

OTOMATISASI SISTEM KONTROL TUMBUH KEMBANG TOGA (TANAMAN OBAT KELUARGA) BERBASIS FUZZY C-MEANS

Christy Atika Sari¹, Wellia Shinta Sari², Eko Hari Rachmawanto³

Universitas Dian Nuswantoro
Jl. Imam Bonjol 207, Semarang, Indonesia

¹christy.atika.sari@dsn.dinus.ac.id, ²wellia.shinta.sari@dsn.dinus.ac.id, ³eko.hari@dsn.dinus.ac.id

ABSTRAK

Tanaman TOGA adalah tanaman obat keluarga yang memiliki peran penting dalam pengobatan tradisional. Dalam beberapa tahun terakhir, terjadi permasalahan serius terkait dengan pertumbuhan dan pemeliharaan tanaman TOGA, yang disebabkan oleh perubahan iklim, urbanisasi, dan kurangnya pengetahuan dalam budidaya tanaman ini. Untuk mengatasi tantangan ini, penelitian mengenai pengembangan Prototype Hidroponik Cerdas dilakukan. Prototype ini mengadopsi teknologi canggih yang memungkinkan pemantauan dan pengendalian otomatis terhadap semua aspek yang memengaruhi pertumbuhan tanaman, termasuk suhu, kelembaban udara, intensitas cahaya, pH larutan nutrisi, dan kadar oksigen dalam air. Dengan demikian, sistem ini mampu meningkatkan konsistensi, kecepatan pertumbuhan, dan kualitas tanaman TOGA, yang pada gilirannya mendukung ketersediaan sumber daya TOGA yang berkualitas tinggi bagi masyarakat serta berkontribusi pada pelestarian lingkungan yang lebih baik secara keseluruhan.

Kata Kunci: TOGA, IoT, Machine Learning, Fuzzy C-Means

ABSTRACT

TOGA plants, also known as Family Medicinal Plants, play a significant role in society as a natural source for traditional medicine. In recent years, there have been serious issues related to the growth and maintenance of TOGA plants, attributed to climate change, urbanization, and a lack of knowledge about cultivating these plants. To address these challenges, research on the development of a Smart Hydroponic Prototype has been conducted. This prototype adopts advanced technology that enables automated monitoring and control of all aspects affecting plant growth, including temperature, air humidity, light intensity, nutrient solution pH, and oxygen levels in water. Consequently, the system enhances the consistency, speed of growth, and quality of TOGA plants, thereby supporting the availability of high-quality TOGA resources for the community and contributing to overall environmental preservation.

Key Word: TOGA, IoT, Machine Learning, Fuzzy C-Means

PENDAHULUAN

Tanaman Toga, yang juga dikenal sebagai Tanaman Obat Keluarga, memegang peran yang signifikan dalam masyarakat sebagai sumber alami untuk pengobatan tradisional (Puspitasari et al., 2021). Dalam beberapa tahun terakhir, terjadi permasalahan serius terkait dengan pertumbuhan dan pemeliharaan tumbuhan Toga. Faktor-faktor seperti perubahan iklim, urbanisasi, dan kurangnya pengetahuan tentang budidaya tumbuhan ini telah mengancam kelangsungan populasi dan kualitas Toga. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian yang mendalam untuk mengatasi tantangan ini dan memastikan ketersediaan bahan baku Toga yang berkualitas tinggi bagi masyarakat (Purnomo et al., 2023). Salah satu solusi yang diusulkan untuk mengatasi masalah pemeliharaan Toga adalah dengan mengembangkan Prototype Hidroponik Cerdas. *Prototype* ini adalah

sistem budidaya tumbuhan Toga yang menggunakan metode hidroponik untuk meningkatkan efisiensi penggunaan air dan nutrisi, serta mengurangi risiko kerusakan akibat perubahan iklim. Sistem ini juga dilengkapi dengan teknologi otomatisasi yang memantau dan mengatur lingkungan pertumbuhan tumbuhan, sehingga memungkinkan pemeliharaan Toga yang lebih efisien dan efektif.

