

Implementasi ESP32-CAM pada Pemantauan Penetasan Telur Ayam Berbasis Notifikasi Telegram

Implementation of ESP32-CAM in Monitoring Chicken Egg Hatching Based on Telegram Notifications

Sahri Dian Suandi¹, Titi Andriani², Lulu Suryadi³, Mahmud Husyairi⁴, Dahman⁵

^{1,2,3} Program Studi S1 Teknik Elektro, Fakultas Rekayasa Sistem Universitas Teknologi Sumbawa

^{3,4,5} Badan Riset dan Inovasi Daerah Nusa Tenggara Barat

Jl. Raya Olat Maras Batu Alang Sumbawa, Indonesia

Informasi Makalah

Dikirim, 8 November 2023
Diterima, 7 Desember 2023
Diterbitkan, 14 Desember 2023

Kata Kunci:

Mesin Penetas Telur
NODEMCU ESP32
ESP32-CAM
Internet of Things
BRIDA NTB

Keyword:

Chicken Egg Machine
NODEMCU ESP32
ESP32-CAM
Internet of Things
BRIDA NTB

INTISARI

Tingginya kebutuhan masyarakat akan daging ayam cenderung tidak dapat diimbangi oleh peternak dikarenakan sebagian besar peternak masih menggunakan metode konvensional. Mesin penetas telur dirancang dengan maksud untuk menggantikan peran induk ayam dalam mengerami telur-telurnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan mesin penetas telur berkapasitas 50 butir yang ada di BRIDA NTB dengan menitik beratkan pada tiga unsur utama yaitu suhu, kelembaban, dan pemutaran rak telur. Peneliti memanfaatkan sensor DHT11 untuk mengukur suhu dan kelembaban, ESP32-CAM untuk mengambil foto ruang penetasan agar dapat memantau keberadaan anak ayam saat telur menetas, dua unit lampu 5W sebagai sumber energi panas, kipas angin 12V untuk menambah sirkulasi udara dan kelembaban. Sebagai pengendali utama, digunakan *board microcontroller NODEMCU ESP32*. Kegiatan *monitoring* jarak jauh dan *controlling* otomatis dapat dilakukan sesuai dengan kebutuhan suhu dan kelembaban yang diperlukan. Ketika suhu <39°C maka lampu *on*, lalu lampu *off* setelah suhu >40°C. Kemudian, ketika kelembaban <71%RH maka kipas *on*, dan kipas *off* setelah kelembaban mencapai 75%RH. Kemudian, pemutaran rak telur dapat diatur pada frekuensi yang teratur yaitu setiap 3,5jam. Adapun inovasi pada pemantauan waktu penetasan telur dapat dilakukan secara *real time* melalui aplikasi telegram. Meskipun mesin penetas telur yang dirancang belum diuji keberhasilan penetasannya, namun dengan adanya upaya pemenuhan suhu dan kelembaban dalam ruang penetasan, pengaturan frekuensi pemutaran rak telur, serta penerapan teknologi IoT diharapkan dapat memberi kontribusi terhadap peningkatan nilai tambah produk IKM di BRIDA NTB.

ABSTRACT

Since most breeders still employ traditional techniques, the community's great demand for chicken meat is typically satisfied by breeders rather than by their own efforts. The purpose of the egg incubator is to take the place of the hen in the egg-incubation process. With an emphasis on three key factors—temperature, humidity, and egg rack rotation—this project seeks to create an egg incubator at BRIDA NTB that can hold 50 eggs. Researchers employed two 5W light units as a source of thermal energy, a 12V fan to boost air circulation and humidity, a DHT11 sensor to measure temperature and humidity, and an ESP32-CAM to take pictures of the hatching room so they could keep an eye on the whereabouts of the chicks when the eggs hatched. The NODEMCU ESP32 microcontroller board serves as the primary controller. Activities related to automatic control and remote monitoring can be completed in accordance with the necessary humidity and temperature levels. The light turns on when the temperature is less than 39°C and turns off when it reaches 40°C. The fan then turns on when the humidity is less than 71%RH and turns off when the humidity surpasses 75%RH. After that, it is possible to program the egg rack to rotate on a regular basis, say every 3.5 hours. The Telegram app allows for real-time innovation in egg hatching time monitoring. The intended egg incubator machine has not been tested for

hatching success, but it is hoped that efforts to control the hatching room's temperature and humidity, adjust how frequently the egg rack rotates, and implement IoT technology will increase the added value of IKM products at BRIDA NTB.

