

## Pemodelan Logika Fuzzy Pada Incubator Telur Ayam Kampung Dengan Metode Centroid

Mufidatul Isamiyah<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departemen Of Computer System, Faculty Of Technology And Design, Institut Of Teknologi And Business  
Asia Malang, Indonesia

<sup>1</sup>email.mufidatul@asia.ac.id

**ABSTRAK.** Penelitian ini mengenai mengenai pemodelan logika fuzzy untuk mengoptimalkan penggunaan kipas sebagai perangkat pengontrol suhu pada mesin penetasan telur ayam kampung. Tujuan dari penelitian ini adalah didapatkannya parameter yang optimal untuk pengaturan kecepatan kipas yang optimal untuk mesin penetasan telur. Agar mendapatkan proses penetasan yang optimal telur, suhu harus dikontrol semaksimal mungkin suhunya berkisar 37-40 Celcius. Pada penelitian dirancang alat incubator penetas telur ayam kampung menggunakan logika fuzzy mamdani, agar bisa berjalan optimal. Dimana suhu dan kelembaban digunakan sebagai input incubator sebagai masukan fuzzy logika. Menggunakan logika fuzzy untuk mengontrol suhu, output dari sistem ini adalah kecepatan kipas (PWM). Selanjutnya, kami menggunakan 2 lampu untuk membuat suhu lebih hangat, sehingga suhu incubator ini dapat dikontrol pada suhu yang ideal. Kami melakukan pengujian perangkat lunak dan pengujian kinerja sistem secara keseluruhan. Pengujian perangkat lunak dilakukan untuk melihat apakah perangkat lunak telah diimplementasikan logika fuzzy sudah sesuai dengan yang diharapkan, dengan cara membandingkan hasil yang diperoleh dari sistem yang dibangun dengan perhitungan manual dan perhitungan simulasi. Berdasarkan hasil pengujian ditemukan bahwa sistem fuzzy menghasilkan kecepatan kipas sebesar 33,8 PWM, sedangkan hasil nilai dengan perhitungan menggunakan metode centroid sebesar 32,8 PWM sehingga dapat disimpulkan selisih perhitungan sekitar 0,1 PWM.

**Kata Kunci:** Incubator telur ayam, fuzzy mamdani, metode centroid.

**ABSTRACT.** This research is about modeling fuzzy logic to optimize the use of fans as temperature control devices in free-range chicken egg incubators. The aim of this study is to determine the optimal parameters for fan speed settings in the egg incubator. To achieve optimal hatching processes, the temperature needs to be controlled as closely as possible between 37-40 degrees Celsius. In this research, an incubator design for free-range chicken eggs was developed using Mamdani fuzzy logic to ensure optimal functionality. Temperature and humidity are used as inputs for the fuzzy logic incubator. Fuzzy logic is utilized to control the temperature, and the output of this system is the fan speed (PWM). Additionally, we use two lamps to warm the incubator, enabling temperature control at ideal levels. We conducted software testing and performance testing of the overall system. Software testing was carried out to see if the fuzzy logic implementation in the software met expectations by comparing the results obtained from the constructed system with manual calculations and simulation calculations. Based on the testing results, it was found that the fuzzy system produced a fan speed of 33.8 PWM, while the value calculated using the centroid method was 32.8 PWM, leading to a conclusion that the difference in calculations is approximately 0.1 PWM.

