

Implementasi Metode Gaussian Naive Bayes dan Rule-Based System Pada Sistem Penyiraman Otomatis Tanaman Tomat Berbasis IoT Berdasarkan Kelembapan Tanah dan Suhu Udara

Eli¹, Noviyanti P^{2*}

^{1,2}Program Studi Teknologi Informasi, Institut Shanti Bhuaana, Bengkulu, Indonesia

Email: ^{1*}egia2718@gmail.com, novianti@shantibhuana.ac.id^{2*}

(*Email Corresponding Author: novianti@shantibhuana.ac.id)

Received: 18 Juni 2026 | Revision: 21 Juni 2026 | Accepted: 21 Juni 2026

Abstrak

Penyiraman tanaman tomat yang masih dilakukan secara manual sering menimbulkan permasalahan berupa ketidaktepatan waktu penyiraman dan penggunaan air yang kurang efisien. Kondisi tersebut dapat menyebabkan kelembapan tanah tidak berada pada tingkat optimal sehingga berdampak terhadap pertumbuhan dan produktivitas tanaman. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem penyiraman tanaman tomat otomatis berbasis Internet of Things (IoT) dengan mengintegrasikan metode Gaussian Naive Bayes dan Rule-Based System. Sistem menggunakan sensor kelembapan tanah dan sensor suhu udara sebagai parameter utama dalam menentukan kebutuhan penyiraman tanaman. Data yang diperoleh dari sensor diproses menggunakan metode Gaussian Naive Bayes untuk mengklasifikasikan kondisi penyiraman ke dalam kategori Siram dan Tidak Siram. Selanjutnya, hasil klasifikasi dipadukan dengan Rule-Based System untuk menghasilkan keputusan akhir dalam mengaktifkan atau menonaktifkan pompa air secara otomatis. Sistem dikendalikan menggunakan NodeMCU ESP8266 yang terhubung dengan aplikasi Blynk sehingga memungkinkan proses monitoring dilakukan secara real-time melalui jaringan internet. Hasil yang diharapkan dari penelitian ini adalah terciptanya sistem penyiraman otomatis yang mampu menjaga kelembapan tanah pada rentang ideal 60%–80%, meningkatkan efisiensi penggunaan air, serta membantu petani dalam melakukan pemantauan kondisi tanaman secara lebih efektif. Dengan penerapan Gaussian Naive Bayes dan Rule-Based System, sistem diharapkan mampu menghasilkan keputusan penyiraman yang lebih akurat dan adaptif terhadap kondisi lingkungan tanaman tomat.

Kata Kunci: Internet of Things, Gaussian Naive Bayes, Rule-Based System, Penyiraman Otomatis, Tanaman Tomat.

Abstract

Manual watering of tomato plants often results in inaccurate irrigation schedules and inefficient water usage. These conditions may cause soil moisture levels to remain outside the optimal range, thereby affecting plant growth and productivity. This study aims to design and develop an Internet of Things (IoT)-based automatic tomato irrigation system by integrating the Gaussian Naive Bayes and Rule-Based System methods. The system utilizes soil moisture and air temperature sensors as the main parameters for determining irrigation requirements. Sensor data are processed using the Gaussian Naive Bayes algorithm to classify irrigation conditions into Watering and Non-Watering categories. The classification results are then combined with a Rule-Based System to generate the final decision for automatically activating or deactivating the water pump. The system is controlled by a NodeMCU ESP8266 microcontroller connected to the Blynk application, enabling real-time monitoring through an internet network. The expected outcome of this research is an automatic irrigation system capable of maintaining soil moisture within the ideal range of 60%–80%, improving water-use efficiency, and assisting farmers in monitoring plant conditions more effectively. By implementing the Gaussian Naive Bayes and Rule-Based System methods, the proposed system is expected to provide more accurate and adaptive irrigation decisions according to the environmental conditions of tomato plants.

Keywords: Internet of Things, Gaussian Naive Bayes, Rule-Based System, Automatic Irrigation, Tomato Plants.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi telah mendorong lahirnya berbagai inovasi di berbagai bidang, termasuk sektor pertanian[1], [2]. Salah satu teknologi yang banyak diterapkan dalam bidang pertanian modern adalah Internet of Things (IoT). Teknologi IoT memungkinkan berbagai perangkat elektronik saling terhubung melalui jaringan internet untuk melakukan proses monitoring, pengumpulan data, dan pengendalian secara otomatis[3], [4]. Penerapan IoT dalam bidang pertanian dikenal dengan istilah smart farming, yaitu konsep pertanian cerdas yang memanfaatkan teknologi digital untuk meningkatkan efisiensi, produktivitas, dan kualitas hasil pertanian[5], [6]. Melalui penerapan smart farming, berbagai aktivitas pertanian yang sebelumnya dilakukan secara manual dapat diotomatisasi sehingga mampu mengurangi ketergantungan terhadap tenaga manusia serta meningkatkan efektivitas pengelolaan lahan pertanian.

Salah satu faktor penting yang menentukan keberhasilan budidaya tanaman adalah ketersediaan air yang sesuai dengan kebutuhan tanaman. Air berperan penting dalam berbagai proses fisiologis tanaman seperti fotosintesis, penyerapan unsur hara, dan pertumbuhan vegetatif maupun generatif[7], [8]. Ketidaksesuaian jumlah air yang diberikan dapat menyebabkan berbagai permasalahan pada tanaman. Kekurangan air dapat mengakibatkan tanaman mengalami

stres, pertumbuhan terhambat, daun layu, hingga penurunan hasil panen. Sebaliknya, kelebihan air dapat menyebabkan pembusukan akar, meningkatnya risiko serangan penyakit, serta menurunkan kualitas tanaman. Oleh karena itu, proses penyiraman harus dilakukan secara tepat dan sesuai dengan kondisi lingkungan agar tanaman dapat tumbuh secara optimal.

