

Design Perangkat Sistem Penyiraman Pada Pemantauan dan Penyiraman Tanaman Kopi Dan Nutrisi Tanah Otomatis Berdasarkan Suhu, Kelembapan, Dan Keasaman Berbasis IoT

1st Tito Ajisaka
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

athallahfn@student.telkomuniversity.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 yang sangat ideal untuk budidaya kopi. Variasi topografi, iklim tropis, perbedaan ketinggian, dan kesuburan tanah menjadi faktor-faktor yang mendukung pertumbuhan kopi. Namun, tantangan yang dihadapi termasuk musim kemarau yang panjang akibat perubahan iklim, lokasi pegunungan yang terpencil, serta banyak petani yang masih menggunakan metode tradisional yang kurang efisien. Penelitian ini memperkenalkan solusi otomatisasi yang meliputi deteksi kelembapan tanah untuk menyesuaikan kebutuhan penyiraman, pemantauan suhu dan kelembapan udara, serta pengukuran pH tanah agar nutrisi tanaman kopi tetap optimal. Sistem ini terdiri dari berbagai sensor utama, seperti mikrokontroler ESP32, sensor kelembapan tanah, sensor suhu DHT11, sensor pH tanah, dan sensor RS485 untuk mengukur kandungan nutrisi makro tanah seperti NPK. Energi sistem disuplai oleh panel surya, dengan internet yang disediakan oleh MiFi Orbit Star. Data yang dikumpulkan oleh sensor-sensor tersebut dikirimkan secara *real-time* ke server, kemudian ditampilkan melalui antarmuka web, sehingga memungkinkan pemantauan kondisi lahan secara jarak jauh dengan lebih efisien. Hasil penelitian membuktikan bahwa penerapan teknologi IoT dan sensor terintegrasi memberikan solusi yang inovatif dalam meningkatkan produktivitas serta efisiensi operasional budidaya kopi. Sensor NPK RS485 menunjukkan akurasi tinggi dengan 99,91% untuk Nitrogen, 99,70% untuk Fosfor, dan 99,80% untuk Kalium dibandingkan dengan sensor analog. Implementasi sistem ini tidak hanya mengurangi kebutuhan intervensi manual, tetapi juga mendukung praktik pertanian yang berkelanjutan dan ramah lingkungan. Manfaat dari sistem ini termasuk peningkatan kualitas panen, penggunaan sumber daya yang lebih efisien, serta pemantauan kondisi kebun yang lebih akurat.

Kata Kunci- Budidaya Kopi, Internet of Things, Sensor RS485, Otomatisasi Pertanian

I. PENDAHULUAN

Kopi telah menjadi bagian dari sejarah Indonesia sejak diperkenalkan oleh bangsa Belanda pada abad ke-17. Awalnya dibudidayakan di Jawa, kopi kemudian menyebar ke pulau-pulau lain seperti Sumatra, Sulawesi, dan Bali. Indonesia memiliki kondisi geografis yang sangat mendukung untuk budidaya kopi, dengan keanekaragaman topografi, iklim tropis, variasi ketinggian, dan tanah yang

subur. Kopi menjadi salah satu komoditas ekspor utama yang penting bagi perekonomian negara, serta menjadi sumber mata pencaharian bagi ribuan petani [1]. Meskipun demikian, budidaya kopi di Indonesia menghadapi berbagai tantangan, seperti perubahan iklim, medan geografis yang sulit, dan kurangnya sumber daya manusia. Oleh karena itu, inovasi dalam teknik budidaya, pengolahan, dan pemasaran sangat diperlukan untuk meningkatkan produktivitas dan kualitas kopi Indonesia [2].