Korespondensi Penulis:

Titi Andriani

Program Studi S1 Teknik Elektro, Fakultas Rekayasa Sistem Universitas Teknologi Sumbawa

Jl. Raya Olat Maras Batu Alang Sumbawa, Indonesia

Email: titi.andriani@uts.ac.id

1. PENDAHULUAN

Ayam merupakan salah satu sumber protein yang diminati masyarakat, selain karena rasanya lezat, juga lebih mudah diperoleh dan harganya terjangkau. Seiring dengan bertambahnya populasi manusia, kebutuhan terhadap daging ayam juga semakin meningkat. Tingginya kebutuhan masyarakat akan daging ayam cenderung tidak bisa diimbangi oleh peternak dikarenakan sebagian peternak masih menggunakan metode konvensional. Pada metode konvensional biasanya indukan ayam bertelur hingga jumlah tertentu kemudian mengerami telur-telur tersebut selama 21 hari. Selama periode mengerami, indukan ayam berhenti bertelur yang mengakibatkan kapasitas produksi bibit ayam menjadi sangat terbatas.

Mesin penetas telur dirancang dengan maksud untuk menggantikan peran indukan ayam dalam mengerami telur-telurnya, salah satunya mesin penetas berkapasitas 50 butir hasil karya Industri Kecil Menengah (IKM) yang menjadi mitra Badan Riset dan Inovasi Daerah Nusa Tenggara Barat (BRIDA NTB) [1]. Mesin penetas tersebut hanya menerapkan otomatisasi dalam pemutaran telur secara horizontal yang bekerja setiap 3,5 jam sekali. Padahal, menurut Tullet, (1990) yang diacu dalam [2], setidaknya terdapat beberapa faktor yang perlu diperhatikan dalam kesuksesan penetasan yaitu, suhu, kelembaban, ventilasi udara, frekuensi pemutaran telur, dan kebersihan telur.

Beberapa teori dan penelitian terdahulu terkait mesin penetas telur telah dikaji, baik dari sisi sumber energi panas, *monitoring* dan *controlling* suhu dan kelembaban, *controlling* frekuensi pemutaran telur, *board microcontroller* yang digunakan sebagai pusat kendali, hingga cara menampilkan hasil *monitoring* dan aksi *controlling* yang dilakukan. Beberapa di antaranya penelitian tentang efisiensi dan pengaruh 3 jenis warna lampu yang berbeda terhadap suhu dalam ruang penetasan telah dilakukan oleh [3]. Pada penelitian tersebut, pemutaran rak telur dapat dilakukan secara otomatis menggunakan motor penggerak. Namun untuk mengukur suhu masih menggunakan sensor analog berupa *thermometer*, begitu juga untuk mengontrol suhu dilakukan secara analog menggunakan *thermostat*. Pada penelitian lain dilakukan perbaikan kontrol suhu dan kelembaban analog ke digital menggunakan *Arduino Uno Board* dengan sensor DHT11 sebagai pendeteksi suhu dan kelembaban [4]. Juga penambahan layar penampil berupa *Liquid Crystal Display (LCD)* [5]. Penggunaan sensor DHT11 untuk mengukur suhu dan kelembaban juga ditemukan di penelitian [6][7] dengan pengembangan berupa pengaturan frekuensi pemutaran rak telur otomatis menggunakan motor sinkron.

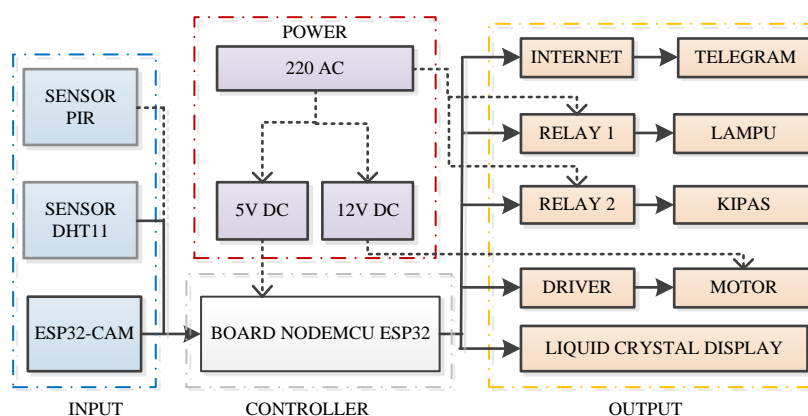
Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan mesin penetas telur berkapasitas 50 butir yang ada di BRIDA NTB dengan menitikberatkan pada tiga unsur utama yaitu suhu, kelembaban, dan pemutaran rak telur. Untuk mengukur suhu dan kelembaban, peneliti menggunakan sensor DHT11. Adapun suhu ideal yang diperlukan dalam ruang penetasan yaitu pada rentang 39°C-40°C, serta kelembaban pada rentang 71%RH-75%RH sesuai dengan hasil penelitian [8]. Untuk menjaga suhu dan kelembaban pada rentang nilai tersebut, digunakan 2-unit lampu 5W sebagai sumber energi panas dan 1-unit kipas angin 12V untuk membantu sirkulasi udara. Sebagai pengendali utama, digunakan *board microcontroller NODEMCU ESP32* dengan merujuk pada [9][10]. Adapun inovasi pada penelitian ini yaitu adanya penambahan *monitoring* penetasan telur di dalam ruang penetasan. Untuk mencapai tujuan ini, pada tahap awal peneliti menggunakan sensor *Passive Infra-Red (PIR)* seperti yang dijelaskan [11][12]. PIR merupakan sensor yang mendeteksi perubahan *temperature* benda bergerak di sekitarnya. Namun sensor PIR tidak dapat membedakan antara perubahan *temperature* yang disebabkan oleh keberadaan anak ayam atau oleh efek *on/off* lampu sehingga hasil pemantauan yang dikirimkan ke pengguna melalui telegram menjadi tidak valid.