Prototype Hidroponik Cerdas adalah sebuah sistem inovatif yang dirancang khusus untuk mengatasi berbagai tantangan dalam budidaya tumbuhan, dengan fokus utama pada tanaman Toga atau Tanaman Obat Keluarga (Abada, 2023.). *Prototype* Hidroponik Cerdas dari sistem hidroponik konvensional adalah adopsi teknologi canggih yang memungkinkan pemantauan dan pengendalian otomatis terhadap semua aspek yang memengaruhi pertumbuhan tanaman (Dhanaraju et al.,

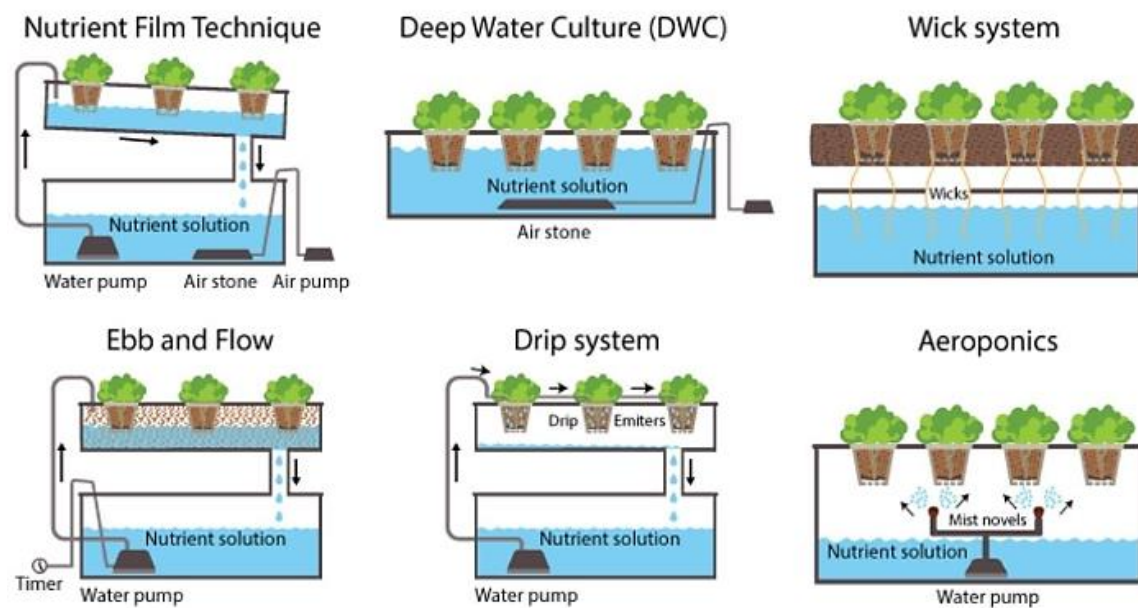
2022) yang mencakup pemantauan suhu, kelembaban udara, intensitas cahaya, pH larutan nutrisi, dan kadar oksigen dalam air. Selain itu, sistem ini dilengkapi dengan sensor-sensor yang dapat mendeteksi perubahan cuaca eksternal dan menyesuaikan parameter lingkungan internal sesuai kebutuhan. Hasilnya adalah pertumbuhan

tanaman Toga yang lebih konsisten, lebih cepat, dan dengan kualitas yang lebih tinggi, yang pada gilirannya akan mendukung ketersediaan sumber daya Toga yang berkualitas tinggi bagi masyarakat serta berkontribusi pada pelestarian sumber daya alam dan lingkungan yang lebih baik secara keseluruhan (Sosial et al., 2023).



(a) Pembibitan (b) Persiapan transfer ke media pipa (c) Pemantauan tumbuh kembang tanaman pada teknik hidroponik

Gambar 1. Visualisasi teknik hidroponik pipa pralon : (a) Pembibitan, (b) Persiapan transfer ke media pipa , (c) Implementasi pada teknik hidroponik



Gambar 2. Jenis metode hidroponik

Dalam penelitian ini, kami akan melakukan analisis dan penjelasan lebih mendalam tentang otomatisasi Prototype Hidroponik Cerdas dalam Sistem Kontrol Tumbuh Kembang TOGA (Tanaman Obat Keluarga) Berbasis Fuzzy C-Means Berbasis Metode *Nutrient Film Technique (NFT)* sesuai Gambar 2. Sistem ini akan menggunakan algoritma Fuzzy C-Means untuk mengelompokkan dan mengoptimalkan parameter lingkungan, seperti suhu, kelembaban, intensitas cahaya, dan pH air, sehingga menciptakan kondisi yang ideal

untuk pertumbuhan tumbuhan Toga. Dengan pendekatan ini, diharapkan kita dapat meningkatkan produktivitas dan kualitas Toga sambil mengurangi dampak negatif lingkungan dalam budidaya Toga di masa depan.