**Keywords:** Chicken egg incubator, fuzzy mamdani, centroid method

### 1. PENDAHULUAN

Penetasan telur ayam secara alami dilakukan induk telur, tetapi penetasan secara alami memiliki beberapa kendala yaitu umur anak yang tidak bisa dikontrol, induk ayam harus menunggu telur ayam menetas terlebih dahulu untuk memproduksinya kembali dan terkadang induk ayam tidak mampu menetas telur ayam yang telah digemarnya karena faktor suhu dalam penetasan yang kurang menyeluruh, oleh sebab itu dibutuhkan alat untuk penetasan telur ayam yang didesain mirip dengan incubasi induk ayam yang disebut dengan incubator. Incubator merupakan salah satu pengganti alat dalam menetas telur ayam, proses penetasannya dengan menjaga suhu dan kelembaban tetap stabil untuk perkembangan embrio telur ayam menjadi anak ayam yang sehat (Lestari, Mulyana, and Mardi 2020). Suhu optimal agar inkubasi berhasil adalah 37,5°C, namun rentang suhu yang baik dalam penetasan telur ayam kampung berkisar antara 37°C dan 38°C untuk dapat menetas (Peprah et al. 2022), suhu incubator dipertahankan dalam suhu 36°C dan 39°C yang diperlukan untuk inkubasi telur (Uzodinma et al. 2020). Sedangkan kelembapannya dari 50% - 65% dan setelah masa inkubasi selama 19 hari sampai anakan menetas suhu harus diturunkan menjadi 36,8°C dan kelembapan

harus dijaga sekitar 90% (Aldair, Rashid, and Mokayef 2018). Perkembangan embrio telur ayam umumnya membutuhkan waktu 21 hari dalam incubator maupun secara alami (Özlu and Elibol 2023).

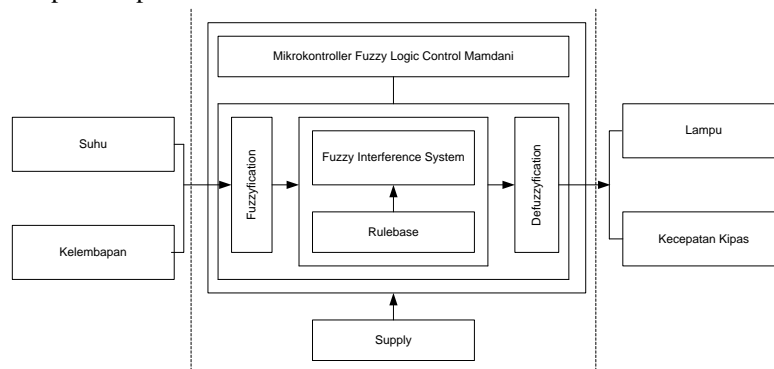
Incubator dibuat menyerupai tata cara mengerami telur ayam dengan suhu dan kelembaban yang terjaga, dalam penendalian suhu dan kelembaban diperlukan pengontrolan agar suhu terus terjaga dalam kisaran 37°C dan 38°C. Salah satu metode yang paling umum diterapkan untuk sistem kendali adalah pengontrol logika fuzzy. Metode fuzzy sendiri banyak digunakan sebagai metode cerdas kontrol karena dapat menentukan variabel dengan pemikiran seperti manusia. Untuk mendapatkan proses penetasan telur ini menjadi optimal, diperlukan sistem inkubator yang dapat mengendalikannya suhu, kelembaban dan oksigen yang penting untuk proses penetasan (Lestari et al. 2020). Sistem kendali dengan logika fuzzy lebih efektif dibandingkan metode konvensional (Rakhmawati et al. 2019).

Penelitian ini akan menyajikan desain suhu kontrol untuk mesin penetas telur menggunakan kontrol fuzzy mamdani, dimana inputannya adalah suhu, kelembaban sedangkan outputnya adalah kecepatan kipas dan lampu. Proses prediksi dengan menggunakan fuzzy mamdani terdiri dari empat tahap yaitu pembentukan himpunan fuzzy, komposisi aturan dan defuzzifikasi (langkah terakhir untuk memproses himpunan fuzzy yang diperoleh dari komposisi aturan fuzzy untuk menghasilkan keluaran berupa bilangan pada himpunan fuzzy domain. Ada beberapa alternative dalam meningkatkan efisiensi perhitungan secara signifikan salah satunya metode centroid, metode centroid ini membuktikan bahwa meskipun jumlah sampel di ubah tetapi hasil simulasi menunjukkan nilai akurat dan tidak mengalami perubahan yang signifikan dari hasil simulasi pada matlab (Chen 2022).

