistem website Bagian 1

Pada gambar 3 dan gambar 4 berisikan alur proses dari *website* yang akan dibuat. Untuk mengakses *website* hanya perlu untuk mengetikkan *URL(Uniform Resource Locator)* pada kolom pencarian pada *browser* yang ada. *Website* akan mengambil data dari sensor kelembapan, sensor kelembapan tanah, sensor pH, dan sensor npk yang sudah diinputkan oleh ESP32 pada *database* dan ditampilkan dalam bentuk grafik.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Website akan menampilkan grafik dari data yang yang dibaca oleh sensor suhu lingkungan, sensor kelembapan tanah, sensor NPK dan sensor pH. *Website* juga akan memberikan pemberitahuan jika kondisi pH dan juga NPK berada pada nilai yang sudah ditentukan. Dan untuk melihat histori pada bagian bawah grafik ada table-tabel yang berfungsi untuk menyimpan data yang sudah dimasukkan kedalam *database* dan bisa di kelompokkan berdasarkan bulan untuk mempermudah dalam membandingkan perubahan yang terjadi. Berikut adalah penjelasan detail terkait implementasi ini:

A. Dashboard website pemantauan



GAMBAR 5

Dashboard website grafik pemantauan

Pada gambar 5 menunjukkan pompa status dan 3 grafik, pemantauan pH tanah, kelembapan dan suhu. Interval waktu yang digunakan pada grafik pH adalah 1 data perminggu

sedangkan untuk grafik kelembapan dan suhu akan diperbarui secara *real time*. Untuk mengetahui kondisi pH mencukupi kriteria atau tidak dibawah grafik pH ada status yang memberitahukan jika pH dibawah 5,5 yang berarti pH terlalu rendah sedangkan jika pH diatas 6,5 akan memberitahukan pH terlalu tinggi. pH ideal untuk tanaman kopi arabika berada di 5,5 sampai 6,5[9].



GAMBAR 6
Dashboard website grafik pemantauan NPK

Pada gambar 6 menunjukan grafik pemantauan kadar NPK dalam tanah. Data akan diperbarui selama 1 minggu sekali. Pada setiap grafik ada status yang memberitahukan jika kadar NPK mencukupi atau tidak. Parameter untuk nitrogen lebih dari 150mg/kg, Fosfor lebih dari 50mg/kg, dan Kalium lebih dari 250mg/kg[10].

Waktu	pH	Nitrogen	Fosfor	Kalium
2024-07-22	5.85	150	50	250
2024-07-23	5.90	150	50	250

Waktu	pH	Nitrogen	Fosfor	Kalium
2024-07-22	5.85	150	50	250
2024-07-23	5.90	150	50	250

GAMBAR 7
Dashboar website tabel histori

Pada gambar 7 ditampilkan histori pada bagian bawah grafik ada table-table yang berfungsi untuk menyimpan data yang sudah dimasukan kedalam *database* dan bisa di kelompokkan berdasarkan bulan untuk mempermudah dalam membandingkan perubahan yang terjadi.

B. Program website pada Visual studio

```
onValue(phRef, (snapshot) => {
  const data = snapshot.val();
  if (data) {
    const phDataItems = Object.keys(data).map(key => ({
      x: data[key].timestamp.slice(0, 10),
      y: data[key].value
    }));

    setPhData2({
      labels: phDataItems.map(item => item.x),
      datasets: [
        {
          label: 'pH',
          data: phDataItems.map(item => item.y),
          backgroundColor: 'transparent',
          borderColor: '#402E7A',
          pointBorderColor: '#FEB941',
          pointBackgroundColor: '#FEB941',
          pointBorderWidth: 1,
          fill: false
        }
      ]
    });
  }
});
```