Desa Sukarame di Kecamatan Pacet, Kabupaten Bandung, dikenal sebagai pusat produksi biji kopi yang dihasilkan oleh petani tradisional. Biji kopi ini biasanya dijual melalui pengepul di pasar sebelum didistribusikan ke berbagai *coffee shop* di Kota Bandung. Untuk memastikan kualitas dan cita rasa kopi yang dihasilkan tetap terjaga, perawatan yang berkesinambungan sangat penting. Namun, petani di Desa Sukarame sering menghadapi tantangan gagal panen, terutama karena kesulitan melakukan penyiraman selama musim kemarau akibat medan perbukitan yang sulit diakses. Selain itu, pemantauan nutrisi tanah, yang penting untuk menjaga kualitas kopi, sulit dilakukan secara teratur, sehingga meningkatkan risiko gagal panen selama musim kemarau.

Untuk mengatasi masalah ini, penerapan teknologi seperti sistem penyiraman otomatis dan pemantauan nutrisi tanah menjadi solusi penting dalam budidaya kopi di lahan perbukitan. Sistem irigasi otomatis yang terprogram dapat membantu petani mengelola air secara efisien, memastikan tanaman kopi menerima pasokan air yang konsisten meskipun berada di medan yang sulit dijangkau. Selain itu, penggunaan sensor kelembapan tanah memungkinkan penyiraman dilakukan sesuai kebutuhan tanaman, sementara sensor nutrisi tanah yang dipasang di berbagai lokasi kebun memberikan informasi berkala mengenai kelembapan, pH, dan kadar nutrisi tanah [1]. Data ini dapat dipantau dan dianalisis secara online, memungkinkan petani untuk mengambil tindakan yang tepat dalam pemupukan dan menjaga keseimbangan nutrisi tanah [3]. Pendekatan ini diharapkan dapat membantu petani meningkatkan efisiensi, produktivitas, dan kualitas kopi yang dihasilkan, sambil tetap

menjaga keberlanjutan lingkungan serta mempertimbangkan aspek ekonomi dan sosial.

II. KAJIAN TEORI

A. Microcontroller ESP32

ESP32 merupakan mikrokontroler *chip* yang memiliki biaya dan konsumsi daya rendah, serta dilengkapi dengan WiFi dan Bluetooth mode ganda. Konsumsi daya yang sangat rendah pada ESP32 dicapai melalui fitur hemat daya yang meliputi pengaturan jam beresolusi tinggi, berbagai mode daya, dan penskalaan daya secara dinamis.

B. Arduino IDE

Arduino IDE merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk membuat sketsa pemrograman untuk papan yang ingin diprogram. Arduino IDE sangat berguna untuk mengedit, membuat, mengunggah *board* tertentu dan mengkode beberapa program.

C. Sensor Soil Moisture

Sensor kelembapan tanah adalah perangkat yang berfungsi untuk mengukur atau memperkirakan kadar air dalam tanah. Sensor ini dapat berupa alat tetap atau portable, seperti probe genggam. Penggunaan sensor ini memungkinkan pengelolaan irigasi yang lebih efisien, yang berpotensi meningkatkan hasil panen, kualitas biji-bijian, menghemat air dan energi, serta mengurangi hilangnya nutrisi. Sensor ini umumnya diaplikasikan dalam pertanian, berkebun, dan teknologi IoT untuk memantau serta mengelola tingkat kelembapan tanah, yang sangat penting bagi pertumbuhan dan perkembangan tanaman.

D. Kabel Tembaga

Kabel tembaga tunggal merupakan jenis kabel yang terdiri dari satu inti tembaga. Kabel ini umumnya digunakan dalam aplikasi sistem kelistrikan dan instalasi rangkaian kabel. Kabel tembaga tunggal memiliki kemampuan untuk mengalirkan arus yang lebih tinggi dibandingkan dengan kabel tembaga yang terbuat dari serabut.

E. Pompa Air Dc 12v

Pompa air digunakan untuk mengalirkan air dari wadah air ke kebun kopi.

F. Selang Air

Selang air merupakan media mengalirkan air dari mesin pompa ke sistem *drip watering*.