Tanaman tomat merupakan salah satu komoditas hortikultura yang memiliki nilai ekonomi tinggi dan banyak dibudidayakan di Indonesia[9], [10]. Tanaman ini membutuhkan kondisi lingkungan tertentu agar dapat tumbuh dengan baik, terutama terkait kelembapan tanah dan suhu udara. Kelembapan tanah yang ideal untuk pertumbuhan tanaman tomat berada pada kisaran 60% hingga 80%, sedangkan suhu udara optimal berkisar antara 24°C hingga 30°C. Apabila kelembapan tanah berada di bawah batas ideal, tanaman berisiko mengalami kekurangan air yang dapat menghambat pertumbuhan dan menurunkan produktivitas buah. Sebaliknya, kelembapan yang terlalu tinggi dapat menyebabkan akar tanaman kekurangan oksigen dan meningkatkan risiko serangan penyakit. Oleh karena itu, diperlukan sistem yang mampu memantau kondisi lingkungan secara berkelanjutan dan memberikan penyiraman secara otomatis sesuai kebutuhan tanaman.

Pada praktiknya, proses penyiraman tanaman tomat masih banyak dilakukan secara manual oleh petani. Metode ini memiliki berbagai keterbatasan, seperti ketergantungan terhadap kehadiran petani di lokasi, kesulitan dalam menentukan waktu penyiraman yang tepat, serta potensi pemborosan air akibat penyiraman yang berlebihan. Selain itu, perubahan kondisi cuaca yang tidak menentu juga menjadi tantangan dalam menentukan kebutuhan air tanaman. Kondisi tersebut menunjukkan perlunya suatu sistem penyiraman otomatis yang mampu bekerja berdasarkan kondisi aktual lingkungan sehingga penyiraman dapat dilakukan secara lebih efektif dan efisien.

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengembangkan sistem penyiraman otomatis berbasis IoT dengan memanfaatkan sensor kelembapan tanah dan sensor suhu udara sebagai sumber data utama[11], [12]. Naive Bayes mampu digunakan untuk mengklasifikasikan kondisi tanah berdasarkan data sensor dengan tingkat akurasi yang baik[13]. Mengembangkan sistem smart irrigation berbasis IoT yang mampu meningkatkan efisiensi penggunaan air melalui pemanfaatan data lingkungan secara real-time[14], [15]. pendekatan rule-based system pada sistem irigasi cerdas dan memperoleh hasil bahwa penggunaan aturan logika dapat membantu sistem dalam mengambil keputusan penyiraman secara konsisten.. Sementara itu, membuktikan bahwa metode Gaussian Naive Bayes mampu melakukan klasifikasi kondisi lingkungan dengan baik meskipun data yang digunakan memiliki variasi yang cukup tinggi.

Meskipun berbagai penelitian tersebut telah berhasil mengembangkan sistem penyiraman otomatis berbasis IoT, sebagian besar penelitian masih menggunakan satu pendekatan pengambilan keputusan, baik berupa metode klasifikasi maupun metode berbasis aturan. Penggunaan metode klasifikasi saja berpotensi menghasilkan keputusan yang kurang stabil ketika terjadi variasi data sensor yang ekstrem. Sebaliknya, penggunaan metode berbasis aturan saja memiliki keterbatasan dalam melakukan analisis terhadap pola data yang kompleks. Berdasarkan kondisi tersebut, diperlukan suatu pendekatan yang mampu menggabungkan keunggulan kedua metode sehingga keputusan penyiraman yang dihasilkan menjadi lebih akurat dan adaptif terhadap perubahan kondisi lingkungan.

Penelitian ini menawarkan solusi berupa pengembangan sistem penyiraman tanaman tomat otomatis berbasis Internet of Things dengan mengintegrasikan metode Gaussian Naive Bayes dan Rule-Based System. Metode Gaussian Naive Bayes digunakan untuk melakukan klasifikasi kebutuhan penyiraman berdasarkan data kelembapan tanah dan suhu udara yang diperoleh dari sensor. Selanjutnya, hasil klasifikasi tersebut akan diproses menggunakan Rule-Based System sebagai mekanisme validasi dan pengambilan keputusan akhir dalam mengaktifkan atau menonaktifkan pompa air. Kombinasi kedua metode tersebut diharapkan mampu meningkatkan akurasi keputusan penyiraman serta mengurangi kemungkinan kesalahan yang disebabkan oleh fluktuasi data sensor.

Sistem yang dikembangkan menggunakan NodeMCU ESP8266 sebagai mikrokontroler utama yang terhubung dengan sensor kelembapan tanah, sensor suhu DHT11, modul relay, dan pompa air. Selain itu, sistem juga memanfaatkan platform Blynk sebagai media monitoring sehingga pengguna dapat memantau kondisi kelembapan tanah, suhu udara, dan status penyiraman secara real-time melalui perangkat smartphone. Dengan adanya fitur monitoring dan kontrol berbasis internet, pengguna dapat memperoleh informasi kondisi tanaman kapan saja dan di mana saja tanpa harus berada langsung di lokasi pertanian.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem penyiraman tanaman tomat otomatis berbasis IoT menggunakan metode Gaussian Naive Bayes dan Rule-Based System. Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan sistem yang mampu menjaga kelembapan tanah pada kondisi optimal, meningkatkan efisiensi penggunaan air, mempermudah proses monitoring tanaman, serta mendukung penerapan teknologi smart farming yang lebih efektif dan berkelanjutan. Selain itu, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi pengembangan sistem otomatisasi pertanian berbasis kecerdasan buatan dan Internet of Things pada masa mendatang.