METODE PENELITIAN

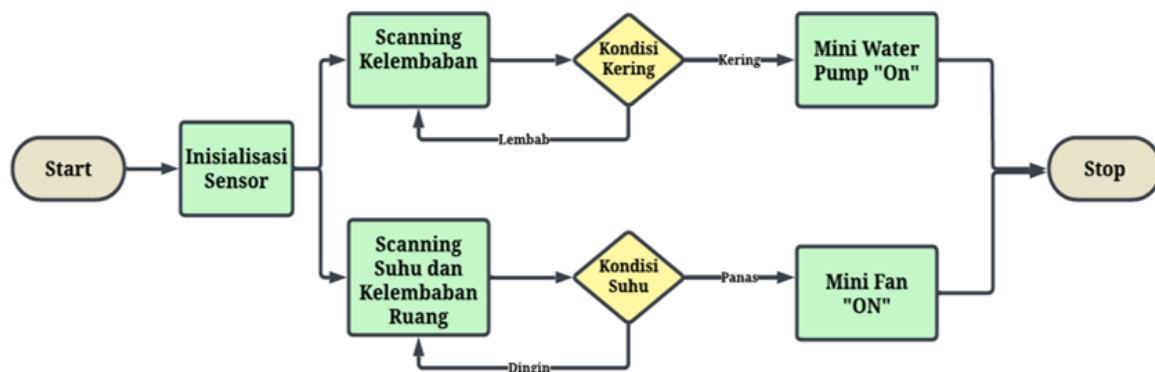
Metode yang diusulkan dalam penelitian ini dimulai dengan inisialisasi sensor yang terhubung dengan prototipe hidroponik cerdas sesuai Gambar 3. Sensor ini akan secara terus-menerus memantau suhu dan nutrisi di sekitar

tanaman TOGA. Dalam penelitian ini, digunakan software dan hardware agar dapat diintegrasikan dengan baik dalam sistem kontrol pertumbuhan tanaman TOGA yang cerdas berbasis algoritma Fuzzy C-Means untuk meningkatkan efisiensi budidaya tanaman TOGA.

Analisis Software dan Hardware dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2. Ketika sensor mendeteksi bahwa kondisi nutrisi menjadi minim, sistem akan merespon dengan mengaktifkan mini pompa air untuk menyediakan suplai air tambahan yang

diperlukan (Rajput & Kumaravelu, 2019; Xu et al., 2023). Selain itu, jika sensor mencatat suhu udara yang meningkat menjadi tinggi, prototipe akan merespon dengan mengaktifkan mini kipas untuk memberikan pendinginan yang diperlukan dalam lingkungan hidroponik.

Berdasarkan analisis perangkat keras dan perangkat lunak yang dilakukan, tahap selanjutnya yaitu perancangan untuk prototipe sistem kontrol tumbuh kembang TOGA yang cerdas telah disusun sesuai dengan Gambar 2 dan dengan realiasi peralatan pada Gambar 3.



Gambar 3. Alur proses dari metode yang diusulkan

Tabel 1. Hardware yang digunakan

Hardware	Deskripsi
Sensor Nutrisi	Dibutuhkan sensor nutrisi yang akurat untuk mengukur kecukupan nutrisi terhubung dengan sistem monitoring.
Sensor Suhu	Sensor suhu yang sensitif dan dapat diandalkan diperlukan untuk memantau suhu udara.
Mini Pompa Air	Dibutuhkan mini pompa air yang dapat menyirami tanaman saat sensor nutrisi minimum.
Mini Kipas	Mini kipas dengan kemampuan pengaturan kecepatan dan daya tahan yang baik diperlukan untuk pendinginan lingkungan saat suhu udara tinggi.
Microcontroller	ESP 32 atau mikrokontroler seperti Arduino atau Raspberry Pi digunakan untuk mengendalikan perangkat keras dan mengolah data sensor.
Komponen Elektronik Lain	Komponen seperti relay, transistor, dan kabel penghubung diperlukan untuk mengintegrasikan perangkat keras dan memastikan fungsi yang sinergis.

