**JURNAL OTOMASI**
**Volume 5, Nomor 1,Mei2025, Page 35-39**
E-ISSN 2807-3436
Available Online at https://ojs.polmed.ac.id/index.php/JOM

# SISTEM MONITORING REAL-TIME PADA DIAGNOSA PENYAKIT KAKAO BERBASIS IOT

**Henokh Sinaga[1], Heru Pranoto[2], Ulfa Hasnita[3]**

[1,3]Program Studi Teknik Elektronika, Politeknik Negeri Medan
[2]Program Studi Teknologi Rekayasa Otomasi, Politeknik Negeri Medan
Program Studi Teknik Elektronika, Politeknik Negeri Medan, email:
Email: [1]henoksinaga004@gmail.com, [2]herupranoto@polmed.ac.id, [3]ulfahasnita@polmed.ac.id

**Abstract**

Cocoa is one of Indonesia's leading commodities with high economic value but is vulnerable to environmental changes and disease infections. This study designs a real-time monitoring and disease diagnosis system for cocoa plants based on the Internet of Things (IoT) and expert systems. The system utilizes an ESP32 microcontroller connected with DHT11, soil moisture sensors (surface and root), and HC-SR04 ultrasonic sensors. Sensor data are transmitted via HTTP POST to a server, displayed on an I2C LCD, and combined with user-selected symptoms through a web interface (HTML/PHP). An expert system processes the data to identify diseases such as Anthracnose, Vascular Streak Dieback (VSD), and Leaf Beetle infestations with up to 95% confidence. Automatic actuators (pump, buzzer, LED) respond to soil moisture conditions. Testing on 20 samples shows stable operation and effective integration between hardware and software, enabling precision farming support.

**Keywords:**
*IoT, ESP32, expert system, cocoa plant, disease diagnosis.*

**Abstrak**

Kakao merupakan salah satu komoditas unggulan Indonesia dengan nilai ekonomi tinggi, tetapi rentan terhadap perubahan lingkungan dan infeksi penyakit. Penelitian ini merancang sistem pemantauan dan diagnosis penyakit secara real-time untuk tanaman kakao berbasis Internet of Things (IoT) dan sistem pakar. Sistem ini menggunakan mikrokontroler ESP32 yang terhubung dengan DHT11, sensor kelembapan tanah (permukaan dan akar), dan sensor ultrasonik HC-SR04. Data sensor dikirimkan melalui HTTP POST ke server, ditampilkan pada LCD I2C, dan dikombinasikan dengan gejala yang dipilih pengguna melalui antarmuka web (HTML/PHP). Sistem pakar memproses data untuk mengidentifikasi penyakit seperti Antraknosa, Vascular Streak Dieback (VSD), dan infestasi Kumbang Daun dengan keyakinan hingga 95%. Aktuator otomatis (pompa, buzzer, LED) merespons kondisi kelembapan tanah. Pengujian pada 20 sampel menunjukkan operasi yang stabil dan integrasi yang efektif antara perangkat keras dan perangkat lunak, yang memungkinkan dukungan pertanian presisi.

**Kata Kunci:**
*IoT, ESP32, sistem pakar, tanaman kakao, diagnosis penyakit.*

# 1. PENDAHULUAN/INTRODUCTION

Indonesia merupakan salah satu produsen kakao utama dunia, dengan luas perkebunan sekitar 1,46 juta hektar dan volume produksi 688.210 ton yang tercatat pada tahun 2021 [1]. Kakao bukan hanya komoditas ekspor penting yang memberikan kontribusi signifikan terhadap perekonomian negara, tetapi juga sumber penghidupan bagi jutaan petani kecil. Namun, tanaman kakao rentan terhadap tekanan lingkungan dan ancaman biologis seperti hama dan penyakit. Di banyak perkebunan petani kecil, kurangnya sistem pemantauan berkelanjutan dan deteksi dini sering kali mengakibatkan respons yang terlambat terhadap masalah kesehatan tanaman, yang menyebabkan kehilangan hasil dan penurunan kualitas biji kakao. Situasi ini menyoroti kebutuhan mendesak akan solusi inovatif yang memungkinkan petani untuk memantau dan mengelola kesehatan tanaman secara real-time.