2. METODOLOGI PENELITIAN

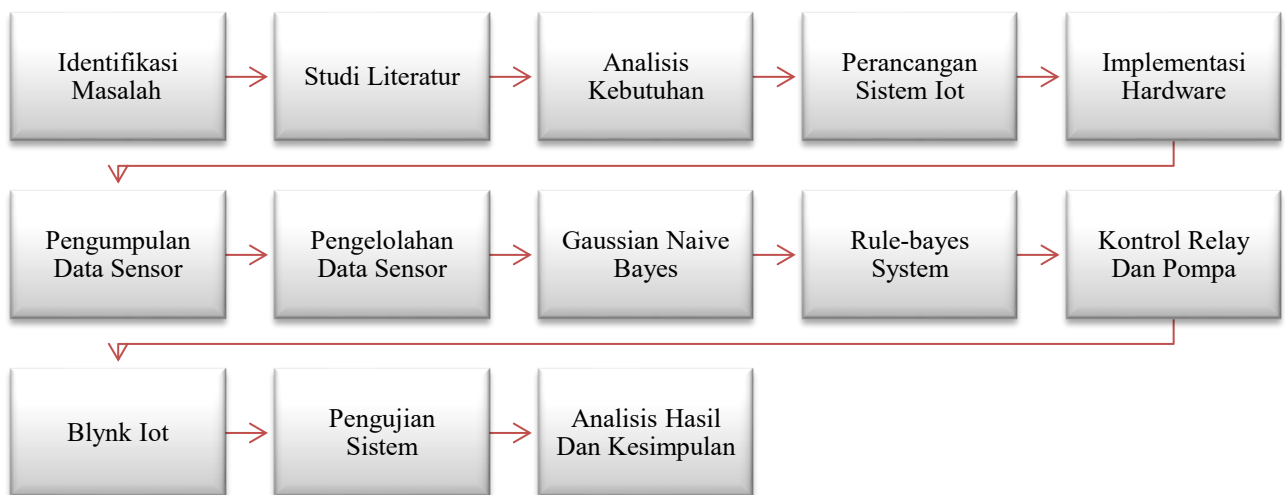
Penelitian ini menggunakan metode penelitian rekayasa perangkat (engineering research) yang berfokus pada perancangan dan implementasi sistem penyiraman tanaman tomat otomatis berbasis Internet of Things (IoT). Sistem yang dikembangkan memanfaatkan sensor kelembapan tanah dan sensor suhu udara sebagai sumber data utama untuk menentukan kebutuhan penyiraman tanaman. Data yang diperoleh dari sensor kemudian diproses menggunakan metode

Gaussian Naive Bayes untuk mengklasifikasikan kondisi penyiraman, selanjutnya hasil klasifikasi divalidasi menggunakan Rule-Based System untuk menghasilkan keputusan akhir berupa aktivasi atau deaktivasi pompa air.

Penelitian dilaksanakan di Pusat Pertanian Kebun Karmel dengan objek penelitian berupa tanaman tomat. Perangkat keras yang digunakan terdiri dari NodeMCU ESP8266, sensor kelembapan tanah (Soil Moisture Sensor), sensor suhu DHT11, relay, pompa air, LCD 16x2 I2C, serta aplikasi Blynk sebagai media monitoring berbasis internet. Adapun perangkat lunak yang digunakan meliputi Arduino IDE sebagai media pemrograman sistem dan platform Blynk untuk menampilkan data monitoring secara real-time.

2.1 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 1.



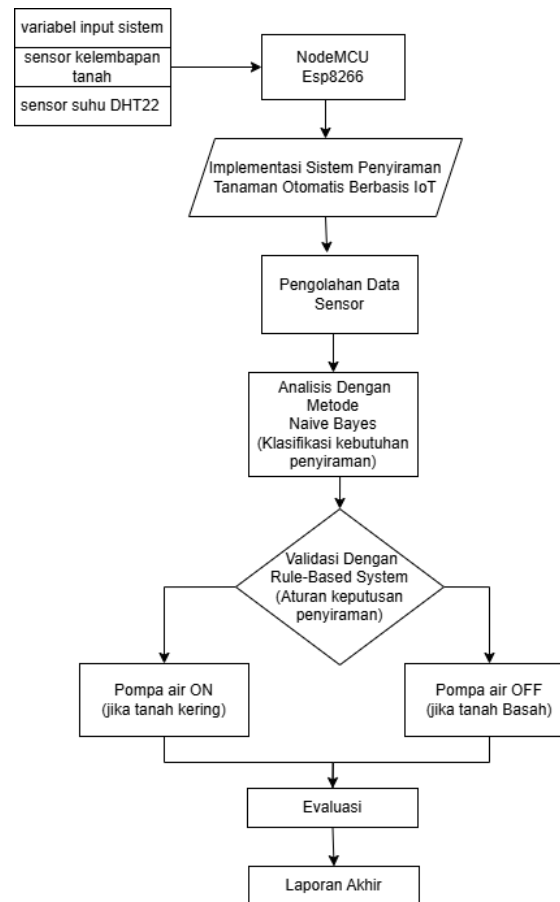
Gambar 1. Tahapan Penelitian Sistem Penyiraman Tanaman Tomat Otomatis Berbasis IoT Menggunakan Gaussian Naive Bayes dan Rule-Based System

Berdasarkan Gambar 1, tahapan penelitian dimulai dari identifikasi masalah yang terjadi pada proses penyiraman tanaman tomat yang masih dilakukan secara manual. Selanjutnya dilakukan studi literatur untuk memperoleh informasi mengenai Internet of Things, sistem penyiraman otomatis, Gaussian Naive Bayes, Rule-Based System, serta penelitian terdahulu yang relevan.