Untuk mengatasinya, peneliti kemudian menggunakan ESP32-CAM yang dapat mengambil foto dan kemudian mengirimkan foto ril ruang penetasan melalui aplikasi telegram. ESP32-CAM yang merupakan *development board* berbasis ESP32 yang terintegrasi dengan kamera terpasang dan berukuran kecil [13]. ESP32-CAM sangat cocok untuk berbagai aplikasi berbasis *Internet of Things (IoT)* seperti *smart home* [14][15], *smart farming*, *industrial wireless control*, *wireless monitoring*, dan berbagai aplikasi IoT lainnya. Meskipun mesin penetas telur yang dirancang belum diuji keberhasilan penetasannya, namun dengan adanya upaya pemenuhan suhu dan kelembaban dalam ruang penetasan, pengaturan frekuensi pemutaran rak telur, dan

penerapan teknologi IoT diharapkan dapat memberi kontribusi terhadap peningkatan nilai tambah produk IKM di BRIDA NTB.

2. METODE PENELITIAN

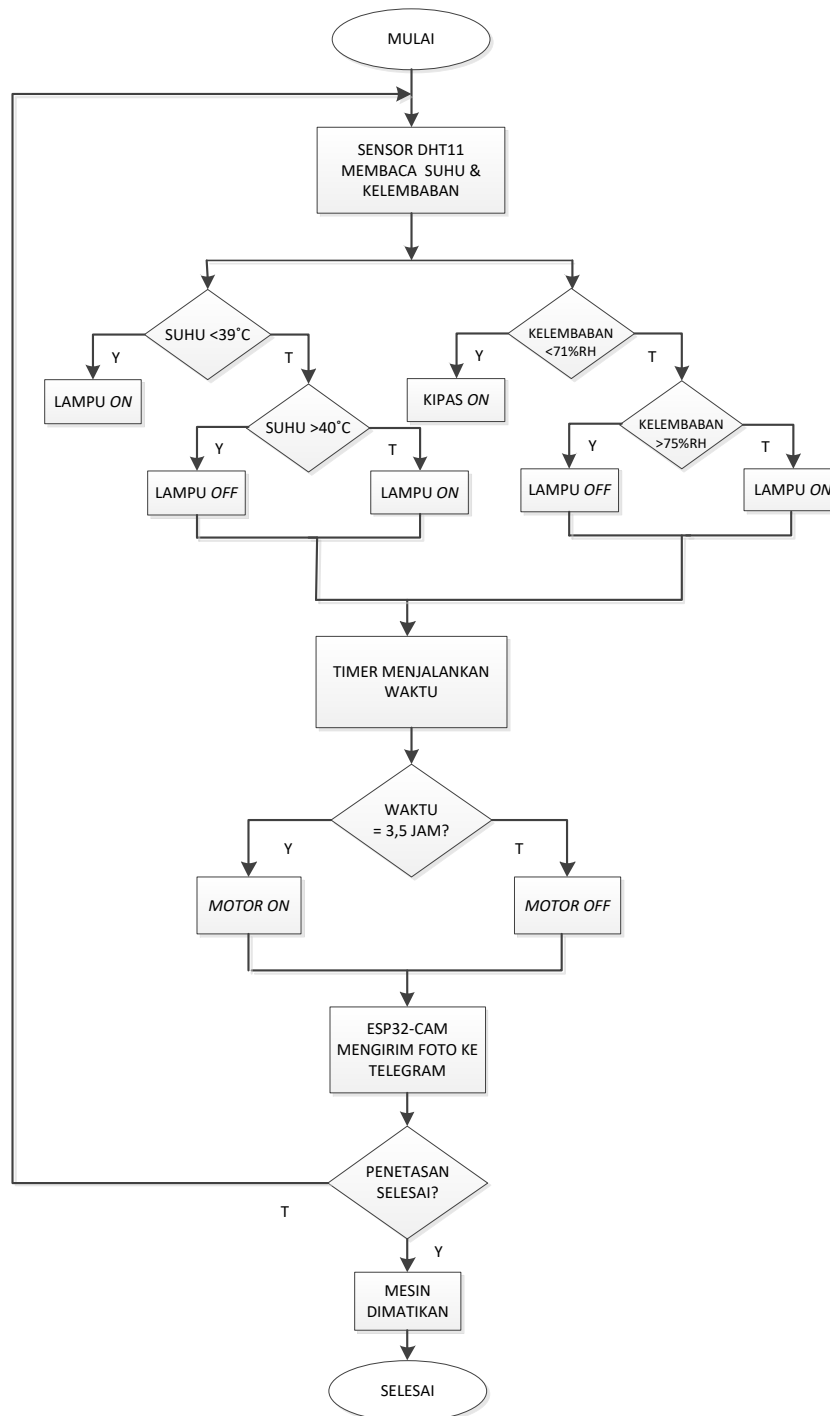
Gambar 1. Merupakan blok diagram yang menggambarkan bagian-bagian yang menyusun mesin penetas telur yang dirancang serta hubungan masing-masing bagian. Di bagian masukan (*input*) terdiri dari sensor DHT11 yang akan mengukur suhu dan kelembaban dalam ruang penetasan, sensor PIR yang mendeteksi perubahan *temperature* dalam ruang penetasan, juga ESP32-CAM yang akan mengambil gambar keberadaan anak ayam yang keluar dari telur-telur yang menetas. Di bagian kendali (*Controller*) menggunakan *board NodeMCU ESP32*. Serta di bagian keluaran (*output*) terdiri dari *Relay 1* sebagai sakelar ke elemen pemanas berupa lampu, *Relay 2* sebagai sakelar ke kipas yang difungsikan untuk meratakan sirkulasi udara, *driver* ke motor untuk menggerakkan rak telur, *Liquid Crystal Display* (LCD) sebagai layar penampil hasil *monitoring* dan aksi kendali dalam ruang penetasan, serta terhubung ke layar *handphone* melalui aplikasi telegram.