Perkembangan pesat Internet of Things (IoT) memberikan peluang untuk mengatasi tantangan ini. Sistem berbasis IoT dapat mengintegrasikan sensor, mikrokontroler, dan teknologi komunikasi untuk memberikan pemantauan berkelanjutan terhadap kondisi lingkungan dan indikator kesehatan tanaman [2]. Dengan mengumpulkan data seperti suhu, kelembapan, kelembapan tanah, dan ketinggian air, petani dapat membuat keputusan yang lebih baik terkait irigasi, pemupukan, dan pencegahan penyakit. Lebih lanjut, ketika sistem IoT dikombinasikan dengan sistem pakar, sistem tersebut tidak hanya dapat menyediakan data mentah tetapi juga diagnosis cerdas dan rekomendasi penanganan. Integrasi ini khususnya relevan dalam konteks pertanian pedesaan, di mana petani mungkin memiliki akses terbatas ke ahli agronomi atau pakar pertanian.

Penelitian sebelumnya telah menunjukkan potensi IoT di bidang pertanian, seperti sistem irigasi otomatis, pemantauan iklim, dan identifikasi penyakit [3]. Namun, banyak dari sistem ini hanya berfokus pada parameter tunggal atau kurang terintegrasi dengan perangkat pendukung keputusan. Penelitian ini mengatasi kesenjangan tersebut dengan mengembangkan sistem pemantauan dan diagnosis penyakit secara real-time khusus untuk perkebunan kakao. Sistem ini menggunakan mikrokontroler ESP32 dan beberapa sensor untuk memantau kondisi tanaman, sementara sistem pakar menganalisis data sensor dan gejala yang dimasukkan pengguna untuk mengidentifikasi penyakit seperti Antraknosa, Vascular Streak Dieback (VSD), dan infestasi Kumbang Daun. Tujuannya adalah untuk meningkatkan ketepatan dan efisiensi pengelolaan perkebunan, mengurangi kerugian akibat deteksi yang terlambat, dan mendukung praktik pertanian berkelanjutan di Indonesia.

# 2. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian ini terdiri dari empat tahap utama: perancangan sistem, pengembangan perangkat keras, pengembangan perangkat lunak, dan pengujian sistem. Tujuannya adalah membangun prototipe yang mengintegrasikan sensor berbasis IoT, mikrokontroler, dan sistem pakar untuk memantau kondisi tanaman kakao dan mendiagnosis penyakit secara real-time.

## 2.1.Desain Sistem

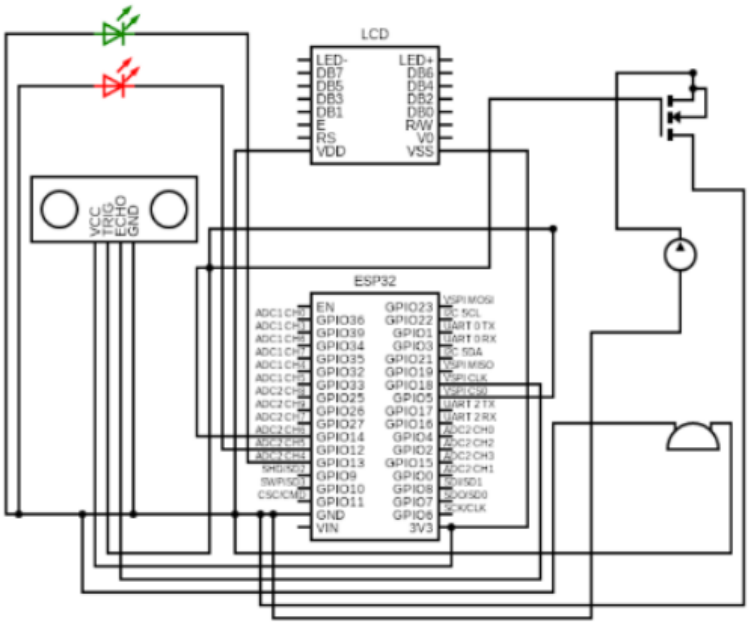
Arsitektur sistem mengintegrasikan beberapa komponen:

- Unit Penginderaan: Meliputi DHT11 (suhu dan kelembapan), Kelembapan Tanah V1.2 dan YL-69 (kelembapan permukaan dan akar), serta sensor ultrasonik HC-SR04 (ketinggian air).
- Unit Pemrosesan: Mikrokontroler ESP32 sebagai pengontrol inti, yang bertanggung jawab atas akuisisi data, pra-pemrosesan, dan komunikasi.
- Unit Komunikasi: Data dikirimkan melalui protokol HTTP POST ke server lokal (Laragon + MySQL).
- Modul Sistem Pakar: Antarmuka berbasis web tempat pengguna dapat memilih gejala. Sistem pakar menerapkan aturan IF–THEN untuk menentukan jenis penyakit.
- Unit Aktuasi: Pompa 12V DC, buzzer, dan LED untuk memberikan respons otomatis seperti irigasi atau sinyal peringatan.
- Antarmuka Pengguna: LCD 16×2 untuk tampilan lokal dan dasbor web (PHP + HTML) untuk pemantauan jarak jauh.

## 2.2.Pengembangan Perangkat Keras

ESP32 berfungsi sebagai hub pusat. Sensor terhubung ke pin GPIO-nya, sementara driver MOSFET digunakan untuk mengendalikan pompa air DC. Prototipe perangkat keras ini dipasang di atas alas akrilik dengan rangka kayu agar tahan lama. Daya disuplai oleh power bank 10.000 mAh untuk memastikan portabilitas dan pengoperasian yang

berkelanjutan dalam kondisi lapangan. Diagram pengkabelan memastikan koneksi yang andal antara ESP32, sensor, dan aktuator.




Gambar 1. Wiring Diagram

## 2.3.Pengembangan Perangkat Lunak

Pemrograman dilakukan menggunakan Arduino IDE dengan bahasa C/C++. Firmware ESP32 menangani:

- Inisialisasi dan kalibrasi sensor.
- Pengumpulan data berkala setiap 5 detik.
- Transmisi nilai sensor ke server melalui HTTP POST.
- Pembaruan tampilan lokal pada LCD.
- Pengambilan keputusan untuk kontrol aktuator (pompa menyala saat tanah kering, buzzer menyala saat terjadi anomali).

Server diimplementasikan menggunakan Laragon sebagai lingkungan pengembangan lokal dengan Apache dan MySQL. Antarmuka web dikembangkan menggunakan PHP, HTML, dan JavaScript untuk memungkinkan visualisasi data secara real-time dan interaksi pengguna untuk diagnosis sistem pakar.

```
// Source code for ESP32 implementation
#include <WiFi.h>
#include <HTTPClient.h>
#include <DHT.h>
#define DHTPIN 4
#define DHTTYPE DHT11
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  dht.begin();
  WiFi.begin("SSID","PASSWORD");
  while(WiFi.status()!=WL_CONNECTED) { delay(1000); }
}
void loop() {
  float t = dht.readTemperature();
  float h = dht.readHumidity();
  if(WiFi.status()==WL_CONNECTED) {
    HTTPClient http;
    http.begin("http://server/post.php");
    http.addHeader("Content-Type","application/x-www-form-urlencoded");
    String data = "temp="+String(t)+"&hum="+String(h);
    http.POST(data);
```

```
    http.end();
  }
  delay(5000);
}
```

## 2.4.Integrasi Sistem Pakar

Sistem pakar menggunakan basis pengetahuan yang terdiri dari 21 gejala dan 11 penyakit berkode. Inferensi berbasis aturan (IF–THEN) menentukan jenis penyakit berdasarkan kombinasi data sensor dan masukan pengguna. Contoh:

- IF {Buah berbintik cokelat, Kelembapan tanah < 20%} → THEN {Antraknosa dengan tingkat keyakinan 0,95}.
- Hasilnya ditampilkan di dasbor web beserta rekomendasi penanganan (aplikasi fungisida, pemangkasan, atau irigasi).

