

SMART AND ADAPTIVE INCUBATOR DENGAN TEKNOLOGI PEMANAS HEMAT ENERGI

Biko Iqbal Bahyanto^{1*}, Muhammad Hanif Rasyidi^{2*}, Zulfatman^{3*}, Rafwan Afandi^{4*}

^{1,2,3,4}Universitas Muhammadiyah Malang; Jalan Tlogomas No. 246, Malang Faks: +62 341 460435

Keywords:

inkubator pintar
PTC heater
STC3028
mist maker

Correspondent Email:

hitamputih39631@gmail.com

Abstrak Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan inkubator telur cerdas yang hemat energi dengan sistem kendali suhu dan kelembapan otomatis berbasis STC3028. Inkubator dilengkapi dengan sensor suhu dan kelembapan, elemen pemanas PTC heater, mist maker, dan motor rotasi telur. STC3028 digunakan sebagai pengontrol suhu dengan batas ON pada suhu $\leq 38.5^{\circ}\text{C}$ dan OFF $\geq 39^{\circ}\text{C}$, serta mist maker dengan ON saat RH $\leq 55\%$ dan OFF $\geq 65\%$. Pengujian dilakukan selama 21 hari. Hasil menunjukkan sistem bekerja stabil dan efisien, dengan konsumsi daya per hari sebesar 1,039.736 Wh, jauh lebih rendah dibanding inkubator konvensional. Sistem ini cocok diterapkan dalam skala rumah tangga atau peternakan kecil.



JITET is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

Abstract This study aims to design and implement a smart and energy-efficient egg incubator with an automatic temperature and humidity control system based on the STC3028. The incubator is equipped with temperature and humidity sensors, a PTC heater, mist maker, and egg rotation motor. STC3028 is used as a temperature controller with ON at $\leq 38.5^{\circ}\text{C}$ and OFF at $\geq 39^{\circ}\text{C}$, and mist maker ON at RH $\leq 55\%$ and OFF at RH $\geq 65\%$. Testing was carried out for 21 days. Results show the system runs stably and efficiently, with a daily power consumption of 1,039.736 Wh, significantly lower than conventional incubators. This system is suitable for household or small-scale poultry farms.

1. PENDAHULUAN

Industri peternakan unggas di Indonesia masih menghadapi berbagai tantangan, terutama dalam hal efisiensi energi dan manajemen proses penetasan telur. Sebagian besar peternak, terutama di sektor skala kecil dan menengah, masih mengandalkan sistem inkubasi manual yang menggunakan pemanas bola lampu dengan metode kontrol on/off. Sistem ini tidak hanya boros energi, tetapi juga memerlukan pemantauan secara terus-menerus dan memiliki tingkat keberhasilan

penetasan yang rendah [1],[2]. Seiring meningkatnya permintaan konsumsi protein hewani dari telur dan daging ayam, diperlukan teknologi penetasan yang lebih efisien dan adaptif agar dapat memenuhi kebutuhan pangan secara berkelanjutan.

Kebanyakan inkubator yang beredar di pasaran belum menerapkan sistem pemanas berbasis PTC (Positive Temperature Coefficient) yang dikenal hemat energi dan dapat mengatur daya sesuai kebutuhan suhu secara otomatis. Selain itu, belum banyak penelitian yang mengintegrasikan sistem

pengatur kelembapan otomatis seperti mist maker serta manajemen pemutaran telur berbasis motor sinkron dalam satu sistem terintegrasi.

