

## Penerapan *Embedded Fuzzy* Dan *Internet Of Things* Pada *Smart Greenhouse* Untuk Budidaya Tanaman Cabai

I Gusti Ngurah Putu Arya Wijaya<sup>1)</sup>, Panji Surya Permana Nanta<sup>2)</sup>, Made Liandana<sup>3)</sup>, I Made Darma Susila<sup>4)</sup>

Teknologi Informasi<sup>1) 2) 3)</sup>, Sistem Informasi<sup>4)</sup>

Institut Teknologi dan Bisnis STIKOM Bali

Denpasar, Indonesia

e-mail: 200040091@stikom-bali.ac.id<sup>1)</sup>, 200040076@stikom-bali.ac.id<sup>2)</sup>, landana@stikom-bali.ac.id<sup>3)</sup>, darma\_s@stikom-bali.ac.id<sup>4)</sup>

### Abstrak

Cabai (*Capsicum Annum L*) adalah tanaman semusim dengan nilai ekonomi tinggi yang banyak dibudidayakan di Indonesia. Permintaan pasar yang terus meningkat seiring dengan berbagai pemanfaatannya, baik dalam kuliner maupun industri, menjadikan produksi cabai sangat penting. Namun, perubahan iklim telah menjadi salah satu penyebab utama kegagalan panen yang signifikan. Dalam menghadapi tantangan ini, teknologi smart greenhouse menawarkan solusi untuk mengendalikan kondisi iklim mikro, sehingga menciptakan lingkungan yang lebih optimal bagi pertumbuhan tanaman. Selain itu, penerapan Internet of things (IoT) dalam pertanian memungkinkan pemantauan dan pengendalian otomatis yang meningkatkan efisiensi budidaya. Metode logika fuzzy juga diusulkan untuk meningkatkan sistem kontrol dalam smart greenhouse, memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih baik dalam situasi kompleks. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi penerapan teknologi tersebut dalam mendukung pertanian berkelanjutan di Indonesia, guna meningkatkan produktivitas dan meminimalkan risiko kegagalan panen.

**Kata kunci:** Cabai, Smart greenhouse, Internet of things (IoT), logika fuzzy, sistem control.

### 1. Pendahuluan

Buah cabai memiliki beragam manfaat, mulai dari bahan masakan, bahan industri, obat-obatan, hingga zat pewarna [1]. Permintaan pasar pun terus meningkat seiring dengan semakin banyaknya penggunaan cabai [2]. Namun, salah satu penyebab kegagalan panen yang signifikan adalah faktor perubahan iklim, yang dapat mengakibatkan penurunan produksi pertanian. Oleh karena itu, diperlukan solusi untuk mengatasi tantangan tersebut [3]. Dalam usaha ini, dorongan dari kemajuan teknologi sangat penting agar pembudidayaan tanaman cabai menjadi lebih efisien [4]. Kemajuan teknologi, seperti penerapan *smart greenhouse*, dapat menjadi alternatif dalam mengendalikan kondisi iklim mikro tanaman, menciptakan lingkungan yang lebih optimal bagi pertumbuhan, serta meminimalisir kegagalan panen [5].

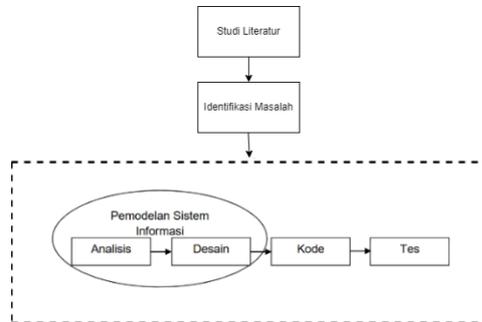
Teknologi *smart greenhouse* diharapkan dapat meningkatkan efisiensi dalam pembudidayaan tanaman cabai. Selain itu, penerapan *Internet of things (IoT)* dalam pertanian memungkinkan pemantauan dan pengendalian otomatis yang inovatif. Penelitian oleh Wardani dan Lhaksmana menunjukkan bahwa metode kondisional if-then memiliki keterbatasan dalam pengambilan keputusan ketika berhadapan dengan hubungan kompleks antara variabel input dan output [6]. Selain itu, penelitian oleh Ode dan Laksana merancang alat penyiraman otomatis dan sistem pengendalian suhu di dalam green house yang berbasis *IoT*, menggunakan Arduino mega2560 dan NodeMCU ESP8266 sebagai pengirim data [7]. Penelitian lain oleh Azmi dan Syaryadhi menggunakan mikrokontroler ESP8266 untuk mendeteksi ketersediaan air melalui sensor kelembaban tanah [8].