# 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem pemantauan dan diagnosis penyakit berbasis IoT yang telah dikembangkan untuk tanaman kakao telah diuji coba di lingkungan perkebunan nyata di Pematang Siantar dengan sampel 20 pohon kakao. Hasil evaluasi disajikan dalam beberapa aspek: kinerja sensor, transmisi data, diagnosis sistem pakar, respons aktuator, dan stabilitas sistem secara keseluruhan.

## 3.1.Kinerja Sensor

Semua sensor yang digunakan dalam sistem telah divalidasi terhadap instrumen referensi. Sensor suhu dan kelembapan DHT11 menunjukkan deviasi rata-rata ±1,8 °C untuk suhu dan ±4,5% untuk kelembapan relatif, yang berada dalam toleransi untuk pemantauan pertanian. Sensor Kelembapan Tanah V1.2 dan YL-69 memberikan pembacaan yang konsisten di berbagai kedalaman tanah, memungkinkan diferensiasi yang akurat antara kelembapan permukaan dan kelembapan akar. Sensor ultrasonik HC-SR04 mencapai akurasi 0,5–1 cm dalam mengukur ketinggian air, yang memadai untuk pengendalian irigasi. Hasil ini menegaskan bahwa sensor yang terintegrasi ke dalam ESP32 dapat dengan andal mengumpulkan data lingkungan dan tanah yang dibutuhkan untuk diagnosis penyakit.

## 3.2.Transmisi Data dan Integrasi Server

Transmisi data dari ESP32 ke server menggunakan HTTP POST diuji dalam operasi berkelanjutan selama 72 jam. Tingkat keberhasilan pengiriman paket mencapai 98,7%, dengan penundaan minimal (rata-rata <2 detik). Integrasi dengan server lokal berbasis Laragon dan basis data MySQL berjalan lancar, memastikan data sensor dicatat secara real-time dan ditampilkan di LCD 16x2 maupun dasbor berbasis web. Hal ini menegaskan bahwa sistem dapat memberikan informasi tepat waktu bagi petani dengan kehilangan data minimal.

## 3.3.Diagnosa Sistem Pakar

Sistem pakar berbasis aturan diuji menggunakan 21 gejala berkode dan 11 jenis penyakit kakao. Dalam uji lapangan, sistem berhasil mengidentifikasi kasus Antraknosa, Vascular Streak Dieback (VSD), dan infestasi Kumbang Daun dengan tingkat keyakinan hingga 95%. Dari 20 sampel, 14 pohon terdiagnosis terinfeksi, dan diagnosis sistem pakar sesuai dengan observasi petani dan inspeksi visual dalam 13 kasus (akurasi 92,8%). Rekomendasi penanganan yang dihasilkan, seperti pemangkasan cabang yang terinfeksi, penggunaan fungisida, dan optimalisasi irigasi, dinilai relevan dan praktis untuk diaplikasikan di lapangan.

## 3.4.Respon Aktuator

Sistem ini menggabungkan pompa DC 12V, buzzer, dan LED sebagai aktuator. Ketika kelembapan tanah turun di bawah 20%, ESP32 memicu pompa secara otomatis, memastikan irigasi tepat waktu. Buzzer memberikan peringatan ketika kondisi abnormal (misalnya, kelembapan atau suhu ekstrem) terdeteksi, sementara indikator LED memberikan umpan balik visual secara langsung mengenai status sistem. Uji lapangan mengonfirmasi bahwa respons aktuator diaktifkan dalam 2-3 detik setelah deteksi ambang batas, yang menunjukkan responsivitas logika kontrol.