Kebaruan dari penelitian ini terletak pada pengembangan prototipe *Smart and Adaptive Incubator* dengan teknologi pemanas PTC hemat energi, kontrol suhu otomatis melalui STC-3028, sistem rotasi telur berbasis motor AC synchronous, dan kemampuan integrasi kelembapan otomatis menggunakan mist maker. Desain ini juga menyesuaikan dengan iklim lokal di Kota Malang untuk menjaga kestabilan suhu tanpa intervensi manual berulang.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sebuah prototipe inkubator telur otomatis yang hemat energi dan dapat beradaptasi terhadap kondisi lingkungan, dengan harapan meningkatkan daya tetas serta efisiensi konsumsi energi.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Kendali Suhu dan Kelembapan

Kontrol suhu dan kelembapan merupakan elemen vital dalam sistem inkubator. Salah satu modul yang umum digunakan adalah STC-3028, yang mampu mengendalikan suhu dalam rentang -20°C hingga $+80^{\circ}\text{C}$ dan kelembapan dari 0% hingga 100% RH dengan presisi tinggi [3]. Modul ini dilengkapi dengan dua keluaran relay untuk mengatur pemanas dan pelembap secara otomatis berdasarkan parameter yang telah ditetapkan. Penggunaan sistem kendali suhu berbasis modul cerdas ini telah terbukti dapat menstabilkan lingkungan inkubasi dan meningkatkan daya tetas [4]. Dengan sistem STC3028 yang digunakan dalam penelitian ini menunjukkan keandalan dalam mempertahankan suhu dan kelembapan tanpa intervensi manual. Sebagaimana juga ditunjukkan oleh penelitian Herliana et al.[5]

2.2 Teknologi Pemanas PTC

heater memiliki karakteristik tahanan yang meningkat seiring kenaikan suhu, yang menjadikannya aman dari overheating dan efisien karena konsumsi dayanya menurun saat suhu mendekati target [6]. Karakteristik ini membuat PTC heater menjadi pilihan efisien dan aman dalam sistem pemanas modern. Saat suhu lingkungan naik, arus listrik yang masuk akan berkurang karena resistansi meningkat, sehingga mencegah overheat. Teknologi PTC ini telah digunakan dalam berbagai sistem pemanas hemat energi, termasuk dalam inkubator telur otomatis untuk mengurangi konsumsi daya jika dibandingkan dengan pemanas konvensional [7].

2.3 Sistem Pelembap Ultrasonik

Untuk menjaga kelembapan tetap stabil, sistem pelembap ultrasonik seperti mist maker digunakan. Teknologi ini bekerja dengan mengubah air menjadi kabut menggunakan gelombang ultrasonik berfrekuensi tinggi. Studi menunjukkan bahwa pelembap ultrasonik mampu mempertahankan kelembapan ruang inkubasi secara merata dan cepat [8].

2.4 Sistem Rotasi Telur

Rotasi telur secara berkala diperlukan untuk mencegah embrio menempel pada dinding cangkang dan memastikan distribusi panas yang merata. Sistem rotasi otomatis dapat diatur menggunakan motor sinkron dan timer digital, yang dijadwalkan berputar setiap beberapa jam. Implementasi sistem rotasi otomatis terbukti meningkatkan rata-rata daya tetas embrio pada penelitian-penelitian sebelumnya [9].

2.5 Sistem kendali Rotasi Telur

Rotasi telur secara berkala diperlukan untuk mencegah embrio menempel pada dinding cangkang dan memastikan distribusi panas yang merata. Sistem rotasi otomatis dapat diatur menggunakan motor

sinkron dan timer digital, yang dijadwalkan berputar setiap beberapa jam. Implementasi sistem rotasi otomatis terbukti meningkatkan rata-rata daya tetas embrio pada penelitian-penelitian sebelumnya [10].

2.5 Sistem kendali Rotasi Telur

Kontrol rotasi telur pada inkubator otomatis biasanya menggunakan motor sinkron AC yang dikombinasikan dengan digital timer. Sistem ini diatur agar motor menyala dalam periode tertentu dan berhenti otomatis setelah mencapai sudut rotasi yang diinginkan [11].

Dalam penelitian sebelumnya, DHS48S-S timer digital digunakan untuk memicu motor AC bekerja, yang memberikan hasil optimal dalam kestabilan putaran dan waktu kerja yang konsisten [12]. Penggunaan timer digital juga terbukti lebih hemat daya dibandingkan kontrol berbasis sensor posisi [13].