Tahap berikutnya adalah analisis kebutuhan sistem yang meliputi kebutuhan perangkat keras dan perangkat lunak. Setelah kebutuhan sistem ditentukan, dilakukan perancangan sistem yang mencakup desain rangkaian elektronik, desain alur data, serta perancangan algoritma pengambilan keputusan penyiraman. Setelah proses perancangan selesai, dilakukan pengumpulan data dari sensor kelembapan tanah dan sensor suhu udara yang digunakan sebagai data latih dan data uji dalam metode Gaussian Naive Bayes.

Data sensor yang diperoleh kemudian diproses menggunakan Gaussian Naive Bayes untuk mengklasifikasikan kondisi penyiraman ke dalam kelas Siram dan Tidak Siram. Hasil klasifikasi tersebut selanjutnya diproses menggunakan Rule-Based System sebagai mekanisme validasi keputusan sehingga pompa air hanya akan aktif sesuai kondisi lingkungan yang terdeteksi. Tahap terakhir adalah pengujian sistem dan evaluasi hasil untuk mengetahui tingkat keberhasilan sistem dalam melakukan penyiraman otomatis.

2.2 Kerangka Konseptual Sistem



Gambar 2. Flowchart Alur

Kerangka konseptual penelitian menggambarkan alur kerja sistem penyiraman tanaman tomat otomatis berbasis Internet of Things (IoT) yang mengintegrasikan metode Gaussian Naive Bayes dan Rule-Based System. Sistem diawali dengan pembacaan data dari sensor kelembapan tanah (soil moisture sensor) dan sensor suhu udara (DHT11). Data yang diperoleh kemudian dikirim ke NodeMCU ESP8266 sebagai pusat pengolahan data.

Selanjutnya, data sensor diproses menggunakan metode Gaussian Naive Bayes untuk mengklasifikasikan kondisi penyiraman ke dalam kategori Siram atau Tidak Siram berdasarkan probabilitas yang dihitung dari data latih. Hasil klasifikasi tersebut kemudian divalidasi menggunakan Rule-Based System yang berfungsi sebagai pengambil keputusan akhir berdasarkan aturan yang telah ditentukan.

Keputusan yang dihasilkan berupa kondisi pompa air ON atau OFF. Jika kondisi memenuhi kebutuhan penyiraman, relay akan mengaktifkan pompa air untuk melakukan penyiraman secara otomatis. Sebaliknya, jika kondisi tanah masih memenuhi kebutuhan air tanaman, pompa akan tetap dalam keadaan mati. Seluruh informasi mengenai kelembapan tanah, suhu udara, hasil klasifikasi, dan status pompa ditampilkan melalui aplikasi Blynk sehingga dapat dipantau secara real-time oleh pengguna.

2.3 Penerapan Metode Gaussian Naive Bayes

Metode Gaussian Naive Bayes digunakan untuk menentukan keputusan penyiraman berdasarkan dua parameter utama, yaitu kelembapan tanah dan suhu udara. Metode ini dipilih karena mampu mengolah data numerik kontinu yang diperoleh dari sensor.

Persamaan dasar Teorema Bayes yang digunakan adalah:

$$P(C | X) = \frac{P(X|C) \times P(C)}{P(X)} \quad (1)$$

Karena data yang digunakan berupa data kontinu, maka probabilitas atribut dihitung menggunakan fungsi distribusi Gaussian:

$$P(x | C) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} x e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (2)$$

Keterangan:

- $P(x | C)$ = probabilitas atribut terhadap kelas
- x = data uji
- μ = nilai rata-rata (mean)
- σ^2 = nilai varians
- C = kelas Siram atau Tidak Siram

Tahapan Gaussian Naive Bayes dalam penelitian ini meliputi perhitungan prior probability, perhitungan mean dan variance setiap atribut, perhitungan likelihood menggunakan distribusi Gaussian, serta penentuan posterior probability untuk memperoleh hasil klasifikasi.

2.4 Penerapan Rule-Based System

Rule-Based System digunakan sebagai pengontrol keputusan akhir setelah proses klasifikasi Gaussian Naive Bayes selesai dilakukan. Sistem ini bekerja menggunakan aturan IF-THEN yang telah ditentukan berdasarkan kebutuhan tanaman tomat.

Aturan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

Rule 1

IF Kelembapan Tanah < 60%
THEN Pompa ON

Rule 2

IF Kelembapan Tanah > 80%
THEN Pompa OFF

Rule 3

IF Kelembapan Tanah 60%–80%
THEN Keputusan Mengikuti Hasil Gaussian Naive Bayes
Dengan kombinasi Gaussian Naive Bayes dan Rule-Based System, sistem mampu menghasilkan keputusan penyiraman yang lebih adaptif dan sesuai dengan kondisi aktual lingkungan tanaman tomat.

2.4 Pengujian Sistem

Pengujian dilakukan untuk mengetahui performa sistem dalam menentukan keputusan penyiraman tanaman tomat. Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil klasifikasi sistem terhadap kondisi aktual penyiraman yang telah ditentukan sebelumnya. Evaluasi kinerja metode dilakukan menggunakan Confusion Matrix untuk memperoleh nilai Accuracy, Precision, Recall, dan F1-Score. Hasil pengujian tersebut digunakan untuk mengetahui tingkat keberhasilan sistem dalam mengotomatisasi proses penyiraman tanaman tomat secara tepat dan efisien.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Implementasi Perangkat Keras