Meskipun penelitian tentang *smart greenhouse* telah banyak dilakukan, tantangan dalam monitoring dan pemeliharaan yang efektif masih ada, terutama terkait dengan keterbatasan dalam penerapan metode rule-based. Hal ini menunjukkan perlunya sistem kendali yang lebih baik, salah satunya melalui penerapan logika fuzzy. Logika fuzzy, sebagai salah satu metode *Artificial Intelligence (AI)*, memiliki kemampuan untuk menyelesaikan masalah dalam sistem yang kompleks dan dinamis [9]. Metode fuzzy Mamdani yang fleksibel dapat mengoptimalkan keputusan dalam konteks pertanian [10]. Dengan mengintegrasikan fuzzy dalam teknologi *IoT*, diharapkan sistem *smart greenhouse* dapat berfungsi lebih efektif dan efisien [11].

### 2. Metode Penelitian

## 2.1 Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data adalah tahapan data yang dibutuhkan pada penelitian. Adapun metode yang digunakan yaitu:

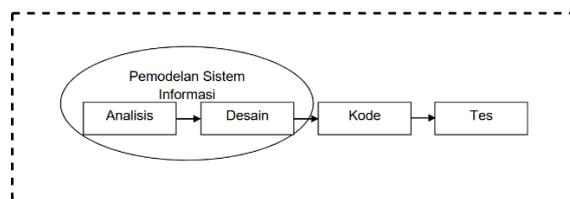


Gambar 1. Metode Penelitian

1. Metode pengumpulan data yang pertama adalah studi literatur. Data yang diperoleh mencakup materi yang bersumber dari jurnal, buku, karya ilmiah, catatan kuliah dan sumber lain baik dalam bentuk media cetak maupun media elektronik yang berkaitan dengan *Internet of things (IoT)* dan berhubungan dengan sistem monitoring pada greenhouse.
2. Identifikasi masalah menjadi salah satu metode pengumpulan data dalam masalah yang muncul dalam budidaya tanaman cabai di Indonesia meliputi; Perubahan iklim, keterbatasan kontrol lingkungan, minimnya teknologi dukungan, kesulitan pengambilan keputusan. Identifikasi masalah ini menunjukkan bahwa ada kebutuhan mendesak untuk mengembangkan solusi yang dapat mengatasi tantangan dalam budidaya tanaman cabai, dengan fokus pada peningkatan kontrol lingkungan, efisiensi sumber daya, dan pengambilan keputusan yang tepat melalui penerapan teknologi *seperit smart greenhouse* dan *IoT* dengan dukungan logika *fuzzy*.

## 2.2 Metode Pengembangan Sistem

Metode pengembangan sistem yang digunakan dalam membuat sistem *Smart greenhouse* ini adalah Metode Waterfall. Menurut Pressman, model Waterfall merupakan suatu model pengembangan secara sekuensial. Model Waterfall bersifat sistematis dan berurutan dalam membangun sebuah perangkat lunak. Proses pembuatannya mengikuti alur dari mulai analisis, desain, kode, pengujian [12].



Gambar 2. Model Waterfall

1. Analisis Kebutuhan  
Tahapan analisis sistem dilakukan untuk menganalisis sistem yang dibuat agar dapat memahami kebutuhan sistem. Analisa yang dilakukan yaitu analisis kebutuhan pada perancangan *Smart greenhouse* diperlukan instrumen pendukung berupa perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan untuk membangun sistem
2. Desain Sistem  
Desain sistem atau perancangan pada penelitian ini diilustrasikan menggunakan flowchart yang menggambarkan alur kerja sistem secara keseluruhan sebagai Pemodelan sistem dan juga Gambaran Umum Sistem.
3. Implementasi (Pembuatan Kode)

Pada implementasi sistem dilakukan penerapan hasil dari tahapan analisis dan desain sistem yang telah dilakukan. Implementasi alat dilakukan berdasarkan perancangan mekanik dan elektronika yang telah dibuat.