Gambar 1. Blok Diagram Mesin Penetas Telur dengan *Monitoring* dan *Kontrol* Suhu dan Kelembaban, *Monitoring* waktu penetasan, dan kontrol pemutaran rak telur

Gambar 2 menunjukkan alur kerja dari mesin penetas telur yang dikembangkan. Ketika mesin terhubung ke catudaya listrik arus bolak-balik (*Alternating Current/ AC*) 220V, maka catudaya 220VAC kemudian dialirkan ke *relay 1*, *relay 2*, dan *relay 3*, juga terhubung ke adaptor untuk dikonversi menjadi arus listrik searah (*Direct Current/ DC*) 12V sebagai sumber energi listrik motor, dan 5V yang diperlukan oleh *board NodeMCU ESP32* beserta komponen lainnya. Selanjutnya kerja mesin penetas akan terbagi menjadi 3 bagian:

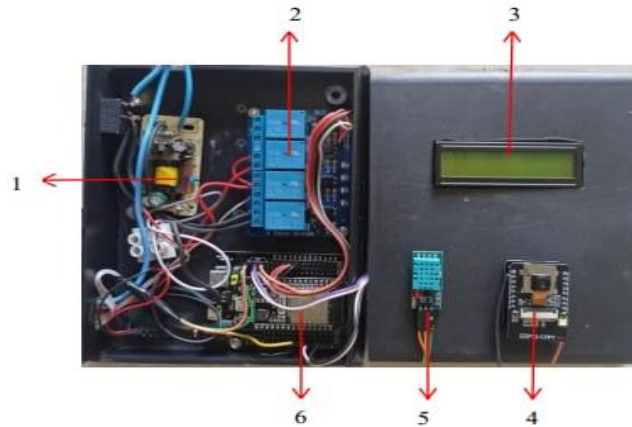
1. Ketika diberi suplai energi listrik, mesin penetas telur mulai beroperasi. Sensor DHT11 akan membaca nilai suhu dan kelembaban dalam ruang penetasan. Informasi suhu dan kelembaban akan ditampilkan ke LCD. Selain itu, user dapat memperoleh informasi yang sama di layar *handphone* melalui aplikasi telegram dengan mengirim perintah ke *NodeMCU ESP32*. Selanjutnya, jika suhu kurang dari 39°C maka *controller* tetap akan memberikan suplai energi listrik ke lampu melalui *relay 1* untuk memanaskan ruang penetasan. Suhu maksimal yang diperkenankan adalah 40°C, jika suhu lebih dari 40°C maka *controller* akan memerintahkan lampu untuk *off*. Di saat yang bersamaan, selama kelembaban yang terbaca oleh sensor DHT11 masih kurang dari 71%RH maka *controller* akan memerintahkan kipas untuk *on*. Kemudian *controller* akan memerintahkan kipas untuk *off* jika kelembaban lebih dari 75%RH. Sebagai sumber kelembaban, di dalam ruang penetasan diletakkan wadah berisi air.
2. Sensor PIR akan mendeteksi perubahan *temperature* dalam ruang penetasan. Idealnya, diharapkan sensor PIR hanya akan mendeteksi perubahan *temperature* dari panas tubuh makhluk hidup yang bergerak. Dalam hal ini, jika terdapat anak ayam yang keluar dari cangkang telur saat menetas maka informasi keberadaan anak ayam tersebut akan diteruskan oleh *controller* ke peternak/ pengguna mesin melalui aplikasi telegram. Namun, untuk menkonfirmasi keberadaan anak ayam, digunakan juga ESP32-CAM yang dapat mengambil foto ruang penetasan secara *real time* dan juga mengirimkan gambar tersebut ke nomor ID pengguna mesin melalui aplikasi telegram.
3. Pemutaran rak telur akan dikontrol melalui driver dengan menghitung waktu berjalan selama 3,5 jam sehingga rak telur akan berputar secara horizontal setiap 3,5 jam.