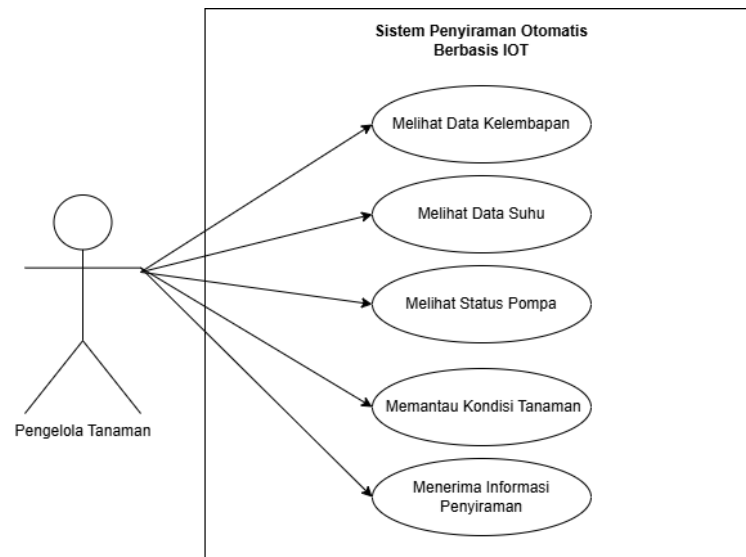
Implementasi perangkat keras dilakukan dengan mengintegrasikan seluruh komponen yang digunakan dalam sistem penyiraman tanaman tomat otomatis berbasis Internet of Things (IoT). Sistem dirancang untuk memantau kondisi kelembapan tanah dan suhu udara secara real-time, kemudian mengolah data tersebut menggunakan metode Gaussian Naive Bayes dan Rule-Based System untuk menghasilkan keputusan penyiraman yang optimal. Komponen utama sistem terdiri dari NodeMCU ESP8266 sebagai pusat pengendali, sensor kelembapan tanah, sensor suhu DHT11, relay, pompa air, LCD 16x2 I2C, adaptor, serta aplikasi Blynk sebagai media monitoring.

Tabel 1. Komponen Perangkat Keras Sistem

No	Nama Komponen	Jumlah	Fungsi
1	NodeMCU ESP8266	1	Mikrokontroler utama dan penghubung ke internet
2	Soil Moisture Sensor	1	Mengukur tingkat kelembapan tanah
3	Sensor DHT11	1	Mengukur suhu udara
4	Modul Relay 1 Channel	1	Mengendalikan pompa air secara otomatis

5	Pompa Air DC	1	Menyalurkan air ke tanaman
6	LCD 16x2 I2C	1	Menampilkan informasi sistem
7	Adaptor 12V	1	Sumber daya sistem
8	Selang Air	1	Media distribusi air
9	Kabel Jumper	Secukupnya	Menghubungkan seluruh komponen
10	Smartphone dengan Blynk	1	Monitoring sistem secara real-time

Berdasarkan Tabel 1, NodeMCU ESP8266 berfungsi sebagai pusat pengendali yang menerima data sensor, menjalankan proses klasifikasi, dan mengendalikan aktuator. Sensor kelembapan tanah dan sensor suhu digunakan sebagai sumber data utama yang akan diproses oleh sistem untuk menentukan kebutuhan penyiraman tanaman tomat.



Gambar 3. Use Case Diagram

Sistem penyiraman tanaman tomat otomatis melibatkan satu aktor utama yaitu pengguna (user). Pengguna dapat melakukan monitoring kondisi kelembapan tanah, suhu udara, status pompa air, serta menerima informasi hasil keputusan penyiraman melalui aplikasi Blynk. Selain itu, pengguna juga dapat memantau kondisi sistem secara real-time melalui jaringan internet. Pada sisi sistem, NodeMCU ESP8266 menerima data dari sensor kelembapan tanah dan sensor suhu udara, kemudian memproses data tersebut menggunakan metode Gaussian Naive Bayes dan Rule-Based System. Berdasarkan hasil pengolahan data, sistem secara otomatis mengendalikan relay untuk mengaktifkan atau menonaktifkan pompa air sesuai kebutuhan tanaman tomat. Seluruh informasi hasil pengolahan data ditampilkan pada LCD dan aplikasi Blynk sehingga pengguna dapat melakukan pemantauan secara langsung.

3.2 Implementasi Metode Gaussian Naive Bayes

Metode Gaussian Naive Bayes digunakan untuk mengklasifikasikan kondisi penyiraman berdasarkan data kelembapan tanah dan suhu udara. Data yang diperoleh dari sensor digunakan sebagai data masukan untuk menentukan apakah tanaman memerlukan penyiraman atau tidak.

Tabel 2. Contoh Data Training

No	Kelembapan Tanah (%)	Suhu (°C)	Keputusan
1	45	31	Siram
2	52	30	Siram
3	58	29	Siram
4	65	28	Tidak Siram
5	72	27	Tidak Siram
6	85	26	Tidak Siram

Data pada Tabel 2 digunakan untuk menghitung nilai prior probability, mean, variance, likelihood, dan posterior probability pada metode Gaussian Naive Bayes. Hasil klasifikasi yang diperoleh berupa kelas Siram atau Tidak Siram.

3.3 Implementasi Rule-Based System

Setelah proses klasifikasi Gaussian Naive Bayes selesai dilakukan, hasil klasifikasi akan divalidasi menggunakan Rule-Based System. Metode ini bertujuan untuk memastikan keputusan penyiraman tetap sesuai dengan kondisi aktual kelembapan tanah.

Tabel 3. Aturan Rule-Based System

Rule	Kondisi	Keputusan
R1	Kelembapan < 60%	Pompa ON
R2	Kelembapan > 80%	Pompa OFF
R3	Kelembapan 60%–80%	Mengikuti hasil Gaussian Naive Bayes

Berdasarkan aturan pada Tabel 3, sistem dapat memberikan keputusan yang lebih stabil dibandingkan hanya menggunakan metode klasifikasi saja.

3.4 Implementasi Monitoring Blynk

Sistem monitoring menggunakan aplikasi Blynk yang terhubung dengan NodeMCU ESP8266 melalui jaringan internet. Data yang ditampilkan meliputi nilai kelembapan tanah, suhu udara, status pompa air, dan hasil keputusan penyiraman.