**2. METODE**

**a) Analisis dan perncangan**

Diagram blok untuk perancangan incubator telur ayam kampung di tunjukkan pada gambar 1. Dimana inputan dari incubator tersebut adalah suhu dan kelembaban, sedangkan output dari incubator tersebut adalah kecepatan kipas dalam incubator.



**Gambar 1.** Blok diagram (Islamiyah, Arifin, and Komputer 2023)

**b) Fuzzy Mamadani**

Sistem fuzzy dikenal beberapa metode penalaran antara laian : metode Tsukamoto, metode mamdani dna metode sugen (Wirawan and Azhari 2014), perancangan sistem pendukung keputusan untuk incubator telur ayam kampung digunakan metode mamdani. Metode mamdani dikenal dengan nama max-min, untuk mendapatkan output diperukan empat tahapan:

1. pembentukan himpunan fuzzy (pembentukan variable masukan dan keluaran yang dibagi menjadi satu atau lebih himpunan fuzzy) (Lestari et al. 2020).
2. aplikasi fungsi implikasi
3. komponen aturan
4. defuzzifikasi menggunakan metode *centroid*

Metode centroid merupakan solusi crips diperoleh dengan cara mengambil titik pusat ( $Z^*$ ) daerah fuzzy, secara umum dirumuskan sebagai berikut:

$$z_{fuzzy} = \frac{\sum_{j=1}^n z_j \mu(z_j)}{\sum_{j=1}^n \mu(z_j)} \tag{1}$$

Logika fuzzy digunakan untuk memperoleh hasil yang baik dengan inputan sensor, serta logika fuzzy ini bertujuan untuk menghindari nilai error dan meningkatkan pengambilan keputusan (Huamancastañeda et al. 2024).

**c) Program Matlab**

Program yang digunakan untuk melakukan fuzzy logic ialah menggunakan program Matlab (Wisely Ziliwu and Suhartati Agoes 2017).

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

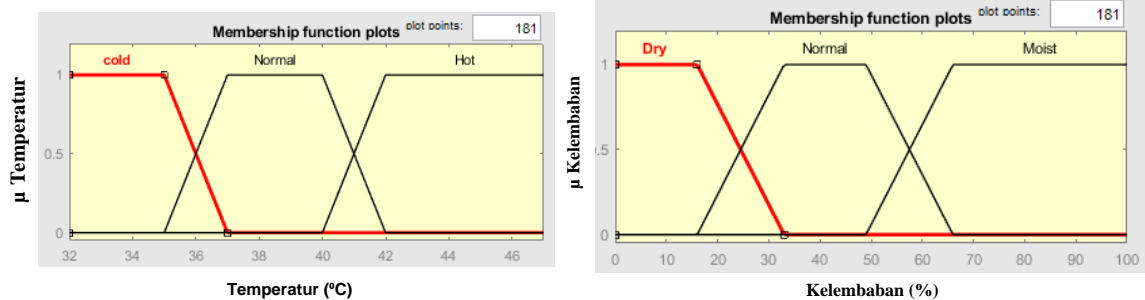
**1) Fuzzifikasi**

Fuzzifikasi operasi pertama bertindak sebagai antarmuka yang mengubah variabel masukan dari sistem menjadi nilai fuzzy yang tidak tepat, kemudian membership function (MF) membantu untuk mendapatkan nilai fuzzy yang tepat. Logika fuzzy digunakan sebagai pengontrol suhu (Dutta and Anjum 2021), aturan fuzzy ini berupa relasi if-then terdiri dari 16 aturan (Fajrin et al. 2024). Berikut variabel yang digunakan untuk outputan suhu dan kelembaban seperti yang ditunjukkan pada tabel 1.