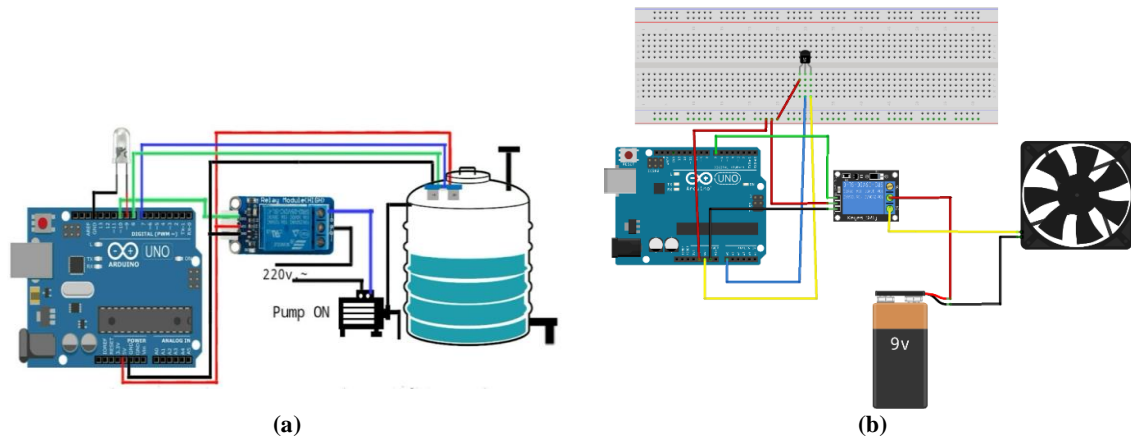
Dari hasil rancangan yang diilustrasikan dalam Gambar 4 dan Gambar 5, langkah terakhir dalam implementasi sistem kontrol tumbuh kembang TOGA yang cerdas adalah konfigurasi menggunakan algoritma Fuzzy C-Means. Fuzzy C-Means adalah metode

pengendalian yang memungkinkan pemodelan sistem yang kompleks dengan mempertimbangkan tingkat kepastian yang relatif, tidak seperti logika biner konvensional (Karunkuzhali et al., 2022; Parlina et al., 2021).

Tabel 2. Software yang digunakan

Software	Deskripsi
Algoritma Fuzzy C-Means	Software mengandalkan algoritma Fuzzy C-Means untuk mengelola data sensor dan membuat keputusan tentang penyiraman dan penggunaan kipas.
Sistem Operasi	Sistem operasi yang sesuai, seperti Linux atau sistem operasi khusus yang dioptimalkan untuk mikrokontroler, diperlukan untuk efisiensi prototipe.
Bahasa Pemrograman	Bahasa pemrograman C++ cocok untuk mengembangkan perangkat lunak kontrol.

Basis Data	Penggunaan basis data diperlukan untuk menyimpan data sensor dan riwayat pertumbuhan tanaman.
------------	---



Gambar 4. Ilustrasi Perancangan : (a) Implementasi Mini Water Pump, (b) Implementasi Mini Fan



(a) ESP32 (b) TDS
Gambar 5. Peralatan yang digunakan



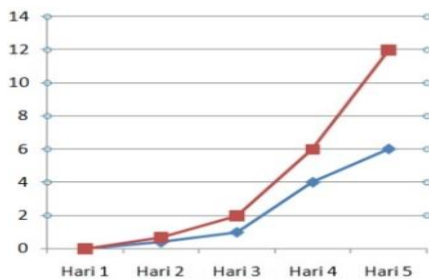
Gambar 6. Ilustrasi rancangan pipa pralon untuk hidropnik