#### 4. Pengujian Sistem

Pada tahap pengujian bertujuan untuk memastikan bahwa sistem yang dibuat berfungsi dengan baik. Pengujian mencakup pembacaan sensor suhu, sensor kelembapan tanah, serta penerapan aturan fuzzy, dan juga pengujian keseluruhan sistem.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Analisa Kebutuhan

##### 1. Perangkat Keras

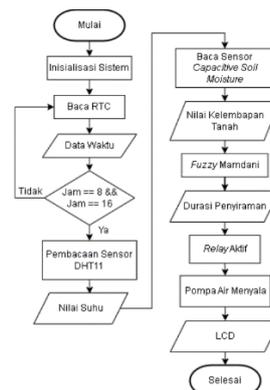
Adapun perangkat keras pendukung yang digunakan pada *Smart greenhouse*, sebagai berikut: Esp32, Sensor DHT11, Sensor BH1750, Soil Sensor, Relay, Motor Servo, Pompa DC, Led Strip.

##### 2. Perangkat Lunak

Adapun perangkat lunak pendukung yang digunakan pada *Smart greenhouse* sebagai berikut: Node Js digunakan sebagai runtime Javascript pada backend yang dapat berfungsi sebagai web server, Arduino IDE digunakan untuk melakukan penulisan kode program dan kompilasi pada mikrokontroler ESP32, Visual studio code sebagai text editor untuk melakukan penulisan kode program *interface* website.

#### 3.2 Desain Sistem

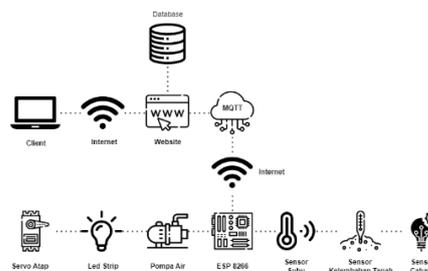
Desain sistem atau perancangan pada penelitian ini diilustrasikan menggunakan flowchart yang menggambarkan alur kerja sistem secara keseluruhan sebagai Pemodelan sistem



Gambar 3. Flowchart

##### 1. Gambaran Umum Sistem

Gambaran umum sistem menggambarkan cara kerja sistem dalam melakukan monitoring dan automasi pada *Smart greenhouse*. Berikut merupakan gambaran umum sistem Smart Grennhouse.

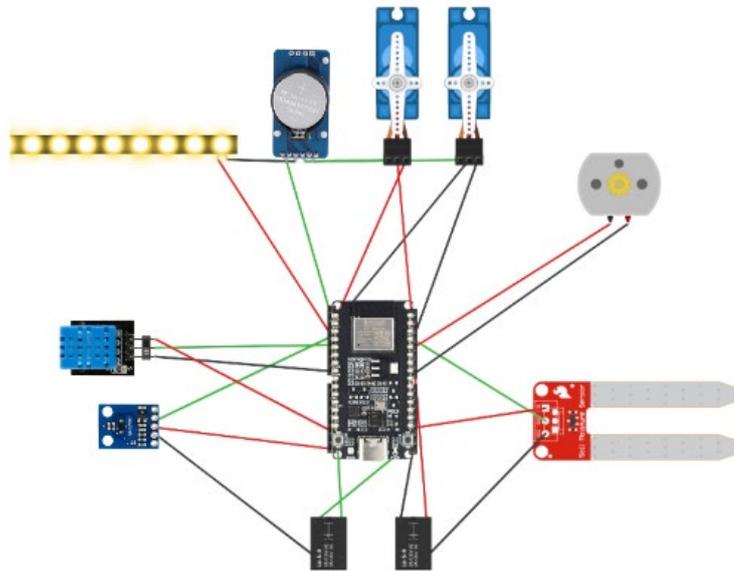


Gambar 4. Gambaran Umum Sistem

- a. Sistem dapat diakses menggunakan browser melalui jaringan internet.
- b. Interface sistem disajikan dalam bentuk website yang memuat akses kontrol dan informasi *Smart greenhouse*
- c. Informasi real time yang terdapat pada website diterima dari broker dan disimpan pada database secara berkala, sehingga user juga dapat melihat record data pada waktu tertentu.
- d. Data pada broker dikirimkan oleh mikrokontroler yang terhubung melalui jaringan internet.
- e. Mikrokontroler mengumpulkan data melalui sensor suhu, sensor cahaya, dan sensor kelembaban tanah serta melakukan automasi atau pengontrolan pompa air, led strip untuk pencahayaan, dan servo pada kubah atap.

