

## Penerapan *IoT* dan *KNN* untuk Otomatisasi Penyiraman Tanaman Tomat Studi Kasus di Desa Tibubeneng

Damar Lintang Pangayoman<sup>1)</sup>, I Wayan Ardiyasa<sup>2)</sup>, I Gusti Ngurah Ady Kusuma<sup>3)</sup>

Teknologi Informasi <sup>1)2)</sup>, Sistem Komputer <sup>3)</sup>

Institut Teknologi dan Bisnis STIKOM Bali

Denpasar, Indonesia

e-mail: 200040017@stikom-bali.ac.id<sup>1)</sup>, ardi@stikom-bali.ac.id<sup>2)</sup>, ady\_kusuma@stikom-bali.ac.id<sup>3)</sup>

### Abstrak

Tomat (*Solanum lycopersicum*) merupakan salah satu jenis tanaman sayuran yang sangat populer di Desa Tibubeneng dibudidayakan secara meluas. Desa ini memiliki iklim dan kondisi tanah yang mendukung budidaya tomat, kelemahan dari praktik masyarakat petani tomat di wilayah Tibubeneng adalah melakukan penyiraman secara manual yang memakan waktu dan tenaga. Untuk memperoleh keuntungan yang optimal dibutuhkan efisiensi penanaman, salah satu cara adalah dengan penyiraman otomatis yang memanfaatkan teknologi *Internet of Things (IoT)* dan *K-Nearest Neighbors (KNN)*. Sistem yang dikembangkan menggunakan sensor untuk mengukur kelembaban tanah, suhu udara, dan kelembaban udara. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem ini memiliki tingkat akurasi yang tinggi dalam memprediksi kebutuhan penyiraman dengan nilai *macro precision* sebesar 95.1%, *macro recall* sebesar 96.4%, *macro f1-score* sebesar 95.7%, dan *accuracy* sebesar 96.9%. Penerapan teknologi ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya air, waktu dan tenaga petani dan memberikan manfaat bagi para petani dalam mendukung keberlanjutan pertanian Tomat di Desa Tibubeneng.

**Kata kunci:** *Internet of Things, Tomat, ESP8266, KNN, Otomatisasi.*

### 1. Pendahuluan

Tibubeneng adalah sebuah desa yang terletak di Kecamatan Kuta Utara, Kabupaten Badung, Provinsi Bali. Tibubeneng merupakan daerah dataran rendah yang mempunyai luas wilayah 650 hektar dengan iklim alam yang cukup lembab dan temperatur rata-rata 22 - 32 derajat celsius dengan curah hujan rata-rata 2000 s/d 3000 mm per tahun, dan terdiri dari 13 Banjar Dinas dan 3 Desa Adat [1]. Tibubeneng memiliki tanah yang cukup subur dan iklim yang mendukung budidaya beragam tanaman, termasuk padi, sayuran, buah-buahan dan umbi-umbian. Salah satu tanaman produksi daerah tersebut yang cukup terkenal adalah tanaman tomat.

Tanaman ini mampu menghadapi suhu udara antara 25°C hingga 28°C, jika kelembaban terlalu tinggi, pertumbuhan dan perkembangan bunga serta buah akan terganggu, menyebabkan tomat menjadi kuning. Namun, jika kelembaban berfluktuasi terlalu banyak, pertumbuhan akan terhambat dan rendah, sehingga tomat tidak akan matang dengan merata. Menyirami tanaman merupakan salah satu aspek penting dalam perawatan tanaman tomat untuk memastikan pertumbuhannya yang sehat karena kebutuhan akan air yang cukup. Memeriksa kondisi tanah adalah hal yang sangat penting untuk pertumbuhan tanaman tomat. Pertumbuhan tanaman ini membutuhkan tingkat kelembaban optimal antara 60% hingga 80% agar tidak mengalami kekeringan atau kelembaban berlebihan [2], [3].