Dengan menerapkan algoritma Fuzzy C-Means, sistem dapat menyesuaikan keputusan penyiraman tanaman dan penggunaan kipas berdasarkan data yang diperoleh dari sensor nutrisi dan suhu udara. Hal ini memungkinkan sistem untuk merespons kondisi lingkungan dengan lebih adaptif dan mendekati cara

pandang manusia, sehingga meningkatkan efisiensi dan kualitas pertumbuhan tanaman TOGA secara keseluruhan (Simion et al., 2020). Hasil dari pengimplementasian Fuzzy C-Means akan dibahas pada pembahasan pada sub-bab selanjutnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil metode pembahasan sebelumnya, diperoleh hasil fuzifikasi value sensor pH dan TDS (*Total Dissolved Solids*) sesuai Gambar 6 menggunakan ESP32 dan TDS. Fuzifikasi dilakukan untuk mengubah nilai numerik dari sensor pH dan TDS menjadi variabel linguistik yang dapat diinterpretasikan oleh sistem berdasarkan kriteria tertentu. Hasil fuzifikasi ini memungkinkan sistem untuk mengklasifikasikan nilai pH dan TDS nutrisi ke dalam kategori yang dapat dipahami, seperti "Kering" atau "Lembab" untuk pH, dan "Sangat Dingin" "Dingin" "Hangat" "Panas" atau "Sangat Panas" untuk TDS.

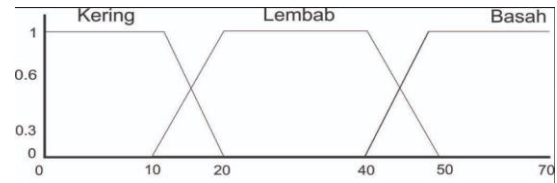


Gambar 7. Pertumbuhan tinggi tanaman

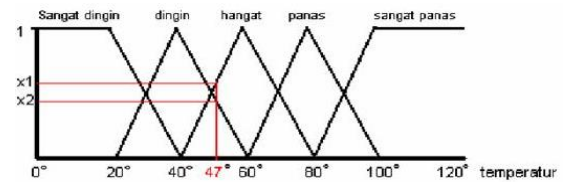
Berdasarkan hasil pertumbuhan tanaman TOGA yang dipantau melalui fuzifikasi sensor pH dan TDS, informasi terkait perkembangan tanaman dapat ditemukan dalam Gambar 7 dan Gambar 8. Gambar-gambar ini memberikan gambaran visual mengenai bagaimana variabel linguistik dari sensor pH dan TDS telah memengaruhi pertumbuhan tanaman secara keseluruhan. Air yang telah dicampur dengan pupuk ABmix di uji coba pada sejumlah tempat untuk mengetahui perbandingan terbaik dan melakukan pencatatan nilai TDS. Hasil fuzifikasi TDS setelah diterapkan dalam tanaman dapat di lihat pada Gambar 7 dan Gambar 8.

SIMPULAN DAN SARAN

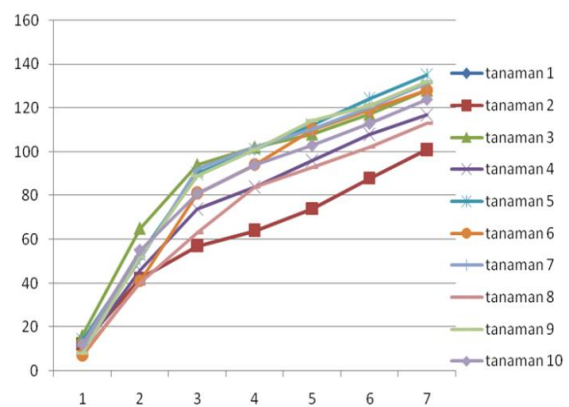
Secara keseluruhan, implementasi sistem kontrol tumbuh kembang TOGA yang cerdas berbasis Fuzzy Logic menunjukkan potensi besar dalam meningkatkan efisiensi dan kualitas pertumbuhan tanaman. Melalui integrasi perangkat keras dan perangkat lunak yang cermat, sistem mampu mengoptimalkan



Gambar 7. Fuzifikasi sensor nutrisi melalui TDS



Gambar 8. Fuzifikasi suhu



Gambar 10. Perbandingan pertumbuhan tanaman

kondisi lingkungan berdasarkan fuzifikasi data sensor suhu dan TDS, yang kemudian dapat dievaluasi melalui Gambar 6 dan Gambar 7.