### 3.3 Implementasi Sistem

Berikut ini merupakan tampilan dari keseluruhan rancangan perangkat keras yang telah di rancang untuk menghasilkan sistem yang dapat berfungsi dengan baik. Rancangan perangkat keras dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Rancangan Perangkat Keras

Kemudian dilanjutkan dengan implementasi sistem logika fuzzy melibatkan empat tahap, yaitu fuzzifikasi, penerapan fungsi implikasi, komposisi aturan, dan defuzzifikasi.

1. Fuzzifikasi adalah tahap di mana himpunan keanggotaan untuk setiap parameter dibentuk, sehingga aturan dapat diperoleh. Pada sistem ini, variabel *input* nya adalah suhu dan kelembapan tanah, sedangkan variabel *output* nya adalah penyiraman.

Tabel 1 Memperlihatkan himpunan *fuzzy* untuk variabel suhu.

Tabel 1. Himpunan Parameter Suhu

Variable	Himpunan	Batasan	Nilai
Suhu (°C)	Rendah	0 - 50	0 – 24
	Normal		20 – 32
	Tinggi		28 - 50

Tabel 2 Memperlihatkan himpunan parameter kelembapan tanah

Tabel 2. Himpunan Parameter Kelembapan Tanah

Variable	Himpunan	Batasan	Nilai
Kelembaban Tanah (%)	Kering	0 - 100	0 – 45
	Sedang		40 – 60
	Basah		55 - 100

- Aplikasi fungsi implikasi mengintegrasikan aturan *If Then* yang ada pada aturan antara himpunan fuzzy input dan himpunan fuzzy output.

Tabel 3. Rules Penyiraman

No	Suhu	Kelembaban Tanah	Pompa Air
1	Rendah	Kering	Lama
2	Normal	Sedang	Sebentar
3	Tinggi	Basah	Sebentar
4	Rendah	Sedang	Sebentar
5	Normal	Kering	Lama
6	Tinggi	Kering	Lama

- Komposisi diperoleh dengan mengkombinasikan hasil dari aturan *fuzzy* menggunakan metode *MAX*. Nilai yang digunakan adalah nilai tertinggi dari hasil perhitungan aturan *fuzzy*, yang diterapkan pada output dengan menggunakan operator *OR*. Setelah itu, dilakukan proses defuzzifikasi.
- Terakhir untuk memperoleh nilai keluaran fuzzy adalah melakukan defuzzifikasi. Proses ini bertujuan mengubah nilai keluaran fuzzy menjadi nilai tegas dengan menggunakan fungsi keanggotaan.

### 3.4 Pengujian Sistem

Pengujian sistem bertujuan untuk menilai apakah fuzzy yang diterapkan dalam sistem mampu menghasilkan keluaran sesuai dengan desain yang direncanakan. Sebanyak 10 data diuji untuk penyiraman dalam berbagai kondisi yang telah ditentukan oleh aturan yang ada.

Tabel 4. Pengujian Rules Penyiraman

Tabel Pengujian Rules Penyiraman							
No	Suhu	Kelembaban Tanah	Rule ke-	Target Output	Output Pengujian	Nilai Fuzzy	Hasil Pengujian
1	22 (rendah)	31 (kering)	1	Lama	Lama	3633	Sesuai
2	23 (rendah)	53 (sedang)	4	Sebentar	Sebentar	1336	Sesuai
3	25 (normal)	52 (sedang)	2	Sebentar	Sebentar	1336	Sesuai
4	27 (normal)	41 (kering)	5	Lama	Lama	3657	Sesuai
5	34 (tinggi)	81 (basah)	3	Sebentar	Sebentar	1253	Sesuai
6	30 (normal)	46 (sedang)	2	Sebentar	Sebentar	1405	Sesuai
7	32 (normal)	34 (kering)	5	Lama	Sebentar	3633	Tidak Sesuai
8	34 (tinggi)	40 (kering)	6	Lama	Lama	3745	Sesuai
9	34 (tinggi)	73 (basah)	3	Sebentar	Lama	3746	Tidak Sesuai
10	31 (normal)	55 (sedang)	2	Sebentar	Sebentar	1455	Sesuai