Tabel 4. Parameter Monitoring pada Blynk

No	Parameter	Keterangan
1	Kelembapan Tanah	Nilai kelembapan dalam persen (%)
2	Suhu Udara	Nilai suhu dalam derajat Celsius (°C)
3	Status Pompa	ON atau OFF
4	Hasil Klasifikasi	Siram atau Tidak Siram
5	Waktu Monitoring	Waktu pembacaan sensor

3.5 Pengujian Sistem

Pengujian dilakukan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam menentukan keputusan penyiraman secara otomatis berdasarkan data sensor yang diterima.

Tabel 5. Confusion Matrix

Aktual / Prediksi	Siram	Tidak Siram
Siram	TP	FN
Tidak Siram	FP	TN

Nilai pada Confusion Matrix digunakan untuk menghitung Accuracy, Precision, Recall, dan F1-Score sebagai indikator kinerja metode Gaussian Naive Bayes yang diterapkan pada sistem penyiraman tanaman tomat otomatis.

3.6 Hasil Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan untuk mengetahui kemampuan sistem penyiraman tanaman tomat otomatis dalam mendeteksi kondisi lingkungan dan menghasilkan keputusan penyiraman yang sesuai dengan kebutuhan tanaman. Pengujian dilakukan dengan membaca data kelembapan tanah dan suhu udara secara real-time melalui sensor yang terhubung ke NodeMCU ESP8266. Data yang diperoleh kemudian diproses menggunakan metode Gaussian Naive Bayes dan divalidasi menggunakan Rule-Based System sebelum menghasilkan keputusan akhir berupa aktivasi atau deaktivasi pompa air.

Pengujian dilakukan pada beberapa kondisi lingkungan yang berbeda untuk memastikan sistem mampu beradaptasi terhadap perubahan kelembapan tanah dan suhu udara. Setiap data yang diperoleh dibandingkan dengan kondisi aktual tanaman sehingga dapat diketahui tingkat kesesuaian keputusan yang dihasilkan oleh sistem.

Tabel 6. Hasil Pengujian Sistem Penyiraman

No	Kelembapan (%)	Suhu (°C)	Hasil Naive Bayes	Rule-Based	Status Pompa
----	----------------	-----------	-------------------	------------	--------------

1	88	25	Tidak Siram	Valid	OFF
2	90	26	Tidak Siram	Valid	OFF
3	92	25	Tidak Siram	Valid	OFF
4	85	26	Tidak Siram	Valid	OFF
5	75	28	Tidak Siram	Valid	OFF
6	60	30	Siram	Valid	ON
7	70	28	Tidak Siram	Valid	OFF
8	58	29	Siram	Valid	ON
9	55	30	Siram	Valid	ON
10	52	31	Siram	Valid	ON

Berdasarkan Tabel 6 dapat diketahui bahwa sistem mampu menghasilkan keputusan penyiraman sesuai dengan kondisi kelembapan tanah yang terdeteksi. Ketika nilai kelembapan berada di bawah batas minimum yang ditentukan, sistem mengaktifkan pompa air untuk melakukan penyiraman. Sebaliknya, ketika kelembapan tanah berada pada kondisi optimal atau melebihi batas yang telah ditentukan, sistem menghentikan proses penyiraman untuk mencegah kelebihan air pada media tanam.

Selain pengujian keputusan penyiraman, dilakukan juga pengujian komunikasi data antara NodeMCU ESP8266 dan aplikasi Blynk. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan seluruh data sensor dapat dikirim dan ditampilkan secara real-time kepada pengguna.

Tabel 7. Hasil Pengujian Monitoring Blynk

Parameter	Hasil Pengujian
Koneksi Internet	Berhasil
Pengiriman Data Sensor	Berhasil
Monitoring Kelembapan	Berhasil
Monitoring Suhu	Berhasil
Monitoring Status Pompa	Berhasil
Update Data Real-Time	Berhasil

Hasil pengujian menunjukkan bahwa aplikasi Blynk mampu menerima dan menampilkan seluruh informasi sistem secara real-time. Pengguna dapat memantau kondisi kelembapan tanah, suhu udara, serta status pompa air melalui smartphone tanpa harus berada langsung di lokasi pertanian.

3.7 Analisis Hasil Klasifikasi Gaussian Naive Bayes

Metode Gaussian Naive Bayes digunakan untuk menentukan kebutuhan penyiraman berdasarkan nilai kelembapan tanah dan suhu udara yang diperoleh dari sensor. Metode ini dipilih karena mampu melakukan klasifikasi terhadap data numerik kontinu dengan proses komputasi yang relatif sederhana dan cepat.

Pada penelitian ini, Gaussian Naive Bayes menghasilkan klasifikasi berupa dua kelas yaitu Siram dan Tidak Siram. Keputusan yang dihasilkan diperoleh melalui perhitungan probabilitas posterior berdasarkan data sensor yang masuk ke sistem. Hasil pengujian menunjukkan bahwa metode Gaussian Naive Bayes mampu mengidentifikasi kondisi kebutuhan air tanaman dengan baik berdasarkan pola data yang telah dipelajari sebelumnya.

Keunggulan utama metode Gaussian Naive Bayes terletak pada kemampuannya dalam mengolah data sensor secara cepat sehingga sangat sesuai diterapkan pada sistem Internet of Things yang membutuhkan respons waktu nyata.

Selain itu, metode ini tidak memerlukan sumber daya komputasi yang besar sehingga dapat dijalankan secara optimal pada NodeMCU ESP8266.

Namun demikian, metode Gaussian Naive Bayes memiliki kelemahan karena seluruh keputusan bergantung pada probabilitas hasil klasifikasi. Pada kondisi tertentu, terutama ketika data sensor berada pada batas ambang keputusan, kemungkinan terjadinya kesalahan klasifikasi masih dapat terjadi. Oleh karena itu, penelitian ini menggabungkan Gaussian Naive Bayes dengan Rule-Based System sebagai mekanisme validasi keputusan.