G. Panel Surya

Panel surya adalah perangkat yang mengubah energi cahaya menjadi energi listrik. Panel ini digunakan di kebun kopi karena lokasinya tidak terjangkau oleh sumber listrik PLN. Panel surya ditempatkan di area yang terkena sinar matahari langsung tanpa terhalang oleh objek di sekitarnya.

H. Aki 12v

Aki atau baterai bertegangan 12 volt merupakan perangkat yang menyimpan energi listrik dalam bentuk energi kimia. Aki ini digunakan untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya, dengan kapasitas yang cukup untuk mengoperasikan perangkat IoT.

I. Firebase

Firebase, platform pengembangan berbasis cloud Google, menyediakan fitur keamanan bawaan yang memungkinkan autentikasi pengguna, izin data, dan pengelolaan identitas [4].

J. Relay

Relay berfungsi sebagai sistem *switching* antara pompa air dan ESP32.

K. Drip Watering Irrigation System

Sistem irigasi *drip watering* adalah metode pengairan yang efisien dalam penggunaan air, di mana air dialirkan secara perlahan langsung ke akar tanaman melalui jaringan katup dan pipa.

III. METODE

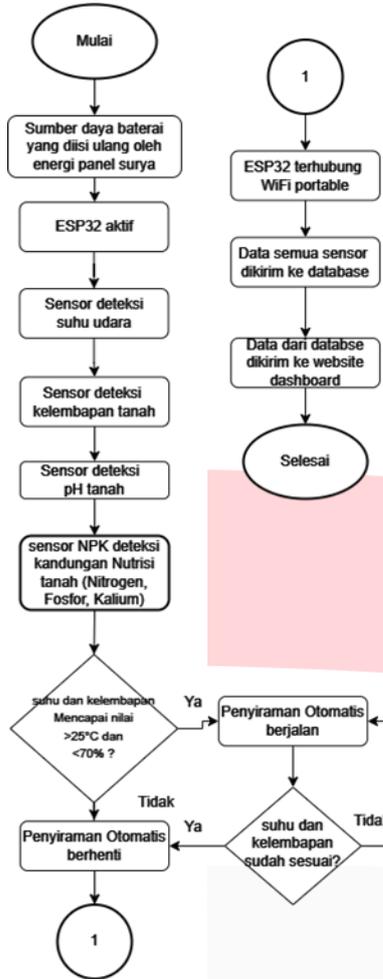
A. Desain Skema Alat



Gambar 1.
Desain Skema Alat

Pada Gambar 1 ESP32 diaktifkan dengan menghubungkannya ke baterai yang menyediakan daya dari panel surya. Sensor kelembapan tanah, sensor kelembapan lingkungan, sensor NPK, dan sensor pH dihubungkan ke ESP32 melalui satu kabel tembaga. Sensor kelembapan tanah, sensor pH, dan sensor NPK dipasang di dalam tanah pada kedalaman 40 cm di dekat tanaman kopi [5], dan sensor suhu lingkungan dipasang di lahan terbuka dekat tanaman kopi. Pompa air terhubung ke ESP32 dan pengaturan irigasi otomatis dimungkinkan. WLAN portabel ditempatkan di dalam housing bersama dengan ESP32 untuk memastikan koneksi yang stabil. Data dari sensor ini dikirim oleh ESP32 yang terhubung ke internet ke database untuk dikumpulkan dan ditampilkan di situs web.