**Tabel 1.** Linguistic Term dan numerical term untuk input dan output

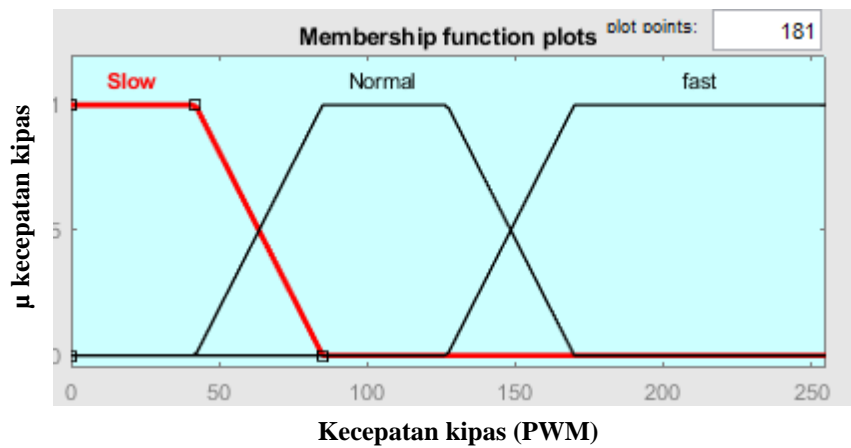
Linguistic Term (Suhu)	Numerical Term	Linguistic Term (Kelembaban)	Numerical Term	Linguistic Term (kecepatan kipas)	Numerical Term
Dingin	[32 32 35 37]	Kering	[0 0 16 33]	Lambat	[0 0 42 85]
Normal	[35 37 40 42]	Normal	[16 33 49 66]	Normal	[42 85 127 170]
Panas	[40 42 47 47]	Lembab	[49 66 100 100]	Cepat	[127 170 255 255]

Linguistic term dan numerical term pada tabel 1 digunakan untuk menentukan membership function (MF). Ada beberapa bentuk membership function (MF) yang digunakan dalam aturan fuzzy ini diantaranya segitiga, trapesium Gaussian, sigmoid, bentuk S dan bentuk Z (Hernández-Julio et al. 2020). Pada penelitian ini menggunakan bentuk kurva trapesium, fungsi keanggotaan trapesium dipilih dalam penelitian ini karena kesederhanaan dan efisiensinya (Loganathan et al. 2024), membership function (MF) pada variabel inputan suhu dan kelembaban ditunjukkan pada gambar 2.



**Gambar 2.** Membership Function pada Inputan Kelembaban dan suhu

Membership Function untuk variabel output Kecepatan Kipas ditunjukkan pada gambar 5. Membership function untuk variabel kecepatan kipas terdiri dari tiga set yaitu Lambat, Normal dan Cepat [11].



Gambar 3. Membership Function pada outputan Kecepatan Kipas (PWM)

2) Rulebase

Kemudian operasi kedua, keluaran yang defuzzifikasi melalui inferensi untuk membangun fuzzy inference (FI) rules. Rules ini kemudian dijalankan pada keluaran fuzzifikasi bersama dengan membership function (MF) untuk menghitung keluaran fuzzifikasi untuk setiap aturan. Berikut rule based ditunjukkan pada tabel 2. Banyak rule base pada penelitian ini sebanyak dua puluh tujuh rule, ini berasal dari jumlah himpunan inputan yang dikalikan himpunan outputan. Tetapi rule base yang digunakan ada Sembilan rule, hal ini dipilih karena membership function (MF) sesuai dengan aturan pada incubator, sedangkan delapan belas rule tidak digunakan karena tidak sesuai dengan aturan pada incubator.

Tabel 2. Rule Fuzzy Logic.