Di sebagian wilayah Bali terutama Desa Tibubeneng memiliki iklim wilayah yang mendukung untuk tanaman tomat dan ketersediaan air yang mencukupi untuk penanaman atau pertanian tomat, kondisi tanah yang cukup subur dan tekstur tanah sesuai dengan kondisi yang dibutuhkan tanaman tomat. Namun petani tomat di Desa Tibubeneng, ditemukan bahwa praktik penyiraman tanaman tomat masih dilakukan secara manual dan dilakukan dengan pola tertentu yaitu penggenangan air pada parit buatan di sebelah menyebel guludan tanaman. Penyiraman di tanah sekitar tanaman dilakukan dua hari sekali yang diambil dari parit sebelah menyebel tanaman dan penggunaan jumlah air yang digunakan masih dilakukan secara kira-kira, hal ini memungkinkan terjadinya pemborosan air dan secara keseluruhan penyiraman manual ini pemborosan tenaga juga.

Belakangan ini penerapan *Internet of Things (IoT)* secara luas telah diamati di berbagai bidang seperti perangkat medis, deteksi industri dan transportasi cerdas. Bersamaan dengan itu integrasi *machine learning* dengan *IoT* mengalami lonjakan yang menawarkan peningkatan signifikan pada tugas sehari-hari dan kualitas hidup secara keseluruhan. Penggunaan sistem irigasi berbasis sensor yang diterapkan di seluruh

lahan pertanian menawarkan pilihan yang menjanjikan untuk mengelola irigasi dan memaksimalkan produktivitas tanaman sekaligus mendorong konservasi air [4], [5].

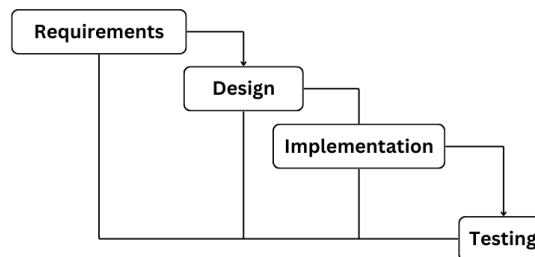
Adapun penelitian ini akan memanfaatkan pendekatan algoritma *machine learning* khususnya *K-Nearest Neighbors (KNN)* untuk menciptakan sistem otomatisasi penyiraman tanaman Tomat. Pemilihan algoritma *KNN* didasarkan pada kapabilitasnya untuk melakukan prediksi berdasarkan data lingkungan yang terkumpul dan membandingkannya dengan data baru dari sensor-sensor sistem, selanjutnya membuat keputusan terkait penyiraman [6].

Melalui penerapan teknologi ini diharapkan dapat memberikan solusi inovatif untuk merawat tanaman Tomat, terutama bagi pemilik yang sibuk dengan rutinitas sehari-hari. Selain itu, penggunaan *IoT* dan *machine learning* dalam konteks pertanian urban seperti ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya, efisiensi waktu dan usaha yang diperlukan dalam merawat tanaman Tomat serta mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan tanaman.

## 2. Metode Penelitian

### 2.1 Metode Waterfall

Adapun metode penelitian yang digunakan dalam Penerapan *IoT* dan *KNN* untuk Otomatisasi Penyiraman Tanaman Tomat Studi Kasus di Desa Tibubeneng yaitu menggunakan metode *waterfall* yaitu metode dalam *System Development Life Cycle (SDLC)* yang menggunakan pendekatan sistematis dan berurutan untuk pengembangan sistem [7].



Gambar 1. *Waterfall Model*

1. *Requirements*: Proses pengumpulan data yang dilakukan mencakup observasi, wawancara, dan studi literatur. Informasi yang diperoleh akan dianalisis untuk menentukan sistem yang dibutuhkan.
2. *Design*: Pada bagian ini menjelaskan tentang desain sistem yang akan dibangun untuk mencapai tujuan penelitian.
3. *Implementation*: Pada bagian ini penulis mengimplementasikan kebutuhan sistem menjadi sebuah prototipe alat dan menggunakan bahasa pemrograman untuk mengembangkan sistem.
4. *Testing*: Pada bagian ini penulis melakukan uji alat untuk memastikan kinerja dan keakuratan sistem, serangkaian pengujian akan dilakukan.