GAMBAR 8
source code pembuatan grafik pemantauan

Pada gambar 8 berfungsi untuk mengambil data pH tanah secara *real-time* dari basis data Firebase dan mempersiapkannya untuk divisualisasikan dalam bentuk grafik. Proses dimulai dengan menggunakan fungsi `onValue` untuk memantau perubahan data pada referensi `phRef`, yang menunjuk ke lokasi data pH tanah dalam basis data. Setiap kali data di `phRef` diperbarui, `callback function` dipanggil dengan parameter `snapshot` yang berisi data terbaru. Jika data tersebut ada, objek data tersebut diubah menjadi array `phDataItems` dengan menggunakan `Object.keys(data)` dan `map`. Array ini berisi objek dengan dua properti: `x`, yang diambil dari properti `timestamp` dan hanya menggunakan 10 karakter pertama untuk mengekstrak tanggal, serta `y`, yang diambil dari properti `value`. Data yang telah diproses kemudian diatur dalam format yang sesuai untuk grafik menggunakan fungsi `setPhData2`. Objek yang diteruskan ke `setPhData2` memiliki properti `labels` yang diisi dengan tanggal dan `datasets` yang diisi dengan satu objek konfigurasi yang mengatur tampilan dataset dalam grafik, termasuk warna garis dan titik.

```
const [searchTerm, setSearchTerm] = useState('');
const [currentPage, setCurrentPage] = useState(1);
const [totalPages, setTotalPages] = useState(1);

const filteredData = data.filter(item => {
  return item.waktu.toLowerCase().includes(searchTerm.toLowerCase());
});

const totalPagesCalc = Math.ceil(filteredData.length / 10);
setTotalPages(totalPagesCalc);

const indexOfLastPage = (currentPage - 1) * 10;
const indexOfFirstPage = currentPage * 10;
const currentData = filteredData.slice(indexOfFirstPage, indexOfLastPage);
```

GAMBAR 9
Source code tabel histori

Bagian kode pada Gambar 4.23 mengatur antarmuka pengguna untuk menampilkan riwayat monitoring dalam bentuk tabel. Terdapat elemen `<div>` dengan class `data-table` dan margin atas untuk memberikan ruang di sekitar tabel. Di atas tabel, terdapat input pencarian yang memungkinkan pengguna untuk mencari data berdasarkan tanggal. Input ini menggunakan placeholder "Cari Tanggal..." dan diperbarui saat pengguna mengetikkan teks melalui fungsi `setSearchTerm`.

Tabel di bawah input pencarian menampilkan data yang relevan dalam format terstruktur, dengan kolom-kolom yang mencakup "Waktu", "pH", "Nitrogen", "Fosfor", dan "Kalium". Data di dalam tabel diambil dari array `currentItems`, di mana setiap baris tabel menampilkan nilai untuk waktu, pH, nitrogen, fosfor, dan kalium dari setiap entri. Di bawah tabel, komponen `Pagination` menyediakan kontrol navigasi untuk berpindah antara halaman. Komponen ini mengatur jumlah halaman total (`totalPages`), halaman saat ini (`currentPage`), dan fungsi untuk mengubah halaman (`setCurrentPage`).

C. Pengujian websus

Pengujian *System Usability Scale* (SUS) menggunakan kuesioner pada *google form*, SUS dirancang untuk digunakan pada berbagai jenis sistem dan produk, sehingga pertanyaan-pertanyaannya bersifat umum dan dapat diterapkan pada berbagai konteks. Pertanyaan SUS disusun sedemikian rupa agar mudah dipahami dan cepat diisi oleh responden.

Pertanyaan-pertanyaan dalam SUS bergantian antara 5 pertanyaan positif dan 5 pertanyaan negatif untuk mengurangi bias dan menjaga kejujuran responden dalam memberikan penilaian seperti pada tabel 1 Tingkat kepuasan akan diukur menggunakan skala *likert* seperti pada tabel 2

TABEL 1
Daftar Pertanyaan

No	Pertanyaan
1	Saya akan sering menggunakan <i>website</i> ini.
2	Saya merasa <i>website</i> ini rumit digunakan.
3	Saya merasa <i>website</i> ini memiliki desain yang mudah dimengerti
4	Saya pikir saya memerlukan bantuan teknis untuk menggunakan <i>website</i> ini.
5	Saya menemukan berbagai fungsi dalam <i>website</i> ini terintegrasi dengan baik.
6	Saya menemukan terlalu banyak data yang tidak konsisten
7	Saya bisa memahami fungsi <i>website</i> ini dengan cepat.
8	Saya merasa <i>website</i> ini memiliki tampilan yang susah dimengerti.
9	Saya merasa tidak ada kendala dalam menggunakan <i>website</i> .
10	Saya perlu mempelajari banyak hal sebelum saya bisa menggunakan <i>website</i> ini dengan baik.

TABEL 2
Tabel Skala *Likert*

Angka	Pilihan Jawaban
1	Sangat tidak setuju
2	Tidak setuju
3	Cukup Setuju
4	Setuju
5	Sangat Setuju

Nilai SUS diinterpretasikan oleh Jeff Sauro dengan peringkat prosentase (percentile ranks) dan juga kelas huruf (letter grades) dari A sampai dengan F, dimana A adalah kelas terbaik dan F adalah kelas terburuk [18].