Rule	Inputan		Outputan Kecepatan Kipas
	Suhu	Kelembaban	
1	Dingin	Kering	Lambat
2	Dingin	Normal	Lambat
3	Dingin	Lembab	Lambat
4	Normal	Kering	Lambat
5	Normal	Normal	Lambat
6	Normal	lembab	Lambat
7	Panas	Kering	Cepat
8	Panas	Normal	Cepat
9	Panas	lembab	Cepat

3) Defuzzifikasi

Operasi terakhir adalah defuzzifikasi dan melibatkan konversi keluaran fuzzy yang diperoleh dari mesin inferensi menjadi output yang tajam. Defuzzifikasi merupakan proses mengubah data-data fuzzy tersebut menjadi data-data numeric yang akan dikirimkan ke inkubator telur ayam kampung. Dalam penelitian ini, kami menggunakan FLC Mamdani, MF trapesium dan metode defuzzifikasi 'centroid'. Metode centroid ini merupakan solusi untuk mengambil titik pusat daerah fuzzy, dimana metode ini mudah dalam perhitungan [20], serta hasil nilai fuzzy akan bergerak lebih akura. Metode centroid ini dilakukan untuk Pengujian perangkat lunak bertujuan untuk memeriksa kontrol model fuzzy yang telah diterapkan pada inkubator telur ayam sudah sesuai atau belum. Pengujian dilakukan dengan perhitungan manual yang dibandingkan dengan perhitungan simulasi. Untuk pengujian data yang digunakan pada suhu 37,8 °C dengan kelembaban 52%, ada beberapa langkah yang perlu dilakukan dalam pengujian perhitungan manual dengan hasil simulasi metode fuzzy, berikut bagian detailnya.

1. Determine the fuzzy set

Berdasarkan data yang digunakan dalam pengujian pada suhu 37,8 °C dengan kelembaban 52%, langkah yang dilakukan adalah menentukan himpunan fuzzy dari kelembaban dan temperatur dimana himpunan fuzzy yang digunakan pada variabel kelembaban adalah normal dan lembab, sedangkan pada temperatur adalah normal.

Derajat keanggotaan kelembaban dari himpunan normal dan lembab.

$$\mu_{Normal} [52] = \frac{66-52}{17} = 0,8235$$

$$\mu_{Moist} [52] = \frac{49-52}{-17} = 0,1764$$

Derajat keanggotaan temperatur dari himpunan normal dan lembab

$$\mu_{Normal} [37,8] = 1$$

**2. The function implication**

[R5]: IF humidity is Normal **and** temperature is normal **THEN PWM** output is Slow

$$\begin{aligned} \alpha_{R5} &= \mu_{Normal} \cap \mu_{Normal} \\ &= \min (\mu_{Normal}, \mu_{Normal}) \\ &= \min (0.823, 1) \\ &= 0.823 \end{aligned}$$

[R6]: IF humidity is Moist **and** temperature is normal **THEN PWM** output is Slow

$$\begin{aligned} \alpha_{R6} &= \mu_{Moist} \cap \mu_{Normal} \\ &= \min (\mu_{Moist}, \mu_{Normal}) \\ &= \min (0.176, 1) \\ &= 0.176 \end{aligned}$$

**3. Defuzzification**

Defuzzification merupakan tahap terakhir dalam sistem logika fuzzy, pada tahap ini defuzzifikasi menggunakan metode centroid dengan menentukan area dan momen.

$$Z^{\square} = \frac{\int_{\square} \mu(x(z))zdz}{\int_{\square} \mu(x(z))dz} = \frac{momen}{area}$$