### 2.2 KNN

Pada penelitian ini *KNN* dipilih karena mampu mengklasifikasikan data lingkungan (kelembapan tanah, suhu udara dan kelembapan udara) seperti yang ditunjukkan pada penelitian sebelumnya [8],[9]. Dalam metode ini, dataset yang mempunyai atribut kelembapan tanah, suhu udara, kelembapan udara dan label "Siram" dan "Tidak Siram" digunakan sebagai data training. Ketika data baru diterima, algoritma menghitung jarak antara data baru dengan seluruh dataset menggunakan rumus Euclidean Distance. Setelah jarak dihitung,  $k$  tetangga terdekat dengan jarak terkecil dipilih, di mana  $k$  adalah  $k = 5$ . Kategori mayoritas dari  $k$  tetangga terdekat ini ditentukan sebagai prediksi untuk data baru.

Dalam penelitian ini, hasil klasifikasi berupa "Siram" atau "Tidak Siram". Prediksi ini kemudian digunakan untuk mengambil keputusan apakah pompa air perlu diaktifkan untuk menyiram tanaman atau tidak. Adapun penelitian ini menggunakan pengukuran *Euclidean distance* dan berikut adalah rumusnya:

$$d_i = \sqrt{\sum_{i=1}^p (x_1 - x_2)^2} \quad (1)$$

Keterangan:

- d = Jarak  
 i = Variabel Data  
 p = Dimensi Data

$x_1$  = Sampel Data  
 $x_2$  = Data Uji

### 2.3 Evaluasi Model

*Confusion Matrix* digunakan untuk menganalisis performa model klasifikasi dengan cara menghitung nilai *accuracy*, *precision* dan *recall*. Matriks ini terdapat empat kategori. *True Positive* (TP) terjadi ketika model memprediksi positif dan aktualnya memang positif. *True Negative* (TN), yaitu situasi di mana model memprediksi negatif dan hasil aktualnya juga negatif. *False Positive* (FP) muncul jika model memprediksi positif, namun hasil aktualnya negatif. Kesalahan ini sering disebut sebagai error tipe I. *False Negative* (FN) terjadi saat model memprediksi negatif, tetapi aktualnya adalah positif. Kesalahan ini disebut sebagai error tipe II. [10]. Adapun persamaan untuk menghitung *Precision*, *Recall*, *F1-Score*, dan *Accuracy* sebagai berikut:

$$Precision = \frac{TP}{TP+FP} \quad (2)$$

$$Recall = \frac{TP}{TP+FN} \quad (3)$$

$$F1-Score = 2x \frac{Precision \times Recall}{Precision + Recall} \quad (4)$$

$$Accuracy = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \quad (5)$$

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1 Analisa Kebutuhan

#### 1. Perangkat Keras

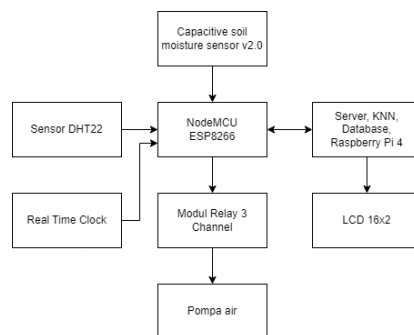
Perangkat keras yang digunakan meliputi NodeMCU ESP8266, sensor DHT22, capacitive soil moisture sensor, relay 3-channel untuk kontrol pompa air, LCD 16x2 untuk tampilan data *real-time*, Raspberry Pi 4 sebagai *server* dan *database*, dan modul RTC untuk pengaturan waktu.