2.6 Sirkulasi Udara

Sirkulasi udara dalam inkubator sangat penting untuk menjaga suhu dan kelembapan merata di seluruh ruang inkubasi. Udara yang tidak bergerak dapat menyebabkan penurunan daya tetas telur [14].

Kipas DC biasanya digunakan untuk menciptakan sirkulasi konstan. Beberapa desain inkubator juga menerapkan ventilasi silang untuk pertukaran udara segar [15].

2.7 integrasi Sistem Adaptif dan Hemat Energi

Penggabungan semua komponen PTC heater, STC-3028, mist maker, dan motor ac synchronous membentuk sistem inkubator otomatis yang adaptif terhadap perubahan lingkungan. Pendekatan sistem tertutup (closed-loop control system) memungkinkan pengendalian berbasis umpan balik sensor untuk mengatur kondisi secara real-time, menjadikan sistem ini tidak hanya efisien energi, tetapi juga presisi dalam mengelola suhu dan kelembapan secara berkelanjutan [16].

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menguji sebuah inkubator pintar (smart and adaptive incubator) yang hemat energi, dengan menggunakan komponen seperti PTC heater, pengendali suhu STC3028, mist maker, serta sistem rotasi telur otomatis.

Penelitian ini dilakukan dengan metode rekayasa eksperimen, yaitu membuat dan menguji alat secara langsung di kota Malang. Perancangan sistem dilakukan secara modular dan bertahap, dimulai dari pemasangan sistem pemanas, pelembap, kipas sirkulasi, hingga sistem rotasi telur. Setiap sub-sistem diuji secara terpisah sebelum dilakukan integrasi ke dalam satu sistem kerja utuh.

Teknik pengumpulan data dilakukan melalui:

- a. Mengamati dan mencatat suhu dan kelembapan dari layar STC3028 setiap hari.
- b. Mencatat konsumsi daya listrik dari tiap komponen (heater, mist maker, kipas, motor AC).
- c. Menguji apakah suhu dan kelembapan tetap stabil dan merata dalam waktu lama.

Data yang diperoleh kemudian dianalisis dengan membandingkan suhu dan kelembapan aktual terhadap standar suhu inkubasi ayam (37,5–38,5°C dan 55–65% RH). Konsumsi daya dihitung dalam satuan Wh per hari,

Penelitian ini diharapkan menghasilkan sistem inkubator yang tidak hanya otomatis dan adaptif terhadap perubahan lingkungan, tetapi juga hemat energi dan dapat diterapkan di lingkungan peternakan kecil hingga menengah.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian Suhu dan Kelembapan

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan inkubator pintar yang hemat energi dan adaptif terhadap perubahan lingkungan. Pengujian dilakukan selama 21 hari penuh, mensimulasikan proses inkubasi telur ayam dari hari pertama hingga masa tetas. Fokus pengamatan terletak pada tiga parameter utama: suhu, kelembapan, dan konsumsi energi, serta stabilitas kerja sistem otomatis selama pengujian.

Data suhu dan kelembapan diambil setiap hari dari tampilan modul STC3028, dengan rentang suhu target antara 37,5°C hingga 38,5°C dan kelembapan 55–65% RH, sesuai standar inkubasi telur ayam. Tabel berikut menyajikan ringkasan hasil rata-rata harian:

Tabel 1. Hasil pengukuran suhu dan kelembapan selama 21 hari inkubasi

Hari Ke-	Suhu (°C)	RH (%)	Status Heater	Status Mist Maker
1	37,9	60,5	OFF	OFF
2	38	60,1	OFF	OFF
3	38	59,8	OFF	OFF
4	38,1	60	OFF	OFF
5	38	60,2	OFF	OFF
6	38,1	59,6	OFF	OFF
7	38	60	OFF	OFF
8	38,1	60,2	OFF	OFF
9	38	59,7	OFF	OFF
10	38,1	60	OFF	OFF
11	38,2	60,3	OFF	OFF
12	38,3	60	OFF	OFF
13	38,3	59,9	OFF	OFF
14	38,2	60	OFF	OFF
15	38,2	60,4	OFF	OFF
16	38,1	60	OFF	OFF
17	38	60,5	OFF	OFF
18	37,9	61	OFF	OFF
19	37,7	59,9	OFF	OFF
20	37,8	60,5	OFF	OFF