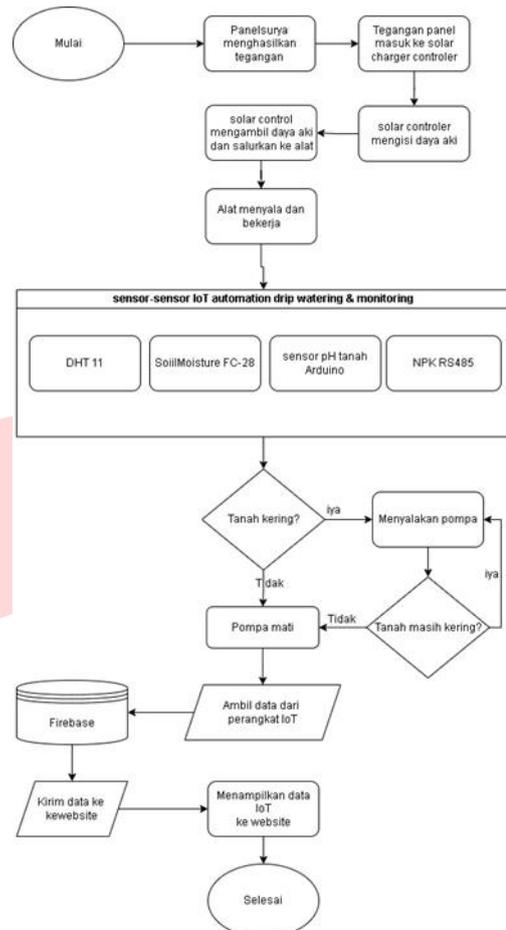
B. Diagram Alur Sistem Pemantauan dan Penyiraman



GAMBAR 2. Diagram Alur Penyiraman

Gambar 2 menunjukkan diagram alur penyiraman. Pertama, panel surya bertindak sebagai sumber daya yang disimpan dalam baterai dan juga memberi daya pada ESP32 dan sensor terkait. Saat ESP32 diaktifkan, perangkat mengumpulkan data suhu, kelembapan, pH tanah, dan unsur hara dari sensor NPK. Penyiraman otomatis diaktifkan ketika suhu di atas 25°C dan kelembapan tanah di bawah 70%. Pompa air dihidupkan dan air dialirkan melalui selang sistem irigasi tetes di sekitar tanaman kopi hingga kelembapan tanah di atas 75%. Data yang dikumpulkan dikirim melalui ESP32 yang terhubung Wi-Fi ke database yang datanya ditampilkan di dashboard situs web. Jika kandungan nitrogen (N) kurang dari 150 mg/kg, kandungan fosfor (P) kurang dari 50 mg/kg, atau kandungan kalium (K) kurang dari 250 mg/kg [6], maka akan muncul notifikasi di layar *website* tersebut menyatakan bahwa tanahnya kurang subur.

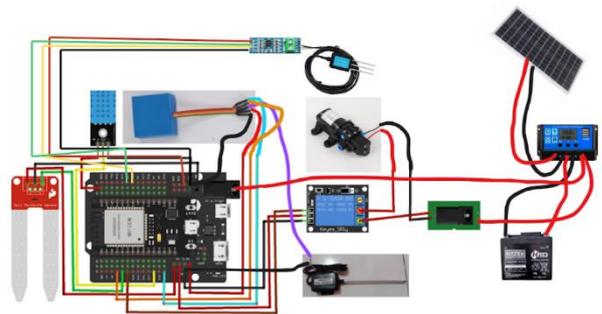
C. Diagram Alur Sistem Penyiraman dan Pemantauan



GAMBAR 3. Diagram Alur Sistem Pemantauan dan Penyiraman

Gambar 3 menunjukkan diagram alur sistem secara menyeluruh dari alat pemantauan dan penyiraman otomatis tanaman kopi.

D. Schematic Desain Perangkat Penyiraman



GAMBAR 4. Schematic Desain Perangkat Penyirama

Gambar 4 merupakan *wiring schematic design* dari perangkat penyiraman yang di rangkai menggunakan aplikasi desktop fritzing.