#### 2. Perangkat Lunak

Adapun Perangkat lunak yang digunakan seperti, Arduino IDE untuk pemrograman NodeMCU ESP 8266, Visual Studio Code untuk pemrograman pembangunan *server* kemudian data disimpan dalam database MySQL yang diakses melalui phpMyAdmin

### 3.2 Desain Sistem

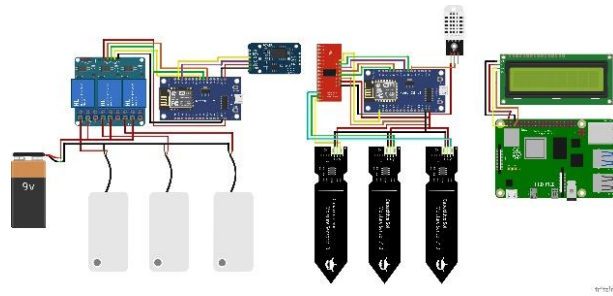
Adapun rancangan desain perangkat keras dan desain sistem pada penelitian ini digambarkan dalam bentuk dan blok diagram sebagai berikut:



Gambar 2. Blok Diagram Alat dan Sistem

Pada penelitian ini menggunakan dua mikrokontroler. Mikrokontroler pertama bertugas mengirimkan data dari sensor seperti kelembaban udara, suhu udara, dan kelembaban tanah ke server, kemudian menerima data hasil klasifikasi dari server. Raspberry Pi 4 sebagai server memproses data yang diterima menggunakan algoritma *KNN* untuk mengklasifikasikan kategori (Siram atau Tidak Siram) tanaman. Hasil klasifikasi kemudian disimpan dalam tabel database. Mikrokontroler kedua bertugas mengambil hasil klasifikasi terbaru dari server dan mengaktifkan relay untuk mengontrol pompa air berdasarkan hasil tersebut.

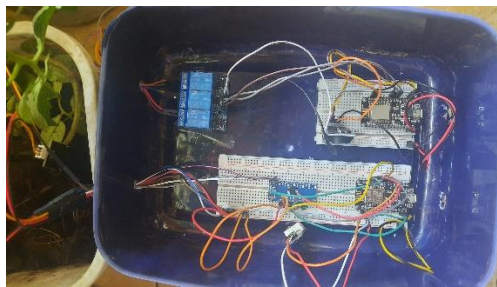
Adapun rancangan desain perangkat keras yang digunakan dalam penelitian ini digambarkan dalam bentuk diagram sirkuit yang dimana setiap komponen perangkat keras terhubung sebagai berikut.



Gambar 3. Desain Perangkat Keras

**3.3 Implementasi Sistem**

Dalam implementasi ini adapun hasil rancangan perangkat keras. Rancangan ini mencakup komponen-komponen utama untuk mendukung fungsi sistem yang dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4. Rancangan Perangkat Keras

**3.4 Metode KNN**

Adapun metode algoritma *KNN* yang digunakan untuk mengklasifikasikan data yang diperoleh dari sensor. Dalam hal ini dataset yang digunakan sebagai data training merupakan data nyata yang dikumpulkan pada saat pra-penelitian, dengan jumlah sebanyak 480 data yang telah tercatat dan terklasifikasi ke dalam dua kategori, yaitu Siram dan Tidak Siram. Berikut adalah 10 sampel data training yang di tampilkan dari total 480 data.

Tabel 1. Data Training

Kelembaban Udara(%)	Suhu Udara (C)	Kelembaban Tanah(%)	Kategori
73.7	31.3	48.7	Siram
71.6	28.4	50.8	Tidak Siram
68.8	31.5	48.6	Siram
67.6	31.4	48.3	Siram
74	32	46.2	Siram
72.4	31.6	51.7	Tidak Siram
74.3	31.8	50.9	Tidak Siram
74.1	28.3	48.4	Siram
68.6	32.4	51.6	Tidak Siram
75.1	31.9	49.2	Siram

Adapun sampel data baru yang dijadikan data testing pada penelitian ini dengan nilai atribut Kelembaban Udara 72, Suhu Udara 32, Kelembaban Tanah 49.5. Sebagai berikut:

Tabel 2. Data Testing

Kelembaban Udara(%)	Suhu Udara (C)	Kelembaban Tanah(%)	Kategori
72	32	49.5	?