21	37,8	60,4	OFF	OFF
----	------	------	-----	-----

Tabel menunjukkan fluktuasi selama 21 hari menunjukkan bahwa suhu dan kelembapan berada dalam batas stabil sepanjang masa inkubasi:



Gambar 1: Grafik Suhu Harian Selama 21 Hari Inkubasi

Berdasarkan gambar 1, yaitu grafik yang menunjukkan fluktuasi suhu harian di dalam inkubator selama masa inkubasi telur ayam dari hari ke-1 hingga ke-21. Garis data menunjukkan bahwa suhu berada pada kisaran 37,2°C hingga 38,3°C, dengan rata-rata suhu harian sebesar 38,04°C.

Interpretasi:

- Stabilitas: Hampir semua titik data berada dalam rentang suhu ideal inkubasi ayam (37,5°C – 38,5°C).
- Efisiensi Termal: Pemanas jarang aktif selama waktu pengujian, yang berarti insulasi dan kontrol suhu bekerja optimal.

Grafik ini membuktikan efektivitas pengaturan suhu otomatis dengan STC3028 dan efisiensi energi dari PTC heater.



Gambar 2: Grafik Kelembapan Harian Selama 21 Hari Inkubasi

Berdasarkan gambar 2, yaitu grafik yang menampilkan variasi kelembapan relatif (RH) harian di dalam ruang inkubasi. Nilai RH berkisar antara 59,6% hingga 61%, dengan rata-rata 60,14% RH.

Interpretasi:

- Stabilitas Kelembapan: Grafik menunjukkan bahwa kelembapan tetap dalam batas aman dan ideal inkubasi (sekitar 55–65% RH).
- Efisiensi Mist Maker: Mist maker jarang aktif karena kelembapan lingkungan sudah cukup tinggi, menunjukkan efisiensi penggunaan perangkat.
- Kontrol Otomatis: Tidak ada lonjakan kelembapan, yang menunjukkan pengendalian kelembapan bekerja responsif dan tepat.

- Rata-rata suhu: 38.04 °C
- Rata-rata kelembapan: 60,14%.
- Tidak terdapat anomali ekstrem atau kegagalan sistem

Stabilitas ini menunjukkan keberhasilan sistem dalam menjaga parameter inkubasi tanpa intervensi manual.

4.2 Efisiensi Konsumsi Energi

Dalam penelitian ini, efisiensi energi menjadi salah satu fokus utama dalam pengembangan prototipe *smart and adaptive incubator*. Pengukuran konsumsi energi dilakukan dengan mengamati durasi aktif harian dari masing-masing komponen utama, lalu menghitung total energi yang dikonsumsi berdasarkan rumus dasar:

$$E = P \times t$$

di mana:

E adalah energi dalam satuan watt-jam (Wh),

P adalah daya (W), dan

t adalah waktu aktif dalam jam.

Persamaan ini merupakan rumus dasar dalam perhitungan energi listrik [6].