3.8 Analisis Rule-Based System

Rule-Based System berfungsi sebagai lapisan validasi terhadap hasil klasifikasi yang dihasilkan oleh Gaussian Naive Bayes. Sistem ini menggunakan aturan IF-THEN yang disusun berdasarkan kebutuhan pertumbuhan tanaman tomat.

Penerapan Rule-Based System memberikan keuntungan berupa kemampuan untuk mengontrol keputusan penyiraman secara lebih stabil. Sebagai contoh, apabila hasil klasifikasi menunjukkan kondisi Siram tetapi nilai kelembapan tanah masih berada dalam rentang optimal, maka Rule-Based System dapat mencegah pompa menyala sehingga tidak terjadi penyiraman yang berlebihan.

Kombinasi antara Gaussian Naive Bayes dan Rule-Based System menghasilkan mekanisme pengambilan keputusan yang lebih adaptif dibandingkan penggunaan satu metode saja. Gaussian Naive Bayes bertugas melakukan analisis berdasarkan pola data, sedangkan Rule-Based System memastikan keputusan akhir tetap sesuai dengan kebutuhan aktual tanaman tomat.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa integrasi kedua metode mampu meningkatkan konsistensi keputusan penyiraman serta mengurangi kemungkinan terjadinya kesalahan akibat fluktuasi pembacaan sensor. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan mampu memberikan solusi yang lebih efektif dalam pengelolaan irigasi tanaman tomat berbasis Internet of Things.

3.9 Evaluasi Kinerja Sistem

Evaluasi dilakukan menggunakan Confusion Matrix untuk mengukur tingkat keberhasilan sistem dalam melakukan klasifikasi kebutuhan penyiraman tanaman tomat.

Tabel 8. Hasil Confusion Matrix

Kategori	Nilai
True Positive (TP)	4
True Negative (TN)	6
False Positive (FP)	0
False Negative (FN)	0

Berdasarkan data pada Tabel 8 diperoleh nilai evaluasi sebagai berikut:

a. **Accuracy**

$$Accuracy = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \times 100\% \quad (3)$$

b. **Precision**

$$Precision = \frac{TP}{TP+FP} \times 100\% \quad (4)$$

$$Precision = \frac{4}{4+0} \times 100\%$$

$$Precision = 100\%$$

c. **Recall**

$$Recall = \frac{TP}{TP+FN} \times 100\% \quad (5)$$

$$Recall = \frac{4}{4+0} \times 100\%$$

$$Recall = 100\%$$

d. **F1-Score**

$$F1 = 2 \times \frac{Precision \times Recall}{Precision + Recall} \quad (5)$$

$$F1 = 100\%$$

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa sistem mampu mengklasifikasikan seluruh data pengujian dengan benar sehingga diperoleh nilai Accuracy, Precision, Recall, dan F1-Score sebesar 100%. Nilai tersebut menunjukkan bahwa metode Gaussian Naive Bayes mampu membedakan kondisi Siram dan Tidak Siram berdasarkan parameter kelembapan tanah dan suhu udara yang digunakan dalam penelitian. Tidak adanya nilai False Positive dan False Negative menunjukkan bahwa seluruh data uji berhasil diprediksi sesuai dengan kondisi aktual. Selain itu, Rule-Based System mampu menerapkan hasil klasifikasi menjadi keputusan penyiraman secara otomatis melalui pengendalian relay dan pompa air. Integrasi kedua metode tersebut memungkinkan sistem bekerja secara konsisten dalam menentukan kebutuhan penyiraman tanaman tomat. Sistem yang dikembangkan juga mampu melakukan monitoring kondisi tanaman secara real-time melalui aplikasi Blynk sehingga pengguna dapat mengetahui kondisi kelembapan tanah, suhu lingkungan, dan status pompa dari jarak jauh. Dengan demikian, penerapan Gaussian Naive Bayes, Rule-Based System, dan teknologi Internet of Things dapat mendukung proses penyiraman tanaman tomat secara otomatis, efektif, dan efisien.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem penyiraman tanaman tomat otomatis berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan metode Gaussian Naive Bayes dan Rule-Based System berhasil dirancang dan diimplementasikan sesuai dengan tujuan penelitian. Sistem mampu melakukan pemantauan kondisi lingkungan secara real-time melalui sensor soil moisture dan sensor DHT11 yang terhubung dengan NodeMCU ESP8266. Data yang diperoleh dari sensor kemudian diproses menggunakan metode Gaussian Naive Bayes untuk mengklasifikasikan kebutuhan penyiraman tanaman ke dalam kategori Siram dan Tidak Siram. Hasil klasifikasi tersebut selanjutnya digunakan oleh Rule-Based System untuk mengendalikan relay dan pompa air secara otomatis sesuai kondisi tanaman. Integrasi kedua metode tersebut memungkinkan sistem melakukan pengambilan keputusan penyiraman secara lebih tepat karena Gaussian Naive Bayes berfungsi melakukan klasifikasi berdasarkan data sensor, sedangkan Rule-Based System menerjemahkan hasil klasifikasi menjadi tindakan penyiraman yang sesuai. Selain itu, penggunaan aplikasi Blynk memungkinkan pengguna memantau kondisi kelembapan tanah, suhu udara, hasil klasifikasi, dan status pompa secara real-time melalui jaringan internet. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu menjalankan fungsi monitoring dan penyiraman otomatis dengan baik. Evaluasi menggunakan Confusion Matrix menghasilkan nilai Accuracy sebesar 100%, Precision sebesar 100%, Recall sebesar 100%, dan F1-Score sebesar 100%, yang menunjukkan bahwa seluruh data pengujian berhasil diklasifikasikan dengan benar tanpa kesalahan prediksi. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan mampu membantu proses penyiraman tanaman tomat menjadi lebih efektif, efisien, dan otomatis serta berpotensi mendukung penerapan teknologi smart farming berbasis Internet of Things dalam sektor pertanian modern.