## 4. Kesimpulan

---

Sistem *Embedded Fuzzy* dan *Internet Of Things* pada *Smart Greenhouse* telah berhasil di kembangkan. Proses penyiraman ini bergantung pada dua parameter input: suhu dan kelembapan tanah. Suhu dikelompokkan menjadi tiga kategori: rendah (0–24), normal (20–32), dan tinggi (28–50). Kelembapan tanah memiliki himpunan kering (0–45), sedang (40–60), dan basah (55–100). Dari kedua input tersebut, sistem ini menghasilkan keluaran berupa durasi penyiraman dalam milidetik. Proses perhitungan dilakukan berdasarkan aturan fuzzy yang diprogram di *ESP32*. Dengan menggunakan metode fuzzy Mamdani, sistem ini mampu mengurangi risiko kelebihan atau kekurangan air pada tanaman dan dapat beradaptasi dengan kondisi lingkungan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa akurasi sistem penyiraman otomatis ini.

#### Daftar Pustaka

- [1] A. Marliah, M. Nasution, D. Armin, P. Agroteknologi, And F. Pertanian, “Pertumbuhan Dan Hasil Beberapa Varietas Cabai Merah Pada Media Tumbuh Yang Berbeda Growth And Yield Of Some Varieties Of Chili In Different Growing Media,” 2011.
- [2] “Devi Rizqi Nurfalach”.
- [3] D. Kabupaten, B. Jawa, And B. Ruminta, “Analisis Penurunan Produksi Tanaman Padi Akibat Perubahan Iklim Di Kabupaten Bandung Jawa Barat Analysis Of Decreasing Production Of Paddy Due To Climate Change In Bandung District West Java,” 2016.
- [4] R. Apriansyah, “Abstract Analysis Of Land Productivity Of Red Chili Farming In Kalirejo Sub-District, Central Lampung District,” 2023.
- [5] H. Toiba, J. Aghniarahim Putritamara, M. Shadiqur Rahman, R. Bushron, A. Luqman Aziz, And Dan Muhammad Fattah, “Aplikasi Dan Pendampingan Usaha Greenhouse Melon Dan Paprika Hidroponik Sebagai Upaya Pemberdayaan Korban Bencana Letusan Gunung Semeru,” *J. Din. Pengabd.*, Vol. 8, No. 2, Pp. 367–376, 2023.
- [6] “Rancang Bangun Alat Pengereng Pakaian Menggunakan Metode Fuzzy Logic.”
- [7] U. Azmi And M. Syaryadhi, “Penerapan Wireless Sensor Network Berbasis Esp8266 Untuk Pemantauan Dan Proses Budidaya Tanaman Cabai Merah.”
- [8] “571-1-2099-2-10-20230517”.
- [9] H. W. Saputra And I. Komputer, “Penerapan Kecerdasan Buatan Dalam Pengujian Perangkat Lunak,” Vol. 1, No. 2, Pp. 1–16, 2024.
- [10] R. Kurniawan, W. Kurniawan, And R. Maulana, “Prototype Rancang Bangun Sistem Cerdas Pengatur Otomasi Suhu, Kelembaban, Dan Sirkulasi Udara Pada Greenhouse Menggunakan Metode Fuzzy Logic,” 2019. [Online]. Available: [Http://J-Ptiik.Ub.Ac.Id](http://J-Ptiik.Ub.Ac.Id)
- [11] M. Nisa, A. Mustofa, I. Saiful Millah, And F. Nailah, “Rancang Bangun Smart Green House Pada Budidaya Tanaman Kangkung Berbasis Iot (Internet Of Things),” *J. Techno Bahari*, Vol. 10, No. 2, Pp. 11–17, 2023.
- [12] R. Burhanudin Baharsah, A. Budimansyah Purba, J. Mulyana, And C. Indra Grahana, “Penerapan Teknologi Internet Of Think (Iot) Untuk Smart Green House Berbasis Web Server Dan Android Controller,” *Jipakif Nusant. (Jurnal Inov. Pengemb. Apl. Dan Keamanan Inf. Nusantara)*, Vol. 1, No. 1, Pp. 45–54, 2023, [Online]. Available: [Http://Jurnal.Edunovationresearch.Org/](http://Jurnal.Edunovationresearch.Org/)