E. Source Code Sistem Penyiraman

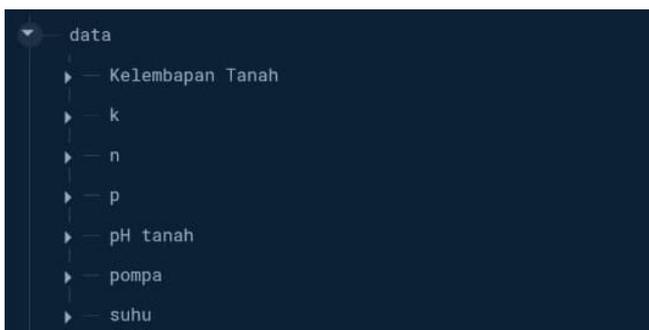
```
#define PUMP 32
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(PUMP, OUTPUT);
}

void loop() {
  if (1 < 70) {
    digitalWrite(PUMP, LOW);
  }
  else if(1 > 70) {
    digitalWrite(PUMP, HIGH);
  }
  delay(1000);
}
```

GAMBAR 5. Source Code Sistem Penyiraman

Pada gambar 5 merupakan *source code* dari sistem penyiraman, kode dibuat menggunakan aplikasi Arduino IDE.

F. Firebase



GAMBAR 6. Hasil Simulasi Firebase

Gambar 6 menunjukkan hasil simulasi perangkat IoT pada pertanian kopi. Data yang ditampilkan pada software Firebase meliputi kelembapan tanah, NPK, pH tanah, pompa, dan suhu.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk memverifikasi kinerja dan pemantauan sistem penyiraman pada topik Pemantauan dan Penyiraman Tanaman Kopi dan Nutrisi Tanah Otomatis Berdasarkan Suhu, Kelembapan, dan Keasaman Berbasis *Internet of Things*. Diharapkan sistem ini dapat mewujudkan pemantauan dan penyiraman secara *real-time* serta mengotomatiskan parameter dalam industri pertanian kopi.

A. Sumber Daya

Pengujian dilakukan dengan pengukuran tegangan dan arus pada *power supply* yaitu aki dan panel surya. Alat untuk pengujian ini antara lain multimeter digital. Tujuan dari pengukuran ini adalah untuk menghitung tegangan dan arus

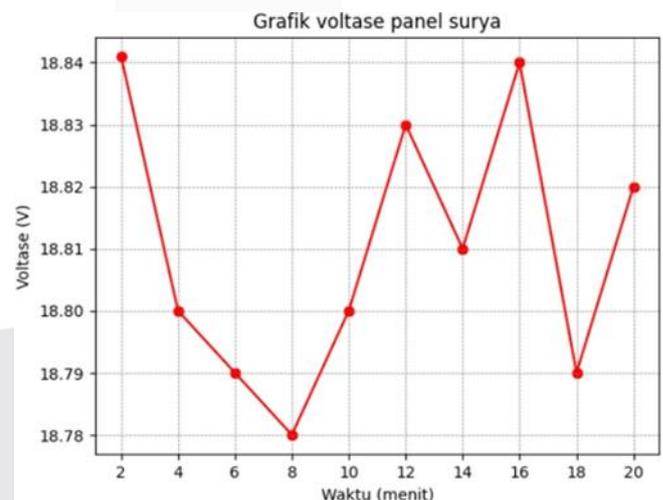


listrik pada *power supply*. Pengujian dilakukan dengan percobaan sebanyak 10 kali.

GAMBAR 7. Pengukuran Power Supply

TABEL 1. Hasil Pengukuran Tegangan Panel Surya

No	Vdc(volt DC)	Waktu(menit)
1	18.841	2
2	18.80	4
3	18.79	6
4	18.78	8
5	18.80	10
6	18.83	12
7	18.81	14
8	18.84	16
9	18.79	18
10	18.82	20