## 3.5.Stabilitas dan Kegunaan Sistem

Sistem prototipe diterapkan secara berkelanjutan di lapangan. Selama periode observasi 72 jam, tidak ada kerusakan sistem atau kegagalan kritis yang terjadi. Catu daya yang menggunakan power bank 10.000 mAh mampu beroperasi hingga 14 jam tanpa henti sebelum perlu diisi ulang. Dasbor berbasis web dapat diakses melalui perangkat seluler, sehingga mudah digunakan oleh petani. Umpan balik kualitatif dari operator lapangan menunjukkan bahwa sistem ini menyederhanakan tugas pemantauan dan memberikan wawasan yang dapat ditindaklanjuti yang sebelumnya tidak tersedia.

### 3.6.Diskusi

Hasilnya menunjukkan bahwa menggabungkan sensor IoT dengan sistem pakar secara signifikan meningkatkan pemantauan dan pengelolaan perkebunan kakao. Dibandingkan dengan pemantauan manual konvensional, sistem ini menyediakan deteksi dini, data objektif, dan diagnosis yang konsisten. Tingkat akurasi di atas 90% dalam identifikasi penyakit menunjukkan potensinya sebagai alat pendukung keputusan bagi petani. Namun, beberapa keterbatasan teridentifikasi, seperti akurasi DHT11 yang terbatas dalam kondisi ekstrem dan ketergantungan pada konektivitas Wi-Fi untuk transfer data berkelanjutan. Peningkatan di masa mendatang dapat mencakup peningkatan ke sensor yang lebih presisi (misalnya, DHT22 atau SHT31), integrasi protokol komunikasi jarak jauh seperti LoRa, dan pengembangan aplikasi seluler untuk aksesibilitas yang lebih luas.

## 4. SIMPULAN

Studi ini menunjukkan bahwa integrasi IoT dengan sistem pakar memungkinkan pemantauan dan diagnosis penyakit tanaman kakao yang efektif. Prototipe berbasis ESP32 menunjukkan kinerja yang stabil, deteksi penyakit yang akurat, dan kontrol aktuator yang efisien. Sistem ini berpotensi meningkatkan manajemen perkebunan, mengurangi kehilangan hasil panen, dan mendukung praktik pertanian presisi.

Pekerjaan Mendatang: Memperluas basis data penyakit, mengintegrasikan protokol nirkabel jarak jauh (LoRa/4G), dan pengembangan aplikasi seluler.

## DAFTAR PUSTAKA

[1.] Franz, A., Nurlaila, N., & Andayani, P. Y. . (2020). Expert System for Diagnosing Cocoa Diseases Using the Dempster Shafer Method. TEPIAN, 1(1), 35–43. https://doi.org/10.51967/tepian.v1i1.49

[2.] Yosi Apriani, M. Aidil Dwiansyah, Wiwin A Oktaviani, & Muhammad Hurairah. (2023). Iot Monitoring Using ESP8266 on Solar Powered Aerator. *Formosa Journal of Sustainable Research*, *2*(1), 183–194. https://doi.org/10.55927/fjsr.v2i1.2560

[3.] Pane, R., Purnama, I., Dar Hasibuan, H., & Rasyid Munthe, I. (2024). Automatic Monitoring System Iot (Internet Of Things) Based Water Tanks . *International Journal of Science, Technology & Management*, *5*(4), 1008-1014. https://doi.org/10.46729/ijstm.v5i4.1151

[4.] B Siregar, S Efendi, H Pranoto, R Ginting, U Andayani… Remote monitoring system for hydroponic planting media, International conference on ICT for smart society …, 2017

[5.] SM Waluyo, I Mirda, MR Musyaffa, MAM Batubara, Design of A Low Cost Three Dimensional Anemometer Device for Carbon Flux Measurement, IEEE International Workshop on Metrology for Agricuture 2024

[6.] RandomNerdTutorials, 'ESP32 Pinout Reference,' 2021.

[7.] Elprocus, 'Piezoelectric Materials,' 2020.

[8.] Electronics For U, 'LCD and I2C Integration,' 2020.

[9.] Author, 'Artificial Intelligence and Expert Systems,' 2019.