REFERENCES

- [1] Triman Tapi, Mikhael, and Yohanis Yan Makabori, "Transformasi Penyuluhan Pertanian Menuju Society 5.0: Analisis Peran Teknologi Informasi dan Komunikasi," *J. Sustain. Agric. Ext.*, vol. 2, no. 1, pp. 37–47, 2024, doi: 10.47687/josae.v2i1.820.
- [2] O. Solihin, S. Anggreany, R. Rais, and B. Siregar, "Komunikasi Digital Untuk Motivasi Generasi Z Meningkatkan Keterlibatan Dalam Bidang Pertanian Indonesia," in *Forum Penelitian Agro Ekonomi*, KEMENTERIAN PERTANIAN, 2024, pp. 79–95.
- [3] I. P. Sari, A. Novita, A.-K. Al-Khowarizmi, F. Ramadhani, and A. Satria, "Pemanfaatan Internet of Things (IoT) pada Bidang Pertanian Menggunakan Arduino UnoR3," *Blend Sains J. Tek.*, vol. 2, no. 4, pp. 337–343, 2024, doi: 10.56211/blendsains.v2i4.505.
- [4] Achmad Isya Alfassa, Ayla Zhafira, Rahma Yulia Sifa, Ervina Kartika Sari, Novisca Indriani, and Nurul Hidayah, "Literature Review: Pemanfaatan Internet of Things (Iot) Di Sektor Pertanian, Peternakan, Dan Perikanan," *J. Perangkat Lunak*, vol. 7, no. 2, pp. 198–209, 2025, doi: 10.32520/jupel.v7i2.4237.
- [5] D. N. Halawa, "Peran Teknologi Pertanian Cerdas (Smart Farming) untuk Generasi Pertanian Indonesia," *J. Kridatama Sains Dan Teknol.*, vol. 6, no. 02, pp. 502–512, 2024, doi: 10.53863/kst.v6i02.1226.
- [6] M. P. Cahyani, "Iot Dalam Smart Farming 4.0 Untuk Upaya Tingkatkan Efisiensi Agribisnis Melati Puspa Cahyani Universitas Muhammadiyah Surabaya Februari 2023," *Teknois J. Ilm. Teknol. Inf. dan Sains*, vol. 3, no. 2, pp. 154–190, 2023, [Online]. Available: <https://www.hashmicro.com/id/blog/disrupsi-smart-farming-dalam-teknologi-pertanian->
- [7] C. S. Zebua *et al.*, "Pengaruh Kekurangan Air Terhadap Transportasi Hara Pada Tanaman Padi," *J. Ilmu Agroteknologi Indones.*, vol. 2, no. 1, pp. 46–51, 2026.

- [8] H. Rehatta, I. J. Lawalata, and A. Hiwy, "Pengaruh Pemberian Konsentrasi Nutrisi AB Mix dan Media Tanam terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Sawi Hijau (*Brassica Rapa*) dengan Sistem Hidroponik Substrat," *Agrologia*, vol. 12, no. 1, pp. 36–43, 2023.
- [9] A. Robbi, Y. Anggriani, and T. I. S. Wanda, "ANALISIS USAHATANI TANAMAN TOMAT (*Solanum Lycopersium*) DI KEBUN PRAKTEK FAKULTAS TEKNOLOGI PANGAN PERTANIAN DAN PERIKANAN UNIVERSITAS NUSA NIPA," *J. Biog.*, vol. 11, no. 1, pp. 187–193, 2026.
- [10] T. R. Roja, S. Noni, and G. O. Apelabi, "Analisis Kelayakan Usahatani Tomat (*Lycopersicon Esculentum* Mi L1) di Moeda Tani Farm Kecamatan Alok Kabupaten Sikka," *Agriculture*, vol. 2, no. 2, pp. 32–41, 2024.
- [11] P. Lestari, Tasmi, and F. Antony, "Sistem Penyiraman Budidaya Tanaman Cabai Berdasarkan Pengukuran Suhu Dan Kelembaban Tanah," *J. Intell. Networks IoT Glob.*, vol. 1, no. 1, pp. 20–32, 2023, doi: 10.36982/jinig.v1i1.3080.
- [12] Tundo, Sodik, K. Setiawan, and R. F. Aula, "Penerapan IoT dengan Algoritma Fuzzy dan Mikrokontroler ESP32 dalam Monitoring Penyiraman," *J. Indones. Manaj. Inform. dan Komun.*, vol. 5, no. 3, pp. 2915–2924, 2024, doi: 10.35870/jimik.v5i3.977.
- [13] Mulyadi, Z. K. Simbolon, and Hendrawati, "Sistem Cerdas Berbasis Iot Untuk Monitoring Dan Penyiraman Tanaman Menggunakan Naive Bayes," *J. Inform. dan Teknol. Komput. (J-ICOM)*, vol. 6, no. 1, pp. 69–74, 2025, doi: 10.55377/j-icom.v6i1.12236.
- [14] F. Fauzi and A. Amarudin, "Integrasi Internet of Things dan Web untuk Monitoring Kendali Irigasi Tates Secara Real Time: Internet of Things and Web Integration for Real-Time Monitoring and Control of Tates Irrigation," *MALCOM Indones. J. Mach. Learn. Comput. Sci.*, vol. 5, no. 4, pp. 1481–1489, 2025.
- [15] F. Dirayati, R. A. Sari, and R. F. Purnomo, "Perancangan dan Implementasi Sistem Smart Agriculture Berbasis Internet of Things untuk Meningkatkan Produktivitas Pertanian," *J. Media Inform. [Jumin]*, vol. 6, no. 2, pp. 863–872, 2025.