Gambar 2. Alur Kerja *Monitoring* dan *Kontrol* Suhu, Kelembaban, Pemutaran Rak Telur, dan *Monitoring* Waktu Penetasan pada Mesin Penetas Telur

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 3 menunjukkan hasil perancangan *monitoring* dan *control* Suhu, kelembaban, pemutaran rak telur, dan *monitoring* waktu penetasan pada mesin penetas telur.



Gambar 3. Hasil Perancangan Monitoring dan Kontrol Suhu, Kelembaban, Pemutaran Rak Telur, dan Monitoring Waktu Penetasan pada Mesin Penetas Telur

Keterangan:

1. Catudaya DC
2. Relay
3. LCD 2x16
4. ESP32-CAM
5. Sensor DHT11
6. NODEMCU ESP32

Untuk mengetahui kesesuaian kerja mesin penetas telur yang telah dirancang dengan yang telah direncanakan pada Gambar 2, maka langkah pengujian perlu dilakukan. Pengujian pertama dilakukan dengan menampilkan informasi hasil *monitoring* suhu dan kelembaban ke perangkat LCD (Gambar 4).



Gambar 4. Tampilan Hasil Pembacaan Suhu dan Kelembaban di LCD



Gambar 5. Tampilan Perintah dan Hasil Pembacaan Suhu dan Kelembaban di Layar *Handphone* Melalui Aplikasi Telegram.

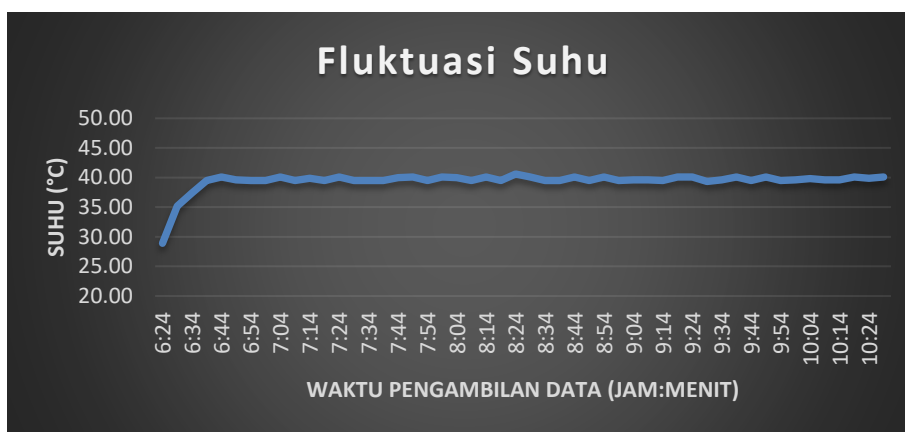
Gambar 5 menunjukkan ketika NodeMCU ESP32 telah terhubung ke jaringan internet. NodeMCU ESP32 mengirim notifikasi dengan tampilan "Selamat Datang". Selanjutnya terdapat tiga pilihan perintah untuk mendapatkan data suhu dan kelembaban yaitu "/tempC" untuk mendapatkan nilai suhu dalam satuan °C, perintah "/tempF" untuk mendapatkan nilai suhu dalam satuan °F, dan perintah "/humidity" untuk mendapatkan nilai kelembaban.