Ketentuan untuk letter grades adalah sebagai berikut:

1. Grade A: nilai ≥ 80.3
2. Grade B: $74 \leq \text{nilai} < 80.3$
3. Grade C: $68 \leq \text{nilai} < 74$

4. Grade D: $51 \leq \text{nilai} < 68$
5. Grade F: nilai < 51

TABEL 3
Hasil Pengujian WebSUS

No	Nama	Pertanyaan										Skor
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	
1.	Galang Aditya Darmawan	5	3	5	3	4	2	4	2	5	3	75
2.	Naufal Aliffiansyah Danurwinda	5	1	5	1	4	2	4	1	4	2	87.5
3.	M. Arya Zaidan	5	2	4	2	4	2	4	1	4	3	77.5
4.	Arya Satya Okta Pradana	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	50
5.	Athallah Favianauvally Nadhasya	4	1	4	3	4	2	3	2	3	3	67.5
6.	Moh. Irsyad Helmy	5	1	5	2	5	1	5	1	5	1	97.5
7.	Daffa Naufal Putra	5	1	4	2	5	3	5	2	4	2	82.5
8.	I Nyoman Ganeshan Ananda Putra	4	1	4	1	4	2	4	3	4	1	80
9.	Amar Ma'ruf	3	4	4	2	4	4	2	2	4	4	42.5
10.	Choirul Amin	4	2	4	3	4	2	3	2	5	3	70
Rata-rata skor SUS												74

Tabel 3 akan dihitung sesuai dengan *System Usability Scale (SUS)*. Sistem perhitungannya adalah untuk setiap pertanyaan bernomor ganjil nilainya akan dikurangi dengan 1 dan untuk setiap pertanyaan bernomor genap akan mengurangi nilai 5 dengan nilai yang diberikan oleh koresponden lalu hasil dari penjumlahan skor dari pertanyaan ganjil dan genap akan dikalikan dengan 2.5. Adapun rumus untuk perhitungan *SUS* sebagai berikut:

$$Skor\ SUS = 2.5 \times \left(\sum_{i=1,3,5,7,9} (Q_i - 1) + \sum_{i=2,4,6,8,10} (5 - Q_i) \right)$$

Selanjutnya adalah perhitungan untuk rata-rata skor *SUS* dari semua responden dengan cara menjumlahkan semua skor *SUS* dari 10 responden dan membaginya dengan total responden yaitu 10. Adapun rumus untuk rata-rata *SUS* adalah sebagai berikut:

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

Dengan keterangan $\bar{x}$ adalah skor rata-rata, x adalah jumlah skor dan n adalah jumlah responden. Berdasarkan perhitungan yang dilakukan rata-rata skor *SUS* adalah 74, maka *website* Arabicare masuk dalam kategori "B" yang artinya *website* sudah memenuhi fungsinya.

V. KESIMPULAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan mengimplementasikan sistem otomatisasi berbasis *Internet of Things (IoT)* untuk pemantauan dan pengelolaan penyiraman serta nutrisi tanah pada tanaman kopi di Desa Sukarame, Kabupaten Bandung, Jawa Barat. Sistem yang dirancang mengintegrasikan beberapa sensor utama untuk memantau berbagai parameter penting, yaitu kelembaban tanah, suhu dan kelembaban udara, pH tanah, serta kandungan nutrisi makro tanah. Sistem ini menggunakan mikrokontroler ESP32 dengan data yang dikumpulkan dan ditampilkan secara *real-time* melalui antarmuka web yang *user-friendly*.

Komponen utama sistem ini termasuk mikrokontroler ESP32, sensor kelembaban tanah, sensor suhu dan kelembaban udara seperti DHT11, sensor pH tanah, dan sensor NPK RS485. Sistem ini juga dilengkapi dengan pompa air dan sistem irigasi *drip watering* yang dioperasikan berdasarkan data real-time dari sensor kelembaban tanah, memastikan bahwa tanaman mendapatkan air dalam jumlah yang tepat. Sumber energi utama adalah panel surya, yang memungkinkan sistem ini untuk beroperasi secara mandiri dalam ramah lingkungan.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem ini bekerja dengan sangat baik dalam mengelola kondisi pertanian secara otomatis. Parameter rata-rata yang didapat dari arus dan tegangan Aki adalah sebesar 12.36V dan 3.107 A, serta *Power Consumption* sebesar 38.340 W. Parameter rata-rata yang didapat dari arus dan tegangan panel surya adalah sebesar 18.36V dan 3.107 A, serta *Power Consumption* sebesar 38.340 W. Sensor NPK RS485 menunjukkan nilai akurasi dan presisi yang tinggi, dengan akurasi 99.91% untuk Nitrogen, 99.70% untuk Fosfor, dan 99.80% untuk Kalium. Sensor kelembaban tanah memiliki nilai presisi 99.01% dan DHT11 memiliki akurasi dan presisi 99.54% dan 96.60%. Sensor pH tanah memiliki nilai akurasi dan presisi 99.63% dan 97.8%.