Area keluaran dengan kecepatan kipas

$$L_{A1} = 50 \times 0.8 = 40$$

$$L_{A2} = \frac{1}{2} \times a \times t = \frac{1}{2} \times (85-42) \times 0.8 = 17.2$$

$$L_{Total} = 57.2$$

Momen keluaran dengan kecepatan kipas (PWM)

$$M_1 = \int_0^{50} 0.8zdz = 1000$$

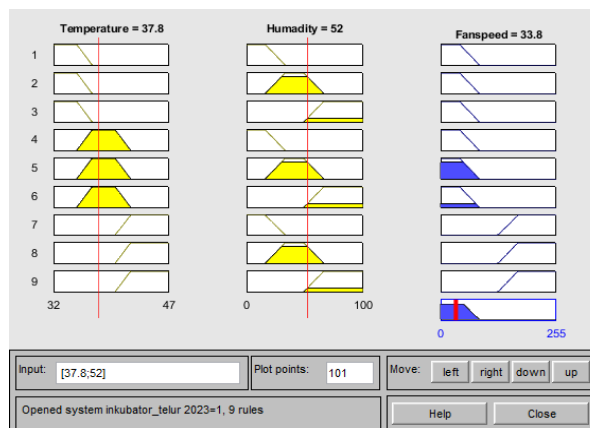
$$M_2 = \int_{50}^{85} (85 - z)/4zdz = 878.3914$$

$$M_{Total} = 1878.3914$$

Untuk menentukan nilai keluaran PWM kecepatan kipas digunakan pada persamaan berikut ini.

$$Z^{\square} = \frac{\int_0^{50} 0.8zdz + \int_{50}^{85} ((85-z)/43)zdz}{\int_0^{50} 0.8dz + \int_{50}^{85} ((85-z)/43)dz} = 32,8 \text{ PWM}$$

Hasil perhitungan dengan menggunakan metode defuzzifikasi 'centroid' didapatkan nilai kipas angin sebesar 32,8 PWM (pulse width modulation) dengan besar temperature 37.8 °C dan nilai kelembaban 52%. Sedangkan berdasarkan hasil simulasi perangkat lunak menurut data pada saat yang sama diperoleh kecepatan kipas sebesar 33.8 PWM sesuai gambar 4.