Tahap selanjutnya adalah menguji aksi *controlling* suhu dan kelembaban otomatis melalui kendali *on/off* lampu dan kipas angin dengan mengikuti ketentuan kebutuhan suhu dalam ruang penetasan yaitu pada rentang 39°C sampai 40°C. Sementara kebutuhan kelembaban pada rentang 71%RH sampai 75%RH.

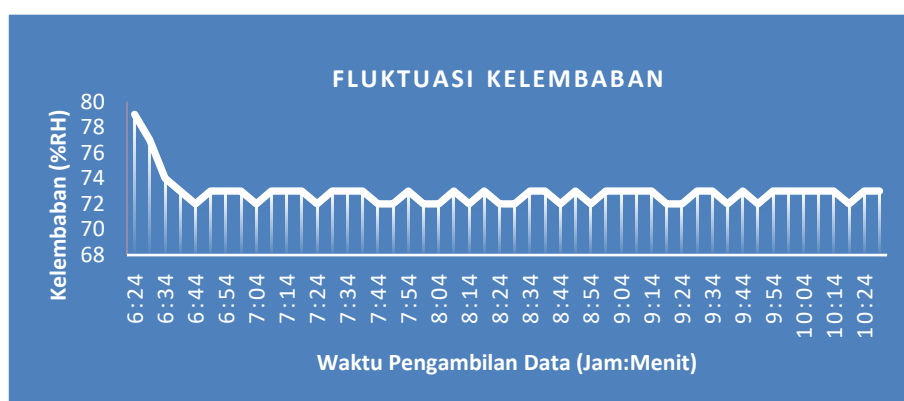
Tabel 1. Pengujian *Monitoring* Dan *controlling* Suhu Dan Kelembaban Otomatis

Waktu	Suhu (°C)	Kondisi lampu	Kelembaban (%RH)	Kondisi kipas
06.24	28,90	<i>On</i>	79	<i>Off</i>
06.29	35,20	<i>On</i>	77	<i>Off</i>
06.34	37,40	<i>On</i>	74	<i>Off</i>
06.39	39,50	<i>On</i>	73	<i>Off</i>
06.44	40,10	<i>Off</i>	72	<i>Off</i>
06.49	39,60	<i>On</i>	73	<i>Off</i>
06.54	39,50	<i>On</i>	73	<i>Off</i>
06.59	39,50	<i>On</i>	73	<i>Off</i>
07.04	40,10	<i>Off</i>	72	<i>On</i>
07.09	39,50	<i>On</i>	73	<i>Off</i>
07.14	39,90	<i>On</i>	73	<i>Off</i>
07.19	39,50	<i>On</i>	73	<i>Off</i>
07.24	40,10	<i>Off</i>	72	<i>Off</i>
07.29	39,50	<i>On</i>	73	<i>Off</i>
07.34	39,50	<i>On</i>	73	<i>Off</i>
07.39	39,50	<i>On</i>	73	<i>Off</i>
07.44	40,00	<i>On</i>	72	<i>Off</i>
07.49	40,10	<i>Off</i>	72	<i>Off</i>
07.54	39,50	<i>On</i>	73	<i>Off</i>
07.59	40,10	<i>Off</i>	72	<i>Off</i>
08.04	40,00	<i>On</i>	72	<i>Off</i>
08.09	39,50	<i>On</i>	73	<i>Off</i>
08.14	40,10	<i>Off</i>	72	<i>Off</i>
08.19	39,50	<i>On</i>	73	<i>Off</i>
08.24	40,60	<i>Off</i>	72	<i>Off</i>
08.29	40,10	<i>Off</i>	72	<i>Off</i>
08.34	39,50	<i>On</i>	73	<i>Off</i>
08.39	39,50	<i>On</i>	73	<i>Off</i>
08.44	40,10	<i>Off</i>	72	<i>Off</i>
08.49	39,50	<i>On</i>	73	<i>Off</i>
08.54	40,10	<i>Off</i>	72	<i>Off</i>
08.59	39,50	<i>On</i>	73	<i>Off</i>
09.04	39,60	<i>On</i>	73	<i>Off</i>
09.09	39,60	<i>On</i>	73	<i>Off</i>
09.14	39,50	<i>On</i>	73	<i>Off</i>
09.19	40,10	<i>Off</i>	72	<i>Off</i>
09.24	40,10	<i>Off</i>	72	<i>Off</i>
09.29	39,34	<i>On</i>	73	<i>Off</i>
09.34	39,60	<i>On</i>	73	<i>Off</i>
09.39	40,10	<i>Off</i>	72	<i>Off</i>
09.44	39,50	<i>On</i>	73	<i>Off</i>
09.49	40,10	<i>Off</i>	72	<i>Off</i>
09.54	39,50	<i>On</i>	73	<i>Off</i>
09.59	39,60	<i>On</i>	73	<i>Off</i>
10.04	39,80	<i>On</i>	73	<i>Off</i>
10.09	39,60	<i>On</i>	73	<i>Off</i>
10.14	39,60	<i>On</i>	73	<i>Off</i>
10.19	40,10	<i>Off</i>	72	<i>Off</i>
10.24	39,90	<i>On</i>	73	<i>Off</i>
10.29	40,10	<i>Off</i>	73	<i>Off</i>