Dalam metode *KNN*, *Euclidean Distance* digunakan untuk menghitung jarak antara data testing dengan setiap data training. Berikut adalah hasil perhitungan *euclidean distance* untuk 10 data training terhadap data testing dan diurut secara *ascending*:

Tabel 3. Hasil Perhitungan *Euclidean Distance Ascending*

Kelembaban Udara(%)	Suhu Udara(C)	Kelembaban Tanah(%)	Kategori	Euclidean Distance
73.7	31.3	48.7	Siram	2.006
72.4	31.6	51.7	Tidak Siram	2.271
74.3	31.8	50.9	Tidak Siram	2.7
75.1	31.9	49.2	Siram	3.116
68.8	31.5	48.6	Siram	3.362
71.6	28.4	50.8	Tidak Siram	3.848
74	32	46.2	Siram	3.859
68.6	32.4	51.6	Tidak Siram	4.016
74.1	28.3	48.4	Siram	4.394
67.6	31.4	48.3	Siram	4.6

Berdasarkan perhitungan dan penentuan mayoritas tetangga terdekat k yaitu pada perhitungan ini menggunakan k = 5 maka, hasil klasifikasi data baru tersebut diklasifikasikan sebagai Kategori Siram. Berikut adalah tabel hasil klasifikasi data baru.

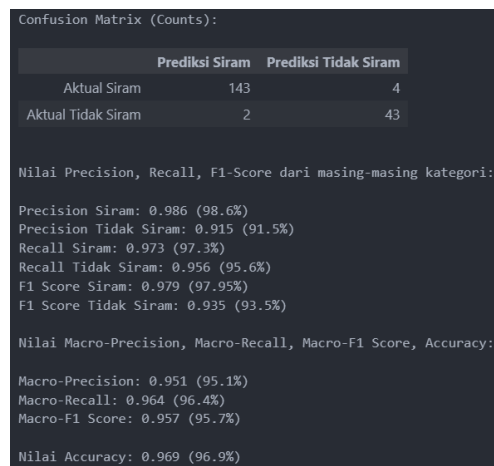
Tabel 4. Mayoritas Tetangga Terdekat K = 5

Kelembaban Udara(%)	Suhu Udara(C)	Kelembaban Tanah(%)	Kategori	Euclidean Distance
73.7	31.3	48.7	Siram	2.006
72.4	31.6	51.7	Tidak Siram	2.271
74.3	31.8	50.9	Tidak Siram	2.7
75.1	31.9	49.2	Siram	3.116
68.8	31.5	48.6	Siram	3.362
72	32	49.5	Siram	

### 3.5 Testing

Dalam tahapan ini, dilakukan pengujian *KNN* dengan menggunakan *confusion matrix*. Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi performa klasifikasi *KNN* dalam memprediksi kategori penyiraman, yaitu Siram dan Tidak Siram, dataset yang digunakan untuk pengujian terdiri dari 480 data yang telah diklasifikasikan sebelumnya. Dataset ini dibagi menjadi 60% untuk data training dan 40% untuk data testing. Data training digunakan untuk melatih model *KNN*, sementara data testing digunakan untuk mengevaluasi performa model.

Berdasarkan pengujian hasil *confusion matrix* menunjukkan jumlah data uji yang diprediksi dengan benar dan salah. Adapun hasil perhitungan metrik *precision*, *recall*, *f1-score*, *macro* dan *accuracy* sebagai gambar berikut:



Gambar 5. *Confusion Matrix*

Hasil pengujian *confusion matrix* menunjukkan bahwa model *KNN* memiliki tingkat akurasi yang tinggi dalam memprediksi kebutuhan penyiraman tanaman tomat. Model *KNN* berhasil memprediksi dengan benar sebagian besar data, menghasilkan nilai *macro precision* sebesar 95.1%, *macro recall* sebesar 96.4%, *macro f1-score* sebesar 95.7%, dan *accuracy* sebesar 96.9%.