Tabel 2. Hasil Pengukuran Konsumsi energi perhari

Komponen	Daya (W)	Lama Aktif per jam	Konsumsi Energi per Hari (Wh)
PTC Heater	99	0.366 jam	869,616 Wh
Mist Maker	6	0.217 jam	31.24 Wh
Kipas DC	1.92	24 jam	138,24Wh
Motor Rotasi	4	48 detik dalam sehari ≈ 0.013 jam/hari	0,64 Wh
Total			≈1,039.736 Wh/hari ≈ 68.15W

PTC Heater menjadi komponen dengan konsumsi energi terbesar, yaitu sekitar 869,6 Wh/hari. Namun, durasi aktifnya yang hanya sekitar 22 menit per jam (0,366 jam) menunjukkan bahwa sistem pemanas ini bekerja hanya ketika suhu turun dari ambang batas. Hal ini menunjukkan efisiensi modul STC3028 dalam mengatur suhu secara otomatis dan efisiensi termal dari ruang inkubasi

Mist Maker, yang berfungsi menjaga kelembapan tetap dalam kisaran ideal, hanya menyala selama 13 menit per jam. Ini mengindikasikan bahwa kelembapan lingkungan relatif stabil, sehingga penggunaan alat ini tidak intensif dan tetap hemat energi.

3 unit kipas DC 12v, meskipun menyala selama 24 jam, memiliki daya sangat kecil (1,92 W) sehingga total konsumsi hariannya hanya 138,24 Wh, masih tergolong sangat rendah.

Motor rotasi telur bekerja otomatis setiap 3 jam selama 6 detik. Jika dijumlahkan, durasi aktifnya sekitar 48 detik per hari atau

0,013 jam, dan hanya mengonsumsi 0,64 Wh/hari.

Jika dibandingkan dengan inkubator konvensional yang menggunakan lampu pijar 100W yang menyala penuh selama 24 jam:

Konsumsi Harian = $100W \times 24 \text{ jam} = 2.400 \text{ Wh}$

Sistem inkubator pintar ini hanya mengonsumsi sekitar 1.039,7 Wh/hari, atau setara 43% dari inkubator konvensional. Artinya, terdapat efisiensi energi sebesar $\pm 57\%$, yang sangat signifikan untuk operasional jangka panjang, terutama dalam skala peternakan besar atau inkubator komunitas.

Penggunaan STC3028 sebagai pengendali suhu dan kelembapan memberikan hasil signifikan dalam hal kestabilan. Relay untuk pemanas dan pelembap bekerja secara otomatis berdasarkan nilai ambang yang telah ditentukan. Sistem merespons perubahan suhu dan kelembapan dengan cepat, menjaga lingkungan inkubasi tetap ideal.

Sementara itu, sistem rotasi telur menggunakan motor AC dan timer digital DHS48S-S berfungsi dengan rotasi 3 jam sekali, selama 6 detik. Ini sesuai dengan kebutuhan fisiologis embrio untuk mencegah adhesi pada cangkang, sebagaimana dijelaskan oleh Meijerhof [10].

5. KESIMPULAN

- a. Efisiensi energi yang signifikan tercapai, dengan total konsumsi daya rata-rata hanya sekitar 1.039,736 Wh per hari (sekitar 68,15 W), lebih hemat sekitar 57% dibanding inkubator konvensional yang menggunakan bohlam pijar 100 W selama 24 jam.
- b. Sistem inkubator pintar yang dikembangkan terbukti stabil dalam menjaga suhu rata-rata 38,04 °C dan kelembapan 60,14% RH selama 21 hari

masa inkubasi, yang berada dalam kisaran ideal inkubasi telur ayam.

- c. Penggunaan STC3028 sebagai pengendali suhu dan kelembapan otomatis sangat efektif, karena mampu mengatur aktif/nonaktifnya heater dan mist maker secara real-time berdasarkan ambang suhu dan RH yang ditentukan.
- d. PTC heater berperan penting dalam efisiensi pemanasan karena hanya aktif 0,366 jam per jam, namun tetap menjaga suhu stabil tanpa overheating, berkat karakteristik resistansinya yang adaptif terhadap suhu.
- e. Rotasi telur otomatis menggunakan motor AC dan timer DHS48S-S menunjukkan kinerja optimal, dengan rotasi berkala tiap 3 jam sekali selama 6 detik. Ini mendukung fisiologi embrio dan mencegah adhesi pada cangkang.
- f. Sirkulasi udara dengan kipas DC 12V 3 unit beroperasi 24 jam untuk memastikan distribusi suhu dan kelembapan merata di dalam inkubator tanpa konsumsi daya yang signifikan.
- g. Sistem ini cocok diterapkan di lingkungan rumah tangga atau peternakan kecil-menengah, dengan keuntungan berupa otomatisasi penuh, penghematan energi, dan biaya operasional rendah.
- h. Penelitian selanjutnya dapat mengembangkan sistem ini dengan integrasi IoT, pemantauan berbasis aplikasi mobile, serta uji banding terhadap jenis unggas lain dan dalam skala inkubasi lebih besar.

1. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Muhammadiyah Malang, khususnya Program Studi Teknik Elektro, atas dukungan fasilitas dan bimbingan dalam pelaksanaan penelitian ini.

Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Dosen Pembimbing Capstone

Project yang telah memberikan arahan teknis dan akademik selama proses perancangan dan pengujian alat inkubator ini juga kepada pihak-pihak terkait yang telah memberi dukungan terhadap penelitian ini.

2. DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. Setiadi, *Teknologi Penetasan Telur dengan Mesin Inkubator*. 2000.
- [2] N. Hasanah, N. D. Wahyono, and A. Marzuki, "Teknik Manajemen Penetasan Telur Ayam Kampung Unggul KUB di Gumukmas Jember," *E-Journal UNISKA Kediri*, 2019.
- [3] Diymore, "STC-3028 Dual LED Temperature Humidity Control Thermostat," 2025.
- [4] M. A. Wahyudi, S. Handoko, and R. Nurhadi, "Rancang Bangun Inkubator Telur Berbasis Mikrokontroler dengan Kontrol Suhu dan Kelembaban Otomatis," *Jurnal Teknik ITS*, vol. 8, no. 2, pp. A226–A230, 2019.
- [5] A. I. Herliana, M. Mukramin, and S. Paembonan, "Rancang Bangun Penetas Telur Bebek Menggunakan Metode IoT," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 12, no. 3S1, 2024.
- [6] J. Zhang, "Energy-efficient PTC heating system for small-scale incubation," *Journal of Thermal Engineering*, vol. 6, no. 2, pp. 210–217, 2021.
- [7] H. R. Hassan, "Development and Temperature Control of Smart Egg Incubator," *International Journal of Applied Engineering Research*, vol. 11, no. 4, pp. 2674–2679, 2016.
- [8] R. Yang, "Development and Evaluation of an Ultrasonic Humidifier to Control Relative Humidity in Cold Storage Rooms," *Int J Environ Res Public Health*, vol. 18, no. 10, p. 5257, 2021.
- [9] A. Al-Samarrai, "Design of Smart Egg Incubator System Based on GSM," *Int J Eng Adv Technol*, vol. 8, no. 5, pp. 1183–1187, 2019.
- [10] T. Meijerhof, "The influence of incubation on chick quality," *Worlds Poult Sci J*, vol. 51, no. 1, pp. 56–59, 1995.
- [11] L. Zhang, "Design of Intelligent Egg Incubator Based on Microcontroller," *International Journal of Agricultural Engineering*, vol. 8, no. 2, pp. 102–107, 2015.
- [12] S. Widodo, "Desain Inkubator Otomatis Berbasis Timer Digital," *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer*, vol. 4, no. 1, pp. 55–60, 2020.
- [13] T. Wang and K. Li, "Low-power control system for poultry egg incubators," *Agricultural Electronics Journal*, vol. 10, no. 2, pp. 88–93, 2019.
- [14] P. French, "Ventilation in Egg Incubators," *Poult Sci*, vol. 72, no. 9, pp. 1907–1912, 1993.
- [15] H. Sato, "Airflow and temperature control in poultry incubators," *J Agric Res*, vol. 58, no. 3, pp. 111–118, 2017.
- [16] R. Budiarto, "Energy-Efficient Design for Poultry Egg Incubator with Adaptive Temperature Control System," in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2021, p. 12123.