Hasil ini menunjukkan potensi dalam mengoptimalkan penggunaan pH down dan pH up untuk mengontrol keseimbangan pH nutrisi, yang secara langsung mempengaruhi pertumbuhan tanaman TOGA secara keseluruhan. Oleh karena itu, disarankan untuk melanjutkan penelitian lebih lanjut untuk memperdalam pemahaman tentang penggunaan Fuzzy Logic dalam sistem kontrol pertumbuhan tanaman TOGA, serta untuk mengembangkan metode pengendalian yang lebih presisi dan adaptif.

Selain itu, penting juga untuk mengintegrasikan teknologi dengan praktik pertanian yang berkelanjutan dan ramah lingkungan guna memastikan bahwa teknologi yang dikembangkan dapat diterapkan secara luas di berbagai lingkungan pertanian. Dengan mengikuti saran tersebut, diharapkan penelitian ini dapat memberikan kontribusi signifikan dalam pengembangan

pertanian modern yang lebih efisien dan berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abada, H. (2023). *Evaluation of Green Roof Technology in Egypt*. <https://fount.aucegypt.edu/etds/2127>
- Dhanaraju, M., Chenniappan, P., Ramalingam, K., Pazhanivelan, S., & Kaliaperumal, R. (2022). Smart Farming: Internet of Things (IoT)-Based Sustainable Agriculture. In *Agriculture (Switzerland)* (Vol. 12, Issue 10). MDPI. <https://doi.org/10.3390/agriculture12101745>
- Karunkuzhali, D., Meenakshi, B., & Lingam, K. (2022). An Adaptive Fuzzy C Means with Seagull Optimization Algorithm for Analysis of WSNs in Agricultural Field with IoT. *Wireless Personal Communications*, 126(2), 1459–1480. <https://doi.org/10.1007/s11277-022-09801-z>
- Parlina, A., Ramli, K., & Murfi, H. (2021). Exposing emerging trends in smart sustainable city research using deep autoencoders-based fuzzy c-means. *Sustainability (Switzerland)*, 13(5), 1–28. <https://doi.org/10.3390/su13052876>
- Purnomo, D., Sitepu, G. L., Nugraha, Y. R., & Permana Rosiyan, M. B. (2023). Social Metabolism in Buruan SAE: Individual Rift Perspective on Urban Farming Model for Food Independence in Bandung, Indonesia. *Sustainability*, 15(13), 10273. <https://doi.org/10.3390/su151310273>
- Puspitasari, I., Nurfiyana, G., Sari, F., & Indrayati, A. (2021). Pemanfaatan Tanaman Obat Keluarga (TOGA) sebagai Alternatif Pengobatan Mandiri Article Info. *Jurnal Warta LPM*, 24(3), 456–465. <http://journals.ums.ac.id/index.php/warta>
- Rajput, A., & Kumaravelu, V. B. (2019). Scalable and sustainable wireless sensor networks for agricultural application of Internet of things using fuzzy c-means algorithm. *Sustainable Computing: Informatics and Systems*, 22, 62–74. <https://doi.org/10.1016/j.suscom.2019.02.003>
- Simion, I. M., Moț, A.-C., & Sârbu, C. (2020). *Finding specific peaks (markers) using fuzzy divisive hierarchical associative-clustering based on the chromatographic profiles of medicinal plants extracts obtained at various detection wavelengths*.
- Sosial, A., Yang, E., Oleh, M., Bagus, I., & Suadnyana, P. E. (2023). *HUTAN LESTARI UNHI PRESS*.
- Xu, S., Xu, X., Blacker, C., Gaulton, R., Zhu, Q., Yang, M., Yang, G., Zhang, J., Yang, Y., Yang, M., Xue, H., Yang, X., & Chen, L. (2023). Estimation of Leaf Nitrogen Content in Rice Using Vegetation Indices and Feature Variable Optimization with Information Fusion of Multiple-Sensor Images from UAV. *Remote Sensing*, 15(3). <https://doi.org/10.3390/rs15030854>