Tabel 1 merupakan data hasil pembacaan suhu dan kelembaban oleh sensor *DHT11* yang ditampilkan di LCD maupun di layar monitor HP, juga data aksi kendali yang diberikan oleh *microcontroller* ke lampu dan kipas angin. Pengambilan data dilakukan sebanyak 50 kali setiap 5 menit. Data pertama menunjukkan bahwa suhu dalam ruang penetasan sebesar 28,9°C. Karena suhu tersebut belum mencapai rentang suhu yang diperlukan maka lampu *on*. Sementara itu, kelembaban dalam ruang penetasan sebesar 79%RH. Kelembaban tersebut telah melebihi besaran yang diperlukan sehingga kipas *off*. Hal yang sama berlaku untuk data-data berikutnya yang membuktikan bahwa aksi *controlling* otomatis berhasil dilakukan.



Gambar 6. Grafik Fluktuasi Suhu Dalam Ruang Penetasan



Gambar 7. Grafik Fluktuasi Kelembaban Dalam Ruang Penetasan

Gambar 6 dan Gambar 7 merupakan grafik fluktuasi suhu dan kelembaban di dalam ruang penetasan berdasarkan Tabel 1. Dari tabel maupun kedua grafik dapat diamati bahwa masih terdapat fluktuasi suhu dan kelembaban. Hal ini disebabkan oleh adanya efek berbanding terbalik antara *on/off* lampu terhadap *on/off* kipas angin. Sebagai contoh ketika suhu <math><40^{\circ}\text{C}</math>, kelembaban berada pada nilai $\geq 73\%RH$. Namun, jika suhu $>40^{\circ}\text{C}$ maka kelembaban akan mengalami penurunan pada nilai $<73\%RH$.



Gambar 8. Pengujian Waktu Penetasan Telur menggunakan Sensor *PIR*

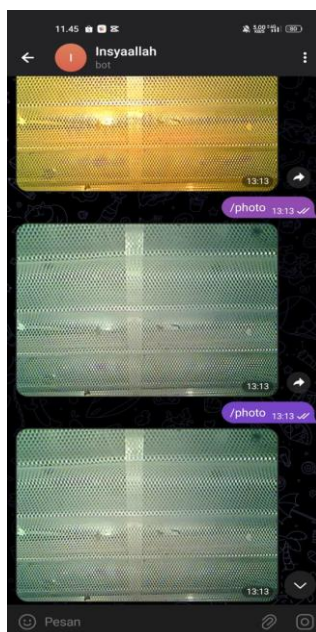
Pengujian berikutnya dilakukan pada *monitoring* waktu penetasan telur menggunakan sensor *PIR*. Karena mesin penetas yang dirancang belum diuji sampai pada penetasan selama ≥ 21 hari, maka pengujian ini

dilakukan dengan meletakkan anak ayam di dalam ruang penetasan (Gambar 8). Keberadaan anak ayam dapat terdeteksi oleh sensor PIR sehingga *microcontroller* kemudian mengirim pesan ke layar *handphone* seperti pada Gambar 9.



Gambar 9. Notifikasi Sensor PIR Pada Layar Monitor

Secara umum dapat dikatakan bahwa sensor *PIR* bekerja dengan baik dalam mendeteksi keberadaan anak ayam. Hanya saja, sensor *PIR* tidak dapat membedakan antara perubahan *temperature* yang disebabkan oleh keberadaan anak ayam atau perubahan *temperature* yang disebabkan oleh efek *on/off* lampu sehingga hasil pemantauan yang dikirimkan ke pengguna melalui telegram menjadi tidak valid. Untuk mengatasinya, peneliti kemudian menggunakan *ESP32-CAM* yang dapat mengambil foto dan kemudian mengirimkan foto ril ruang penetasan melalui aplikasi telegram. Gambar 10 menunjukkan tampilan layar *handphone* ketika perintah */photo* yang diberikan oleh *user* kepada *ESP32-CAM*, hasil foto yang terambil oleh *ESP32-CAM* dikirim dalam waktu 1 detik.