GAMBAR 8. Grafik Pengukuran Tegangan Panel Surya

Tegangan Vdc dihitung nilai rata-rata untuk menemukan nilai pasti tegangan Vdc yang dihasilkan oleh panel surya dengan rumus berikut:

$$\Sigma V_{dc} = \frac{V_{dc} 1 + V_{dc} 2 + V_{dc} 3 + V_{dc} 4 + V_{dc} 5 + V_{dc} 6 + V_{dc} 7 + V_{dc} 8 + V_{dc} 9 + V_{dc} 10}{10}$$

$$\Sigma V_{dc} = \frac{18.81 + 18.8 + 18.79 + 18.78 + 18.8 + 18.83 + 18.81 + 18.84 + 18.79 + 18.82}{10}$$

$$\Sigma V_{dc} = 18.807V$$

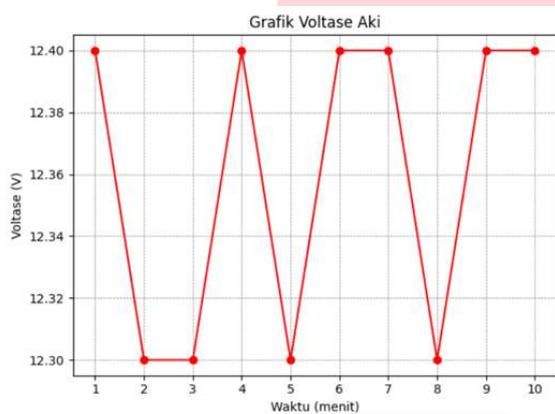
Keterangan:

V_{dc} = Voltase arus DC

Didapat hasil nilai tegangan rata-rata dari panel surya dibawah terik matahari adalah sebesar 18.807V dan sesuai dengan spesifikasi seperti yang dijlaskan pada Tabel 1.

TABEL 2.
Hasil Pengukuran Tegangan Aki

No	Voltase (V)	Waktu(menit)
1	12.4	1
2	12.3	2
3	12.3	3
4	12.4	4
5	12.3	5
6	12.4	6
7	12.4	7
8	12.3	8
9	12.4	9
10	12.4	10
Rata-rata	12.36	-

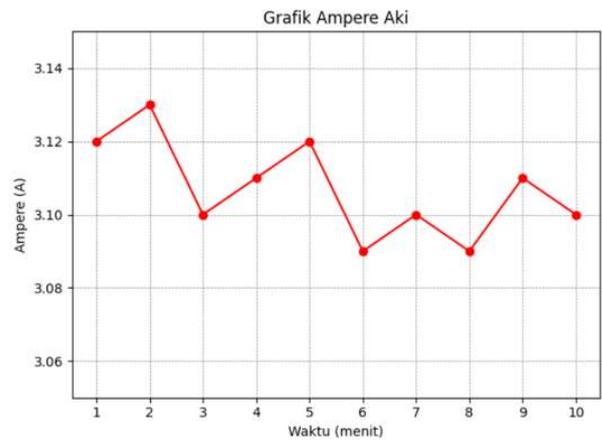


GAMBAR 9.
Grafik Pengukuran Tegangan Aki

Didapat dari Tabel 5.11 hasil rata-rata tegangan yang dapat dihasilkan oleh aki adalah 12.34V

TABEL 3.
Hasil Pengukuran Tegangan Panel Surya

No	Ampere (A)	Waktu(menit)
1	3.12	1
2	3.13	2
3	3.10	3
4	3.11	4
5	3.12	5
6	3.09	6
7	3.10	7
8	3.09	8
9	3.11	9
10	3.10	10
Rata-rata	3.107	-



GAMBAR 10.
Grafik Pengukuran Tegangan Panel Surya

Didapat dari Tabel 5.12 hasil rata-rata ampere yang dapat dihasilkan oleh aki adalah 3.107A.

B. Kalibrasi Sensor

Pengukuran dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui seberapa akurat hasil dari sensor yang digunakan. Pengukuran dilakukan dengan cara membandingkan nilai ukur sensor yang akan digunakan dengan sensor lain yang sudah dijamin akurat nilainya. Untuk sensor kelembaban tanah, cara kalibrasi dilakukan dengan cara menggunakan dua sampel tanah kering dan basah dan ukur nilai tertinggi dan terendah didapat pada sampel tanah yang digunakan.