Kualitas layanan atau *Quality of Service (QoS)* dari antarmuka web yang digunakan untuk memantau sistem juga diuji. *Throughput* yang didapat dari *website* Arabicare 99,703%, *latency* sebesar 0.39 ms, *jitter* sebesar 0.38 ms. Analisis terhadap QoS menunjukkan bahwa *website* memiliki waktu pemuatan halaman *page load time* yang optimal, memastikan pengalaman pengguna yang lancar dan efisien. Penghitungan *QoS* juga pada *Wifi* dengan menggunakan aplikasi nPerf. *Downlink* yang didapat adalah 1.63 Mbps, dengan *Uplink* 5.70 Mbps, dan *latency* sebesar 136 ms dan masih dalam kategori cukup baik.

Berdasarkan hasil pengujian, dapat disimpulkan bahwa seluruh sub sistem dapat bekerja sesuai dengan yang diharapkan. Setiap *subsistem*, baik *hardware*, *software*, maupun *database*, berfungsi dengan baik dan saling terintegrasi untuk mendukung operasional sistem secara keseluruhan. Berdasarkan hasil pengujian pada poin sebelumnya, efektifitas pengimplementasi IoT pada lahan kopi milik petani di Desa Sukarame terbukti dapat meningkatkan perkembangan kopi serta membantu petani dalam memantau perkembangan dan penyiraman tanaman kopi. Hal ini disebabkan oleh kemampuan sistem IoT untuk memonitor kondisi lingkungan secara *real-time*, sehingga memastikan lingkungan yang optimal untuk pertumbuhan kopi.

REFERENSI

- [1] P.Marbun and V. Changgara, "Mapping Land Characteristics of Arabica Coffee in Pangaribuan and Simangumban Subdistricts," *JURNAL ONLINE AGROEKOTEKNOLOGI*, vol. 10, no. 3, pp. 45–51, Jan. 2024, doi: 10.32734/joa.v10i3.15358.
- [2] T. Hakim and S. Lardi, "BUDIDAYA TANAMAN KOPI ARABIKA," 2023. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/368607480>.
- [3] I. Fibriani and J. Elektro, "SISTEM MONITORING DAN KONTROL TANAMAN KOPI UNTUK SMART GREENHOUSE MENGGUNAKAN WIRELESS SENSOR NETWORK BERBASIS INTERNET OF THINGS," 2020.
- [4] Permana, A. Y., & Romadlon, P. (2019). Perancangan Sistem Informasi Penjualan Perumahan Menggunakan Metode Sdlc Pada Pt. Mandiri Land Prosperous Berbasis Mobile. *Jurnal Sigma*, 10(2), 153-167.
- [5] S. A. M. Toza and D. Yendri, "RANCANG BANGUN SISTEM PENERING MAGGOT BSF SEBAGAI ALTERNATIF PAKAN TERNAK BERBASIS IOT (Internet Of Things)," 2022.
- [6] Suryana, T. (2021). Pengenalan Css Cascading Style Sheet
- [7] Alamsyah, A. (2003). Pengantar javascript. Kuliah Umum IlmuKomputer. Com, 40.
- [8] J. Brooke, "Sus: A quick and dirty" usability scale. (1996). *Usability Evaluation In Industry*, 207–212. <https://doi.org/10.1201/9781498710411-35>
- [9] T. Hakim and S. Lardi, "BUDIDAYA TANAMAN KOPI ARABIKA," 2023.
- [10] R. Selvanarayanan, S. Rajendran, S. Algburi, O. Ibrahim Khalaf, and H. Hamam, "Empowering coffee farming using counterfactual recommendation based RNN driven IoT integrated soil quality command system," *Sci Rep*, vol. 14, no. 1, Dec. 2024, doi: 10.1038/s41598-024-56954-x.