Gambar 10. Notifikasi ESP32-CAM Pada Layar Monitor

4. KESIMPULAN

Telah dikembangkan mesin penetas telur berkapasitas 50 butir yang ada di BRIDA NTB dengan menitikberatkan pada tiga unsur utama yaitu suhu, kelembaban, dan pemutaran rak telur. *Monitoring* suhu dan kelembaban dapat dilakukan dengan baik serta dapat ditampilkan hasilnya pada perangkat LCD maupun layar *handphone* pengguna melalui aplikasi telegram. Begitu juga *controlling* suhu dan kelembaban telah dicapai walaupun nilainya masih fluktuatif. Kemudian, pemutaran rak telur dapat diatur pada frekuensi yang teratur yaitu setiap 3,5jam. Adapun inovasi pada pemantauan waktu penetasan telur dapat dilakukan secara *real time* melalui aplikasi telegram dengan memanfaatkan *ESP32-CAM*. Meskipun mesin penetas telur yang dirancang belum diuji keberhasilan penetasannya, namun dengan adanya upaya pemenuhan suhu dan kelembaban dalam ruang penetasan, pengaturan frekuensi pemutaran rak telur, serta penerapan teknologi IoT diharapkan dapat memberi kontribusi terhadap peningkatan nilai tambah produk IKM di BRIDA NTB.

UCAPAN TERIMAKASIH

Kegiatan penelitian ini terlaksana atas dukungan Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Tahun Anggaran 2023 melalui Program Kompetisi Kampus Merdeka (PK-KM) serta dukungan dari Badan Riset dan Inovasi Daerah Provinsi Nusa Tenggara Barat (BRIDA NTB).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] <https://brida.ntbprov.go.id/program/penelitian-dan-pengembangan/diakses-pada-14-september-2023>
- [2] H. P. Wicaksono, "Pembuatan Mesin Penetas Telur Otomatis Berbasis Mikrokontroler", Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta, 2019.
- [3] M. Salsabila, dkk, "Alat Penetas Telur Sederhana", *Jurnal Pendidikan Fisika dan Sains*, Vol. 5, No. 1, Hal. 17-23, 2022.
- [4] R. Hartono, dkk. "Perancangan dan Pembuatan Alat Penetas Telur Otomatis Berbasis Arduino", *Energy: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Teknik*, Vol.7, No.1, Hal. 30-37, 2017.
- [5] S. Ridho, "Alat Penetas Telur Otomatis Berbasis Mikrokontroler", Universitas Negeri Yogyakarta, 2019.
- [6] V. A. Ruslina, "Perancangan dan Pembuatan Mesin Penetas Telur yang Dilengkapi Dengan Sistem Deteksi Penetasan Berbasis Arduino Mega 2560", Institut Teknologi Nasional Malang, 2017.
- [7] H. P. Wicaksono, "Pembuatan Mesin Penetas Telur Otomatis Berbasis Mikrokontroler" Universitas Negeri Jakarta, 2018.
- [8] E.G. Kabora, "Pengaruh Temperatur dan Kelembaban Terhadap Daya Tetas Telur Ayam Kampung", Fakultas Pertanian Universitas Tribhuwana Tungadewi, 2020.
- [9] A. M. K. Khakifa & K. Prawiroedjo, "Model Sistem Pengendali Suhu dan Kelembabab Ruangan Produksi Obat Berbasis NODEMCU ESP32", *Jurnal Teknik Elektro, Teknologi Informasi dan Komputer*, Vol. 6, No. 1, Hal. 13-25, 2022.
- [10] J. Moalola, dkk, ". Sistem Kontrol dan Monitoring Kadar pH Air pada Sistem Akuaponik Berbasis NodeMCU ESP8266 Menggunakan Telegram", *Jurnal Ilmiah KOMPUTASI*, Vol. 19, No. 4, Hal. 597-604, 2020.
- [11] F. S. D. Saputra & M. Narsirudin, "Prototype Alat Pengusir Hama Burung Pipit Otomatis Berbasis Arduino Menggunakan Sensor PIR (Passive Infra-Red)", *EPIC: Exact Papers in Compilation*, Vol. 4, No. 2, Hal. 545-550, 2022.
- [12] T. Setiadi, dkk, "Prototype Rancang Bangun Sistem Lampu dan Kipas Otomatis Menggunakan Sensor PIR Gerak Suhu dan Cahaya Berbasis Arduino Uno", *Jurnal of Computer Science and Technology (JCS-TECH)*, Vol. 2, No. 2, Hal. 31-39, 2020.
- [13] <https://www.dfrobot.com/product-1876.html/8-15-19>
- [14] P.A.A.P. Basabilik, "Rancang Bangun Sistem Pemantau Kedatangan Tamu Berbasis Internet of Things (IoT)", *Prisma Fisika* Vol. 9, No. 2, Hal. 110-116, 2021.
- [15] W. Yulita dan A. Afriansyah, "Alat Pemantau Keamanan Rumah Berbasis ESP32-CAM", *Jurnal Teknologi dan Sistem Tertanam (JTST)*, Vol. 03, No. 02, Hal. 23-31, 2022.