TABEL 4.
Hasil Sampel Tanah Kering dan Basah

No	Nilai Analog Tanah Kering	Nilai Analog Tanah Basah
1.	995	0
2.	1002	48
3.	1011	65
4.	1021	103
5.	1023	116
6.	996	26
7.	1013	77
8.	1023	90
9.	1012	48
10.	1003	156
presisi	99.01%	99.01%

Berdasarkan Tabel 4, pengukuran nilai sensor kelembaban tanah menggunakan sampel tanah kering didapat nilai paling tinggi 1023. Pengukuran nilai sensor kelembaban menggunakan sampel tanah basah didapat nilai paling rendah 0. Jadi dapat disimpulkan nilai sensor semakin besar maka semakin kering, begitu juga sebaliknya [8]. Dengan demikian didapat rumus untuk mengkonversi nilai sensor kelembaban menjadi persen sebagai berikut:

$$nilai\ kelembaban\% = 100 - (nilai\ sensor \times \frac{100}{nilai\ tertinggi})$$

Dimana nilai tertinggi adalah 1023 berdasarkan hasil dari pengukuran. Nilai deviasi berfungsi untuk mengukur tingkat presisi sensor. Nilai deviasi dari hasil pengukuran adalah

99.01%. Berdasarkan nilai deviasi, dapat disimpulkan bahwa sensor *Soil Moisture* memiliki tingkat presisi akurat.

C. Implementasi



GAMBAR 11.
Proses Penyiraman Tanaman Kopi

V. KESIMPULAN

Studi tersebut menyimpulkan bahwa Indonesia memiliki kondisi geografis yang sangat menguntungkan untuk budidaya kopi karena berbagai faktor seperti variasi topografi, iklim tropis, perbedaan ketinggian, dan kesuburan tanah. Namun tantangan yang dihadapi adalah musim kemarau yang panjang akibat perubahan iklim, daerah pegunungan yang terpencil, dan penggunaan metode pertanian tradisional yang kurang efisien. Untuk mengatasi tantangan ini, solusi otomatis berbasis teknologi IoT telah diperkenalkan. Teknologi yang digubakan mencakup sistem irigasi otomatis dan pemantauan suhu, kelembaban, pH dan nutrisi tanah. Sistem tersebut menggunakan sensor DHT11, *Soil Moisture*, pH, dan RS485 yang terhubung dengan mikrokontroler ESP32 dan didukung energi dari panel surya serta konektivitas internet melalui MiFi Orbit Star. Data dari sensor dikirim ke *server* secara *real-time* dan ditampilkan melalui antarmuka *website*, memungkinkan pemantauan jarak jauh lebih efisien. Hasil penelitian menunjukkan bahwa teknologi ini tidak hanya meningkatkan produktivitas dan efisiensi operasional budidaya kopi, tetapi juga mendukung praktik pertanian berkelanjutan dan ramah lingkungan. Dengan adanya sistem ini, irigasi otomatis akan beroperasi berdasarkan status kelembaban tanah sebenarnya, memastikan tanaman kopi menerima air secara optimal sesuai kebutuhannya, sehingga meningkatkan kualitas tanaman, efisiensi penggunaan sumber daya, dan Peningkatan pemantauan kondisi kebun yang akurat.

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] J. Triyanto, M. Pramuditya Pradana, A. T. Permatasari, N. Rezika, and N. K. Daulay, "MONITORING MULTI SENSOR ESP 32 SECARA REALTIME BERBASIS WEBSITE," 2023.
- [5] Pujiyanto, "Respons Tanaman Kopi Arabika pada Tanah Andisol Terhadap Aplikasi Bahan Organik Response of Arabica Coffee Cultivated on Andisols on Organic Matter Applications".
- [6] 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.