#### 4. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem otomatisasi penyiraman tanaman tomat menggunakan teknologi *IoT* dan algoritma *KNN*. Sistem ini memanfaatkan sensor untuk mengukur kelembaban tanah, suhu udara, dan kelembaban udara, serta menggunakan algoritma *KNN* untuk memprediksi kebutuhan penyiraman tanaman. Pengujian evaluasi model *KNN* dengan *confusion matrix* hasil menunjukkan bahwa sistem ini memiliki tingkat akurasi yang tinggi dalam memprediksi kebutuhan penyiraman, dengan nilai macro precision sebesar 95.1%, macro recall sebesar 96.4%, macro f1-score sebesar 95.7%, dan accuracy sebesar 96.9%. Diharapkan untuk pengujian lebih lanjut dengan dataset yang lebih besar dan variatif dapat dilakukan untuk memastikan keberlanjutan performa sistem dalam kondisi yang lebih beragam.

#### Daftar Pustaka

- [1] BKKBN. (2017). "Profil Desa Tibubeneng". Kabupaten Badung, Bali, Indonesia. 2017, [Online]. Available: <https://kampungkb.bkkbn.go.id/kampung/1758/desa-tibubeneng>.
  - [2] Z. - and A. Fadlil, "Desain Sistem Monitoring dan Penyiraman Tanaman Tomat Berbasis Internet of Things (IoT)," *Buletin Ilmiah Sarjana Teknik Elektro*, vol. 4, no. 2, pp. 94–104, Dec. 2022.
  - [3] R. Nurhasanah, L. Savina, Z. M. Nata, and I. Zulkhair, "Design and Implementation of IoT based Automated Tomato Watering System Using ESP8266," *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1898, no. 1, p. 012041, Jun. 2021, doi: 10.1088/1742-6596/1898/1/012041.
  - [4] M. T. Tombeng, "Perancangan Sistem Penyiraman Tanaman Aglonema Prototype Design of Aglaonema Plants E-Watering," *Cogito Smart Journal*, vol. 8, no. 2. 2022.
  - [5] M. J. Hoque, M. S. Islam, and M. Khaliluzzaman, "A Fuzzy Logic- and Internet of Things-Based Smart Irrigation System," *Engineering Proceedings*, vol. 58, no. 1, p. 93, 2023. doi: <https://doi.org/10.3390/ecsa-10-16243>.
  - [6] M. H. Absar, G. F. Mirza, W. Zakai, Y. John, and N. Mansoor, "Novel IoT-Based Plant Monitoring System," *Engineering Proceedings*, vol. 32, no. 1, Apr. 2023.
  - [7] A. A. Wahid, "Analisis metode waterfall untuk pengembangan sistem informasi," *Jurnal Ilmu-ilmu Informasi dan Manajemen STMIK*, vol. 1, no. 1, pp. 1–5, Nov. 2020.
  - [8] R. A. Putra "Implementasi Sistem Monitoring dan Penyiraman Tanaman Otomatis Berbasis Internet of Things Menggunakan K-Nearest Neighbour" *Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim*, 2020.
  - [9] A. K. Pandey and Y. Patel, "IoT and ML based Irrigation System using KNN Algorithm," 2022 5th International Conference on Contemporary Computing and Informatics (IC3I), Uttar Pradesh, India, pp. 779-784, 2022, doi: 10.1109/IC3I56241.2022.10072613. D. P. Hostiadi, N. L. P. Srinadi, and I. M. D. Susila, "Optimasi Klasifikasi Naive Bayes Menggunakan Analisis Kemiripan Data Untuk Mengukur Kinerja Dosen," *Jurnal Sistem dan Informatika (JSI)*, vol. 17, no. 2, pp. 81-88, 2023.
  - [10] D. P. Hostiadi, N. L. P. Srinadi, and I. M. D. Susila, "Optimasi Klasifikasi Naive Bayes Menggunakan Analisis Kemiripan Data Untuk Mengukur Kinerja Dosen," *Jurnal Sistem dan Informatika (JSI)*, vol. 17, no. 2, pp. 81-88, 2023.
-