**Gambar 4.** Rule view (defuzzification results).

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan penjelasan di atas, kita dapat menyimpulkan bahwa Implementasi Model Fuzzy Mamdani untuk Pengendalian Suhu Mesin Penetas Telur Ayam pada hasil perhitungan manual misalnya kasus suhu) dan kelembaban 52% adalah 32,8 PWM, selanjutnya dengan perhitungan simulasi toolbox diperoleh 33,8 PWM dan pada implementasi alat diperoleh 51 PWM Kinerja kendali logika fuzzy Mamdani pada ayam ini mesin penetas telur berfungsi dengan cukup baik, sehingga dapat digunakan oleh petani dalam skala kecil atau besar.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Aldair, Ammar A., Abdulmuttalib T. Rashid, and Mastaneh Mokayef. 2018. "Design and Implementation of Intelligent Control System for Egg Incubator Based on IoT Technology." *2018 4th International Conference on Electrical, Electronics and System Engineering, ICEESE 2018* 49–54. doi: 10.1109/ICEESE.2018.8703539.
- Chen, Yang. 2022. "Design of Sampling-Based Noniterative Algorithms for Centroid Type-Reduction of General Type-2 Fuzzy Logic Systems." *Complex and Intelligent Systems* 8(5):4385–4402. doi: 10.1007/s40747-022-00789-4.
- Dutta, Pramit, and Nafisa Anjum. 2021. "Optimization of Temperature and Relative Humidity in an Automatic Egg Incubator Using Mamdani Fuzzy Inference System." *International Conference on Robotics, Electrical and Signal Processing Techniques* 12–16. doi: 10.1109/ICREST51555.2021.9331155.
- Fajrin, Hanifah Rahmi, Sasmeri, Levina Riski Prilia, Bambang Utara, and Muhammad Ahdan Fawwaz Nurkholid. 2024. "Fuzzy Logic Method-Based Stress Detector with Blood Pressure and Body Temperature Parameters." *International Journal of Electrical and Computer Engineering* 14(2):2156–66. doi: 10.11591/ijece.v14i2.pp2156-2166.
- Hernández-Julio, Yamid F., Patrícia F. P. Ferraz, Tadayuki Yanagi Junior, Gabriel A. e. S. Ferraz, Matteo Barbari, and Wilson Nieto-Bernal. 2020. "Fuzzy-Genetic Approaches to Knowledge Discovery and Decision Making: Estimation of the Cloacal Temperature of Chicks Exposed to Different Thermal Conditions." *Biosystems Engineering* 199:109–20. doi: 10.1016/j.biosystemseng.2020.02.005.
- Huaman-castañeda, Johan, Pablo Cesar Tamara-perez, Ernesto Paiva-peredo, Guillermo Zarate-segura, and Ernesto Paiva-peredo. 2024. "Design of a Prototype for Sending Fire Notifications in Homes Using Fuzzy Logic and Internet of Things." 14(1):248–57. doi: 10.11591/ijece.v14i1.pp248-257.
- Islamiyah, Mufidatul, Samsul Arifin, and Prodi Sistem Komputer. 2023. "CONTROL SISTEM INKUBATOR TELUR AYAM MENGGUNAKAN METODE." 9(2).
- Lestari, Indri Nurfazri, Edi Mulyana, and Rina Mardi. 2020. "The Implementation of Mamdani's Fuzzy Model for Controlling the Temperature of Chicken Egg Incubator." *Proceedings - 2020 6th International Conference on Wireless and Telematics, ICWT 2020*. doi: 10.1109/ICWT50448.2020.9243647.
- Loganathan, Sankar, Devanath Ramakrishnan, Mahenthiran Sathiyamoorthy, and Hazi Mohammad Azamathulla. 2024. "Assessment of Irrigational Suitability of Groundwater in Thanjavur District, Southern India Using Mamdani Fuzzy Inference System." *Results in Engineering* 21(November 2023):101789. doi: 10.1016/j.rineng.2024.101789.

- Özlu, Serdar, and Okan Elibol. 2023. "Rapid Egg Cooling Rate after Oviposition Influences the Embryonic Development, Hatchability, and Hatch Time of Young and Old Broiler Hatching Eggs." *Poultry Science* 102(12). doi: 10.1016/j.psj.2023.103083.
- Peprah, Forson, Samuel Gyamfi, Mark Amo-Boateng, Eric Buadi, and Michael Obeng. 2022. "Design and Construction of Smart Solar Powered Egg Incubator Based on GSM/IoT." *Scientific African* 17:e01326. doi: 10.1016/j.sciaf.2022.e01326.
- Rakhmawati, Renny, Irianto, Farid Dwi Murdianto, Atabik Luthfi, and Aviv Yuniar Rahman. 2019. "Thermal Optimization on Incubator Using Fuzzy Inference System Based IoT." *Proceeding - 2019 International Conference of Artificial Intelligence and Information Technology, ICAIIT 2019* 464–68. doi: 10.1109/ICAIIIT.2019.8834530.
- Uzodinma, E. O., O. Ojike, U. J. Etoamaihe, and W. I. Okonkwo. 2020. "Performance Study of a Solar Poultry Egg Incubator with Phase Change Heat Storage Subsystem." *Case Studies in Thermal Engineering* 18(October 2019):100593. doi: 10.1016/j.csite.2020.100593.
- Wirawan, Aditya, and A. Azhari. 2014. "Implementasi Metode Fuzzy-Mamdani Untuk Menentukan Jenis Ikan Konsumsi Air Tawar Berdasarkan Karakteristik Lahan Budidaya Perikanan." *Bimipa* 24(1):29–38.
- Wisely Ziliwu, Bobby, and dan Suhartati Agoes. 2017. "Analisis Sistem Estimasi Produksi Menggunakan Metode Fuzzy Berbasis Web." 19(1):12–22.